

Fünfjährige Ergebnisse der verzögerten Sofortbelastung von fünf Implantaten  
im zahnlosen Unterkiefer

Eine retrospektive klinische Studie

Von der Medizinischen Fakultät  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Zahnmedizin  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Christopher Querling

aus

Düsseldorf

Berichter: Herr Professor  
Dr.med.dent. Murat Yildirim

Herr Universitätsprofessor  
Dr.med.dent. Friedrich Lampert

Tag der mündlichen Prüfung: 14.November 2006

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar.



# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung: .....	- 5 -
1.1 Geschichte der Implantologie: .....	- 5 -
1.2 Grundlagen .....	- 6 -
1.2.1 Definition von zahnärztlichen Implantaten .....	- 6 -
1.2.2 Das klassische Vorgehen der Implantation .....	- 7 -
1.2.3 Die Weiterentwicklungen in der Zahnmedizin .....	- 9 -
2. Die Implantationsmodalitäten .....	- 11 -
3. Zielsetzung dieser Studie .....	- 13 -
4. Literaturübersicht .....	- 14 -
4.1 Die Sofortbelastung.....	- 14 -
4.2 Die verzögerte Sofortbelastung.....	- 16 -
4.3 Die Verzögerte Belastung .....	- 19 -
4.3.1 Die klassische zweizeitige Methode .....	- 19 -
4.3.2 Die Modifizierte einzeitige Methode .....	- 21 -
5. Material und Methoden .....	- 24 -
6. Ergebnisse .....	- 35 -
6.1 Erfolgsrate .....	- 35 -
6.2 Periimplantärer Knochenabbau .....	- 38 -
6.3 Komplikationen.....	- 40 -
7. Diskussion .....	- 41 -
7.1 Patienten bezogene Faktoren.....	- 42 -
7.1.1 Knochenqualität und –quantität .....	- 42 -
7.1.2 Rauchen und allgemeine Erkrankungen.....	- 47 -
7.1.3 Parafunktionen .....	- 49 -
7.1.4 Bakterielle Infektionen.....	- 50 -
7.2 Die Materialien.....	- 51 -
7.2.1 Die Implantatlänge .....	- 51 -
7.2.2 Die Implantatoberflächen.....	- 52 -
7.2.3 Die Kraftverteilung .....	- 54 -
7.2.4 Das Eindrehmoment.....	- 56 -
7.2.5 Die Suprakonstruktion.....	- 57 -
7.3 Die Vorgehensweise.....	- 59 -
7.3.1 Die Planung .....	- 59 -
7.3.2 Das operative Vorgehen .....	- 62 -
7.3.3 Der Behandler .....	- 63 -
8. Schlussfolgerung .....	- 64 -
9. Zusammenfassung.....	- 66 -
10. Literatur.....	- 68 -
11. Anhang .....	- 84 -
11.1 Danksagung.....	- 84 -
11.2 Lebenslauf .....	- 85 -



# **1 Einleitung:**

## **1.1 Geschichte der Implantologie:**

Die ersten Berichte über zahnärztliche Implantate lassen sich bis an die Anfänge des 20. Jahrhunderts zurückverfolgen. 1913 berichtet Greenfield vor der Academy of Stomatology in Philadelphia über ein käfigartiges Implantat aus Iridium[Schroeder et al., 1994]. In den folgenden Jahren werden von verschiedenen Autoren, unter anderem auch Sandhaus und Brånemark, eine Vielzahl an Materialien wie rostfreier Stahl, Chrom-, Kobalt-Molybdän-Legierungen, später auch Titan, Tantal und Aluminiumoxid empfohlen[Schroeder et al., 1994].

Im Laufe der Zeit werden verschiedene Formen der Implantate entwickelt. Die Entwicklung geht von subperiostal eingebrachten Implantaten, die nicht in den Kiefer eingebracht, sondern dem Kieferknochen auflagern[Albrektsson et al., 1986], über irregulär konische Zylinder bis hin zum Schraubenimplantat mit unterschiedlichen Gewindemorphologien.

Zu Beginn der dentalen Implantologie konzentriert sich die Suche auf einen, dem Parodontium ähnlichem Verbund zwischen Implantat und Knochengewebe, mit der Natur als Vorbild. Das angestrebte Ziel wird allerdings nicht erreicht[Albrektsson et al., 1986], die dazu durchgeführten Versuche sind nicht erfolgreich[Branemark, 1983], und somit stellt sich diese Art des Verbundes als nicht gangbare Lösung dar.

Bei der Implantation der genannten Materialien kommt es zur Entwicklung einer kapselförmigen, fibrösen Schicht zwischen Implantat und Knochen. Sie ist generell schlecht vaskularisiert und stellt eine Abwehrreaktion des Körpers auf ein Fremdmaterial dar, so dass es langfristig zum Verlust des Implantates kommt. Folglich zeichnet sich daher das ideale Implantatmaterial durch die Abwesenheit jeglicher Abwehrreaktionen des Körpers aus[Albrektsson et al., 1987]. Mit der Insertion reiner Titanimplantate kommt es zu einem festen, auch über Jahre bestehenden Verbund zwischen vitalen Knochen der Empfängerregion[Adell et al., 1981], ohne Ausbildung dieser fibrösen Schicht zwischen Implantat und Knochen.

1969 können Brånemark und seine Kollegen erstmals die erfolgreiche Osseointegration eines Titanimplantates nachweisen[Branemark et al., 1969]. Unter Osseointegration wird die mikromorphologisch nachweisbare, direkte funktionelle und strukturelle Verbindung zwischen dem organisierten, vitalen Knochengewebe und der Oberfläche eines belasteten Implantates verstanden[de Gruyter, 2004]. Die prothetische Versorgung durch die

Suprakonstruktion wird nach den Prinzipien des klassischen, Zahn getragenen Zahnersatzes durchgeführt[Branemark, 1988].

Große Erfolge konnten durch das weltweit verbreitete Blattimplantates, 1976 von Linkow eingeführt, erzielt werden. Nach einigen Jahren der intensiven Forschung und Weiterentwicklung hat sich heute das konische oder auch schraubenförmige Implantat aus Reintitan und seinen Legierungen mit unterschiedlichen Oberflächenmodifikationen als Material der Wahl durchgesetzt. Es kommt zu einer reizlosen knöchernen Einheilung mit langfristig guten Erfolgsquoten[Albrektsson et al., 1986, Lindquist et al., 1996]. Dies kann in verschiedenen histologischen Untersuchungen mehrfach bestätigt werden, auch wenn die Implantate während der Einheilphase belastet werden[Barbier et al., 1997, Degidi et al., 2003c, Rocci et al., 2003a]. Bei einer Untersuchung von Sennerby et al. finden die Autoren mehrkernigen Riesenzellen auf der kompletten Implantatoberfläche vor, doch zum einen ist deren Funktion noch nicht bekannt, zum anderen nimmt deren Anzahl im Zuge der voranschreitenden Osseointegration stetig ab[Sennerby, 1993], so dass deren Auftreten nicht als Zeichen für eine Disosseointegration der Implantate angesehen wird.

In den Jahren zwischen 1970 und 1980 kommt es zu einer „stürmischen“ Entwicklung in der zahnmedizinischen Implantologie[Koeck et al., 2004], die dazu führt, dass seit 1982 die Implantologie in Deutschland als wissenschaftlich anerkannte Disziplin zählt[DGZMK, 1982]. Zur selben Zeit wird die von Brånemark entwickelte osseointegrierte Schraube in akademischen Kreisen als Behandlungsmethode für den zahnlosen Kiefer anerkannt[Albrektsson et al., 1987, Albrektsson et al., 1986]. Hierdurch wurden für die Behandlung zahnloser Patienten neue Alternativen geschaffen, was für viele Patienten einen großen Zugewinn an Sicherheitsgefühl und Komfort bedeutet. Zuvor sind diese Patienten mit konventionellen herausnehmbaren Prothesen versorgt worden[Adell et al., 1981].

## **1.2 Grundlagen**

### **1.2.1 Definition von zahnärztlichen Implantaten**

Unter Implantologie in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde wird das Einbringen von alloplastischen oder xenogenen Materialien verstanden. Implantate schaffen in vielen Fällen wichtige Voraussetzungen für eine adequate prothetische Versorgung und können die Rehabilitation funktionell und ästhetisch verbessern. Ein weiteres Ziel ist die Verhinderung der physiologischen Abbauprozesse wie die Resorption des un- oder überbelasteten Kiefers durch Tragen einer konventionellen Totalprothese[Koeck et al., 2004]. Durch den Einsatz

von Implantaten in vorhandene Lücken oder Freiräumen wird das Beschleifen natürlicher Zähne vermieden, gesunde Zahnschmelze erhalten und stellt somit eine weitere wichtige Indikation dar[Weibrich G, 2001].

Generell wird zwischen geschlossenen und offenen Implantaten unterschieden. In der Zahnmedizin handelt es sich um offene Implantate, welche die Mundschleimhaut perforieren und mit der Keim besiedelten Mundhöhle in Beziehung treten[Koeck et al., 2004]. Die klassischen Implantate sind heutzutage enossale Implantate, sie verfügen über einen funktionell belastbaren Kontakt zum Knochen, welcher als Osseointegration bezeichnet wird[Branemark et al., 1969].

Vorzugsweise werden zylindrische oder schraubenförmige - mit einer erhöhten Primärstabilität - Implantate verwendet. Blattförmige Implantate bekommen, trotz der historischen Bedeutung und der weltweit großen Verbreitung, einen immer kleineren Indikationsraum. Sie bieten große Vorteile bei sehr verringertem Knochenangebot bei stark atrophischen Kiefern und erzielen dort gute Erfolge[Lozada et al., 2004], allerdings haben die heutigen Möglichkeiten der augmentativen Verfahren auch in solchen Fällen die Verwendung der enossalen Implantate durchführbar gemacht. Dies führt dazu, dass den Blattimplantaten in der Zukunft wohl eine rein historische Bedeutung zukommen wird[Koeck et al., 2004].

### **1.2.2 Das klassische Vorgehen der Implantation**

Studien in der Orthopädie haben ergeben, dass die Immobilisierung der einzige Weg zur gesunden Ausheilung einer Fraktur darstellt. Dieses übernommene Prinzip der Ruhigstellung des frisch inserierten Implantates in der Einheilungsphase führt zur erfolgreichen Osseointegration[Hruska et al., 2002]. Die vorgeschlagene Einheilzeit der Implantate im Oberkiefer von vier bis sechs Monaten und im Unterkiefer von drei bis vier Monaten entsteht als eine rein empirische Überlegung, sie ist nie wissenschaftlich bewiesen worden[Calandriello et al., 2004, Szmukler-Moncler et al., 1998]. Diese Zeitspanne soll es dem Knochen ermöglichen, sich neu zu formieren, dem Implantat eine ausreichende funktionelle Stabilität, die so genannte „Sekundärstabilität“, zu verleihen, und das Implantat während der Einheilphase vor Mikrobewegungen und der bakteriellen Kontamination, welche eine erfolgreiche Osseointegration gefährden, schützen[Branemark et al., 1969]. Die Grundlage für die Forderung der ruhenden Einheilung ist die Feststellung, dass die verfrühte Belastung eines Implantates nicht in der gewünschten Osseointegration sondern in einer bindegewebigen Einheilung resultiert, gewesen[Albrektsson et al., 1986, Johansson et al.,

1987]. Nach der Bewältigung anfänglicher Probleme und der Einhaltung des Einheilzeitraums sind die heutigen Erfolgsaussichten für die konventionelle submuköse Einheilung enorm gestiegen[Adell et al., 1981, Horiuchi et al., 2000], und auch nach mehreren Jahren der Belastung liegen die Erfolgsraten für die Implantate bei über 95%[Attard et al., 2004a, Lindquist et al., 1996]. Auch heute gilt die submuköse Einheilung als die zuverlässigste Variante um eine erfolgreiche Osseointegration zu erlangen[Lindquist et al., 1996].

Nach der Insertion der Implantate kommt es aufgrund des operativen Traumas zum Remodelling des Knochens[Misch et al., 2003]. Unter Remodelling versteht man die Möglichkeit des Knochens, sich durch Umbauvorgänge an die veränderten Belastungen anzupassen und einen möglichen Defekt, hier nach der Präparation des Implantatbettes, zu reparieren[Misch et al., 2004a]. Wird der Knochen während der Präparation nicht übermäßig traumatisiert, kommt es zu einer reversiblen Knochenschädigung, es werden die nekrotischen Knochenbereiche abgebaut[Branemark, 1983] und die Knochenneubildung an der Implantatoberfläche wird induziert. Diese vollzieht sich über die Entstehung eines Geflechtknochens, welcher in der weiteren Entwicklung in Lamellenknochen umgewandelt wird[Cochran et al., 2002]. Die primäre, mechanische Stabilität des Implantates wird im Zuge der Umbauvorgänge stetig reduziert, wohingegen die Sekundärstabilität, die biologische Verankerung des Implantates, in diesem Zeitraum immer mehr an Bedeutung gewinnt[Fröhlich, 2004].

Durch die Belastung der Implantate kommt es trotz abgeschlossener Osseointegration zu erneuten Umbauvorgängen. Diese sind vergleichbar mit den stetigen Umbauvorgängen eines gesunden Knochens als Reaktion auf eine veränderte Belastung[Adell et al., 1981]. Der auslösende Reiz ist die auftretende Spannung, die am Interface zwischen Implantat und Knochen entsteht[Misch et al., 2003]. Sie wird hervorgerufen durch die Übertragung der Kaukräfte auf den periimplantären Knochen und definiert sich als Quotient aus der Längenänderung und der Ursprungslänge eines Körpers[Misch et al., 2003].

Kommt es jedoch während des operativen Eingriffs zu einer übermäßigen Traumatisierung des Knochens, kann dies eine bindegewebige Einheilung des Implantates hervorrufen[Misch et al., 2003]. Gleiches gilt für die übermäßige Belastung der Implantate während der Einheilung[Branemark, 1983]. Eine mögliche Ursache liegt in der Verwendung einer schlecht sitzenden provisorischen Prothese, dabei spielt es keine Rolle, ob die Implantate subgingival oder transgingival einheilen[Schnitman et al., 1990]. Eine Überbelastung eines Implantates besteht, wenn die funktionelle Belastung, die auf das Implantat wirkt, den

Widerstand des Implantat-Knochenverbundes übersteigt[Quirynen et al., 2002]. Sie stellt einen entscheidenden Faktor für frühe Implantatfehler dar[Ganeles et al., 2001].

Die ursprüngliche Forderung nach der absolut bewegungsfreien Einheilungszeit hat sich als nicht realisierbar herausgestellt. Die dennoch erfolgreiche Osseointegration der Mehrzahl der Implantate hat die Vermutung aufkommen lassen, Bewegungen während der Einheilzeit seien bis zu einem bestimmten Bereich tolerabel, oder eventuell sogar förderlich. So postuliert Brunski, der Bereich der tolerierten Mikrobewegungen betrage bis zu 100µm[Brunski, 1993], im Gegensatz dazu sehen Szmukler-Moncler et al. den Bereich zwischen 50 und 150µm als kritische Schwelle der tolerierbaren Bewegungen an[Szmukler-Moncler et al., 1998]. Oberhalb dieser Schwelle erscheinen die Bewegungen, vor allem zu Beginn der Einheilung, den ankylotischen Verbund zwischen Knochen und Implantat so stark zu beeinflussen, dass es zu einer bindegewebigen Einheilung mit konsekutivem Verlust an Stabilität und damit des Implantates kommt[Brunski, 1993]. Das Ausmaß der tolerierten Bewegungen hängt von der Oberflächengestaltung und des Designs des Implantates ab[Szmukler-Moncler et al., 1998]. Unterhalb der, für das jeweilige Implantat liegenden Schwelle zwischen tolerierbaren und zerstörerischen Mikrobewegungen, scheint die Knochenneubildungsrate das Ausmaß der Belastung direkt wiederzuspiegeln. Je größer diese ist, desto größer ist die knöcherne Einheilung[Meyer et al., 2003]. Neben der angestrebten Veränderung des Implantates, in Design und Oberfläche, wodurch eine Steigerung der osseointegrativen Fähigkeiten des Knochens bewirkt werden soll[Stevelling et al., 2001], kann als weitere Möglichkeit zur Verminderung des Risikos eines Implantatverlustes, das operative Trauma, durch eine möglichst schonende Präparation, reduziert werden[Branemark, 1983, Misch et al., 2004a]. Die Weiterentwicklung der Implantate und Behandlungsmethoden werden zu einer weiteren Verkürzung der Einheilzeiten führen[Stevelling et al., 2001].

### **1.2.3 Die Weiterentwicklungen in der Zahnmedizin**

In den Folgejahren wird ein enormer Aufwand betrieben, neue operative Methoden und Implantate mit verbesserten Makro- und Mikrodesigns zu entwickeln. Auf diesem Wege soll die Vorhersehbarkeit und die Erfolgsrate für eine implantologische Behandlung gesteigert werden, um die Akzeptanz von Seiten der Patientenschaft zu erhöhen. Einer der Hauptgründe der täglichen Praxis ist der atrophierte zahnlose Unterkiefer, auch als Problemunterkiefer bezeichnet, der kaum Halt für eine Totalprothese bietet[Chiapasco et al., 1997]. Mit einer implantologischen Versorgung, kann das Problem, der Halt einer Prothese, mit Hilfe einer herausnehmbaren, Implantat fixierten, Prothese oder einer festsitzenden Konstruktion, gut

umgangen werden. Wenn der Patient befragt wird, liegt dessen Hauptanliegen in der Verkürzung der Behandlungszeit, gefolgt von einer Kostenreduktion[Henry et al., 2003].

Bei der klassischen submukösen Einheilung darf in den ersten beiden Wochen keine Prothese getragen werden, wodurch die Patienten ein funktionelles und psychisches Trauma erleiden und die Ästhetik und Phonetik in starkem Maße eingeschränkt sind[Rungcharassaeng et al., 2000, Schnitman et al., 1990]. Diese „Unannehmlichkeiten“ sorgen bei vielen Patienten für mangelnde Bereitschaft, sich implantologisch versorgen zu lassen[Raghoobar et al., 2003]. Des Weiteren treten während der Einheilung Schmerzen auf, der Patient muss mit einer schlecht sitzenden Prothese Vorlieb nehmen und ein zweiter operativen Eingriff zur Freilegung der Implantate wird nötig[Schnitman et al., 1997]. Im Zeitraum zwischen der Implantation und der Freilegung muss der Patient mehrfach die zahnärztliche Praxis aufsuchen, um die Prothese unterfüttern zu lassen. Dies kostet viel Zeit von Seiten des Patienten und des Behandlers und ist damit unwirtschaftlich[Chee et al., 2003, Pontual et al., 2004] und führt zu einer Abneigung von Seiten des Patienten.

Nach Ablauf der Einheilphase mit erfolgreicher Osseointegration werden in einer zweiten operativen Sitzung die Implantate freigelegt und mit Abutments versehen. Aufgrund des Aufschraubens dieser Abutments kommt es zum Auftreten von Rotationsscherkräften, welche eine sehr große Gefahr für das Implantat bei noch nicht komplett abgeschlossener Osseointegration darstellen[Hui et al., 2001]. In einer Studie von Randow et al. kann nachgewiesen werden, dass es zu einem erhöhten Knochenabbau auf Grund des benötigten Zweiteingriffes bei der konventionellen submukösen Einheilung kommt[Randow et al., 1999]. Langfristig stabilisiert sich das Knochenniveau, aber in der Einheilzeit mit noch nicht vollständiger Osseointegration kann ein vermindertes Knochenniveau zu geringeren Festigkeitswerten der Implantate führen.

Die stetig steigenden Erfolgsquoten der konventionellen Implantation, das Bestreben nach kürzeren und vor allem einfacheren Behandlungsmethoden führt zu verschiedenen Modifikationen des originalen Brånemark Protokolls, mit der Entwicklung einer einzeitigen Methode, der verzögerten und unmittelbaren Sofortbelastung von Implantaten.

## 2. Die Implantationsmodalitäten

Am 23.05.2002 findet ein Konsenstreffen der Zahnärzte in Barcelona statt, um über Erfahrungen der verzögerten und unmittelbaren Sofortbelastung zu diskutieren und um eine einheitliche Nomenklatur einzuführen, da eine Verkürzung oder gar eine Eliminierung der Einheilzeit ein größeres Risiko für den Verlust von Implantaten birgt. Der Austausch von Erfahrungen und die Einführung einer einheitlichen Nomenklatur soll es den Klinikern einfacher gestalten, über auftretende Probleme zu diskutieren und somit mögliche Fehler zu vermeiden[Aparicio et al., 2003].

Folgende Nomenklatur wird allgemein anerkannt:

- **Terminologie der zeitlichen Implantatbelastung**

- **Sofortbelastung:** die Suprakonstruktion wird am Tag der Implantatinsertion angebracht,
- **verzögerte Sofortbelastung:** die Suprakonstruktion wird in einem zweiten operativem Eingriff nach Freilegung angebracht, im Vergleich zu den klassischen Werten von drei beziehungsweise sechs Monaten ist die Einheilzeit verkürzt,
- **verzögerte Belastung:** die Suprakonstruktion wird nach Abwarten der klassischen Einheilfrist von drei bzw. sechs Monaten angebracht;
  - das modifizierte einzeitige Vorgehen, die Implantate heilen transmukosal, mit Einheilhülsen versehen, ein,
  - das klassische zweizeitige Vorgehen mit submuköser Einheilung, die Implantate werden mit Einheilhülsen versehen und nach der Einheilzeit durch Inzision in der Schleimhaut freigelegt.

- **Terminologie der Implantat-Belastung**

- **okklusale Belastung:** die Suprakonstruktion steht in okklusalem Kontakt mit den Antagonisten,
- **nicht okklusale Belastung:** die Suprakonstruktion steht in keinem okklusalem Kontakt mit den Antagonisten[Aparicio et al., 2003] – dies wird auch als Sofortfunktion bezeichnet[Chiapasco et al., 2003].

- **Terminologie des Implantationszeitpunktes**

- **Sofortimplantation:** die Sofortimplantation beinhaltet die sofortige Insertion der Implantate unmittelbar nach Extraktion der Zähne oder nach Abheilung der Weichteile in die knöchern, noch nicht ausgeheilte Alveole,
- **verzögerte Sofortimplantation:** Die knöcherne Ausheilung hat begonnen, ist aber noch nicht abgeschlossen, sie wird mit dem Ziel der Verkürzung der Behandlungszeit und einer zusätzlich gesteigerten präventiven Wirkung[Koeck et al., 2004] derzeit als Standardtherapie durchgeführt. Nach einem Zahnverlust kommt es zu Umbauvorgängen des Alveolarknochens[Stricker et al., 2004], dem Einhalt geboten werden soll,
- **verzögerte Implantation:** Die verzögerte Implantation beschreibt die Insertion der Implantate in die knöchern ausgeheilte Alveole.

### **3. Zielsetzung dieser Studie**

Aufgrund der technischen Fortschritte der zahnärztlichen Implantologie mit der Verwendung modifizierter Oberflächen und verschiedener Implantatdesigns kann in den letzten Jahren die Erfolgsquote ständig verbessert werden. Der Wunsch des Patienten, einen festsitzenden Zahnersatz zu erhalten, der den heutigen ästhetischen und funktionellen Ansprüchen gerecht wird, hat die Entwicklung in der Implantologie stark voran getrieben. Die Unannehmlichkeiten der klassischen zweizeitigen Methode verringert die Akzeptanz des Patienten, sich einer implantologischen Behandlung zu unterziehen. Um die Akzeptanz der Patientenschaft zu erhöhen und damit der Implantologie eine gesteigerte Nachfrage sowie Weiterentwicklung zukommen zu lassen, werden verzögerte und unmittelbare Sofortbelastung von Implantaten in klinischen Untersuchungen getestet.

Ziel dieser Studie war es, den Erfolg von fünf frühbelasteten maschinieren Brånemark MK III Implantaten(Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) im Unterkiefer über einen Zeitraum von fünf Jahren zu verfolgen. Von großem Interesse, neben dem Erfolg der Implantate und der Suprakonstruktionen, war für diese Studie die Evaluation möglicher Fehlerquellen, um daraus Konsequenzen für weitere Behandlungen zu ziehen.

## 4. Literaturübersicht

### 4.1 Die Sofortbelastung

Vergleicht man die Erfolgsraten der einzelnen Studien zum Thema der Sofortbelastung, so ist ein stetiger Anstieg der Erfolgsquoten erkennbar. Es werden vielfach Studien zitiert, wonach sich die Erfolgsquote im Bereich von 85-100% bewegt[Branemark et al., 1999, Chiapasco et al., 2001, Chiapasco et al., 1997, Gatti et al., 2002, Hui et al., 2001, Romeo et al., 2002, Schnitman et al., 1997]. Betrachtet man jedoch die Erfolgsraten der Studien der letzten Jahre, ab dem Jahr 2000 zum Beispiel, so ist auffallend, dass diese meist in den oberen Neunzigern oder gar bei 100% liegen[Degidi et al., 2003a, Gatti et al., 2000, Hui et al., 2001, Nikellis et al., 2004, Testori et al., 2003, Testori et al., 2004, van Steenberghe et al., 2004b]. Testori et al. bieten, aufgrund ihrer gesammelten Erfahrungen und Erfolge der letzten Jahre, die Versorgung des zahnlosen Unterkiefers mit einer Hybridprothese innerhalb von 48 Stunden, als Standardtherapie an[Testori et al., 2004].

Zu den Pionieren der Sofortbelastung gehört Ledermann. Er hat mit seinen Studien schon in den frühen Siebzigern gute Erfolge sofortbelasteter Implantate im zahnlosen Unterkiefer verzeichnet und somit einen grossen Beitrag zur Entwicklung beigetragen.

In einer Studie werden in der Zeit von 1975-1995 411 Patienten mit über 1500 Implantaten in der Regio interforaminalis mit dem Sofort-Implantatsteg versorgt. Von diesen Implantaten müssen, aufgrund von Misserfolg, 7,16% wieder explantiert werden. Die durchschnittliche Liegedauer der erfolgreichen Implantate beträgt 7,23 Jahre und die ältesten Implantate sind über 21 Jahre in Funktion. Im Laufe der Jahre kommen unterschiedliche Implantate mit verschiedensten Erfolgen zur Anwendung. Für die 1975-1977 verwendete CBS-Schraube stellt sich eine Erfolgsquote von gerade mal 38,7% nach durchschnittlich 4,92 Jahren Liegedauer ein. Die 1977-1993 verwendete TPS-Schraube hingegen erzielt eine Erfolgsquote von 89,6% und wird von Seiten des Autors als „gut“ bezeichnet. Ihre durchschnittliche Liegedauer liegt bei 9,77 Jahre. In der Zeit von 1987-1992 wird zusätzlich die NLS-Schraube verwendet. Ihre Erfolgsquote liegt nach durchschnittlich 8,21 Jahre bei 98,3%. Von 1986 an kommt zusätzlich auch die HATI-Schraube zur Anwendung, welche seit 1993 ausschließlich verwendet wird. Bis dato ist noch keins dieser HATI-Implantate explantiert worden. Aufgrund dieser Ergebnisse konstatiert Ledermann die Sofort-Stegmethode mit selbstschneidenden Titanschraubenimplantaten als praxisreif[Ledermann, 1996].

1990 und 1997 veröffentlichen Schnitman et al. einen Bericht über die Versorgung von zehn, im Unterkiefer, zahnlosen oder teilbezahnten Patienten mit 63 Standard Brånemark Implantaten und deren zehnjährigen Ergebnisse. Es werden provisorische Prothesen am Tag

der Implantation auf drei Implantaten oder respektive einer Kombination aus Implantaten und natürlichen Zähnen fixiert. Diese Implantate sind als provisorische Implantate, für die Einheilzeit der submukös einheilenden Implantate, gedacht. Nach der Einheilzeit von vier Monaten weist keins der sofortbelasteten Implantate Zeichen einer Mobilität auf. In der Phase der definitiven Versorgung kommt es zum Verlust von zwei der 20 Implantate. Aufgrund dieser viel versprechenden Resultate, werden beim sechsten Patienten sechs Implantate sofortbelastet, es werden keine weiteren submukös einheilenden „Sicherheitsimplantate“ inseriert. Bei den letzten beiden Patienten wird die Zahl der sofortbelasteten Implantate auf drei reduziert und je zwei weitere „Sicherheitsimplantate“ zur submukösen Einheilung inseriert. Diese sollen bei Verlust eines der Implantate die Funktion der Suprakonstruktion sichern. Die Erfolgsquote für die sofortbelasteten Implantate liegt bei 84,7% und für alle Implantate zusammen bei 93,4%. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass drei sofortbelastete Implantate im Unterkiefer ausreichen, um genügend Halt für eine Prothese zu gewährleisten[Schnitman et al., 1990, Schnitman et al., 1997].

Brånemark et al. können mit der Einführung des Brånemark Novum Konzeptes 1999 eine prospektive Studie präsentieren, in der sie belegen, dass ihr 1969 aufgestelltes Paradigma der unabdingbaren Einheilzeit von drei bis sechs Monaten für Implantate zum Erlangen der Osseointegration[Branemark et al., 1969], nun endgültig widerlegt werden kann. In ihrer Studie präsentieren sie ein neues System, mit dem es möglich wird, einen zahnlosen Unterkiefer innerhalb von sieben Stunden mit vorgefertigten prothetischen Einheiten zu versorgen. Im Zuge der Studie werden 50, im Unterkiefer zahnlose, Patienten versorgt. Die einzigen Ausschlusskriterien bestehen in der Verweigerung des Patienten sich behandeln nach diesem Konzept behandeln zu lassen, ein ungenügendes Knochenangebot und allgemeinmedizinische Kontraindikationen. Es werden insgesamt 150 Brånemark Novum Implantate, je drei pro Patient, eingebracht und diese mit einem vorgefertigten „unteren“ Steg fixiert. Die Implantate haben einen Durchmesser von 5mm und werden mit Hilfe einer Schablone interforaminal eingesetzt. Wenn die vestibuloorale Knochenbreite nicht ausreicht, um diese Implantate einzusetzen, wird der Alveolarknochen in der Höhe reduziert, bis ein ausreichendes Knochenangebot vorhanden ist. Auf dem unteren Steg wird ein zweiter, „oberer“ Steg senkrecht zum unteren angebracht und eine Bissregistrierung durchgeführt. Im Labor wird die definitive Prothese hergestellt und am selben Tag auf dem unteren Steg verschraubt. Drei Implantate sind im Laufe der Nachuntersuchung verloren gegangen. Ein Patient verliert zwei Implantate, welche nach Entfernung der Suprakonstruktion ersetzt werden. Bei einem weiteren Patienten wird ein Implantat nach drei Monaten aufgrund einer Aufhellung im Röntgenbild entfernt, die Prothese verbleibt in

Funktion und wird von den restlichen beiden Implantaten getragen, es wird kein weiteres Implantat inseriert. Im weiteren Verlauf kommt es zu keinen zusätzlichen Komplikationen, so dass sich nach zwei Jahren eine Erfolgsquote von 98% ergibt[Branemark et al., 1999].

Nikellis et al. präsentieren in einer prospektiven Studie eine Erfolgsquote von 100% für 190 sofortbelastete SLA-Schraubenimplantate (Southern Implantate, Irene, Südafrika) innerhalb eines Observierungszeitraumes von zwei Jahren. Die Patienten erhalten, je nach Restbezahnung, Implantat gestützte Totalprothesen, Teilprothesen oder Einzelzahnrestorationen. Die einzigen Einschlussbedingungen liegen im Vorhandensein eines ausreichenden Knochenangebotes für die Insertion von mindestens 10mm langen Implantaten, kein Vorliegen allgemeinmedizinischer Kontraindikationen und die Zustimmung der Patienten. Die Implantate werden mit einem Eindrehmoment von mindestens 32Ncm verschraubt, bei den Implantaten, bei denen das Drehmoment zu niedrig ist, wird das Implantat entfernt und ein neues Implantat mit einem breiteren Durchmesser gewählt. Die verschraubten Suprakonstruktionen werden spätestens nach 72 Stunden (nach der Übereinkunft des Konsens-Treffens von 2002 in Barcelona, handelt es sich hierbei allerdings um eine verzögerte Sofortbelastung[Aparicio et al., 2003]) eingesetzt. Die Okklusion wird so eingeschliffen, dass es zu keinen okklusalen Kontakten auf den Freundsätteln kommt. Die Autoren machen für ihre Erfolge die gute primäre Stabilität und die Oberflächeneigenschaften der SLA-Implantate verantwortlich[Nikellis et al., 2004].

## **4.2 Die verzögerte Sofortbelastung**

Die verzögerte Sofortbelastung von enossalen Implantaten kommt der Forderung von Szmukler-Moncler et al. nach einer stufenweisen Reduktion der Einheilphase für die verzögerte Belastung der Implantate, entgegen[Szmukler-Moncler et al., 2000]. In einer Literaturübersicht von Chiapasco im Jahre 2004 vergleicht der Autor die bestehende Literatur zur Früh- und Sofortbelastung in zahnlosen Ober- und Unterkiefen mit Hybridprothesen und rein Implantat getragenen, festsitzenden Suprakonstruktionen. Aus seinen Ergebnissen geht hervor, im Vergleich zur Sofortbelastung, bestehende Mangel an randomisierten kontrollierten Studien hervor. Der Autor schließt aus den bestehenden Erfolgsquoten von ebenfalls zwischen 85 und 100%, dass die verzögerte Sofortbelastung eine mögliche Alternative zur klassischen zweizeitigen Methode darstellt[Chiapasco, 2004].

Der Titel der Studie von Randow et al. beschreibt die Sofortbelastung von MK II Brånemark Implantaten im zahnlosen Unterkiefer. Es werden jedoch bei 16 Patienten, alles Nichtraucher, fünf bis sechs MK II Implantate mit einer Mindestlänge von 10mm bikortikal

interforaminär eingebracht, diese können bis zu 20 Tage unbelastet einheilen. Nach der Übereinkommung des Konsens-Treffens von 2002 in Barcelona entspricht das der verzögerten Sofortbelastung[Aparicio et al., 2003]. Die Patienten sind gesundheitlich in gutem Zustand, das Vorhandensein eines ausreichenden Knochenangebotes und die Verfügbarkeit für den Nachuntersuchungszeitraum werden als unabdingbare Voraussetzung für die Teilnahme an dieser Studie gefordert. Nach Insertion der Implantate werden die Patienten in einem Zeitraum von zehn Tagen ohne jegliche prothetische Versorgung entlassen. In den folgenden zehn Tagen, während denen die Suprakonstruktionen hergestellt werden, werden die Patienten mit ihrer alten, an den Implantaten hohl geschliffenen und entsprechend unterfütterten Prothese, versorgt. Spätestens am 20. Tag nach der Implantation werden die Suprakonstruktionen mit einem Freundsattel bis zum zweiten Prämolaren eingesetzt. In der Kontrollgruppe werden nach der konventionellen zweizeitigen Methode bei elf Patienten 30 Implantate eingesetzt, nach der Einheilzeit in einer zweiten Operation freigelegt und prothetisch versorgt. Im Untersuchungszeitraum von 18 Monaten kommt es zu keinem Implantatverlust. Es zeigt sich, dass der periimplantäre Knochenabbau bei den frühbelasteten Implantaten geringer ist, als bei denen der Referenzgruppe[Randow et al., 1999].

Petersson et al. können 2001 zeigen, dass langfristig kein Unterschied zwischen dem periimplantären Knochenabbau bei der konventionellen zweizeitigen Methode und der einzeitigen Methode mit unmittelbarer oder verzögerter Sofortbelastung der Implantate besteht. Es handelt sich bei dieser Studie um einen Vergleich von zwei Vorgehensweisen je Unterkiefer eines Patienten.

Bei elf Patienten werden fünf bis sechs MK II Implantate in den Unterkiefer inseriert. Linksseitig nach der einzeitigen Methode, rechtsseitig nach der konventionellen zweizeitigen Methode. Nach drei bis vier Monaten werden die Suprakonstruktionen auf den Implantaten fixiert.

In der Untersuchungsgruppe, bestehend aus 16 Patienten, werden ebenso fünf bis sechs MK II Implantate in den Unterkiefer eingesetzt und die Distanzhülsen werden aufgeschraubt. Die Suprakonstruktion wird innerhalb von 20 Tagen eingesetzt.

Die Einschlusskriterien und das Vorgehen für die Behandlung der Patienten nach der verzögerten Belastung der Implantate sind bei Ericsson et al. beschrieben[Ericsson et al., 1994, Ericsson et al., 1997], für die Behandlung der Patienten im Zuge der verzögerten Sofortbelastung bei Randow et al.[Randow et al., 1999].

In den Ergebnissen wird nicht über einen möglichen Implantatverlust gesprochen, es wird einzig der periimplantäre Knochenverlust ausgewertet. Der Vergleich der unterschiedlichen

Vorgehensweisen lässt darauf schließen, dass in der frühen Einheilphase die einzeitige Methode einen höheren Knochenverlust, die verzögerte Sofortbelastung den geringsten Knochenverlust verursacht, sich aber innerhalb von fünf Jahren die Ergebnisse soweit einander angleichen, dass keine Unterschiede zwischen den Vorgehensweisen festzustellen sind. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die verzögerte Sofortbelastung mit dem initial verringerten periimplantären Knochenabbau zur Beibehaltung der primären Stabilität über einen längeren Zeitraum während der Zeit der Osseointegration führt [Pettersson et al., 2001].

Tawse-Smith et al. vergleichen über einen Zeitraum von zwei Jahren frühbelastete und konventionell eingeheliten Sterioss Implantate (Nobel Biocare, USA) und Southern Implantate im Unterkiefer. Die Ausschlusskriterien betreffen Patienten mit Klasse vier Knochen nach Lekholm & Zarb [Lekholm et al., 1985], vorherig durchgeführte Knochenaugmentationen, das Vorhandensein von Parafunktionen, ehemalige und aktuelle Raucher und das Vorliegen allgemeinmedizinischer Kontraindikationen. Das Knochenangebot sollte eine vertikale Höhe von 13-15mm betragen. Alle Patienten sind im Alter von 55 bis 80 Jahren. Vor der eigentlichen Therapie erhalten alle Patienten neue Oberkiefer- und Unterkieferprothesen. Die Testgruppe umfasst zwölf Patienten, deren Implantate sechs Wochen nach der Insertion mit einer Hybridprothese versorgt worden sind. In der Kontrollgruppe werden die Implantate nach einer Einheilzeit von zwölf Wochen mit einer Hybridprothese versorgt. Nach einem Beobachtungszeitraum von zwei Jahren liegt die Erfolgsquote für die Southern-Test-Gruppe bei 100%, für die Sterioss-Kontroll-Gruppe bei 87,5%, für die Southern-Kontroll-Gruppe bei 83,3% und für die Sterioss-Test-Gruppe bei 70,8%. Das periimplantäre Weichgewebe zeigt während des gesamten Untersuchungszeitraums gesunde Verhältnisse, die auf die immer wieder durchgeführten Patienteninstruktionen und -motivationen zurückzuführen sind [Tawse-Smith et al., 2002].

Raghoobar et al. verfolgen in einer Multicenter-Studie den Erfolg von Brånemark Implantaten (84 Brånemark System Standart, 3,75mm Durchmesser Implantate und 86 Brånemark System MK II, 3,75mm Durchmesser Implantate). Die Implantate werden innerhalb von sechs Wochen mit der definitiven Suprakonstruktion versehen. Insgesamt befinden sich 83 Patienten im Patientenkollektiv, 40 von ihnen erhalten ihre definitive Versorgung innerhalb von sechs Wochen, die restlichen Patienten werden nach der einzeitigen Methode mit verzögerter Belastung der Implantate behandelt. Die einzigen Einschlusskriterien nach denen die Patienten für diese Studie ausgesucht werden, sind Unterkieferzahnlosigkeit über einen Zeitraum von mindestens drei Monaten und Zugehörigkeit zu der Altersspanne zwischen 18 und 70 Jahren. Ausgeschlossen werden Patienten mit Verdacht auf Alkohol- und Arzneimittelmisbrauch und psychischen

Störungen, Patienten die eine vorherige Strahlentherapie im Kopfbereich durchgemacht haben, eine Augmentation oder eine zahnärztliche Implantation über sich haben ergehen lassen. Da für die Erfolgserhaltung der Implantate die Suprakonstruktionen abgenommen werden müssten, dies aber nicht geschehen ist, können im Zusammenhang dieser Studie nur die Überlebensraten präsentiert werden. Von den frühbelasteten Implantaten geht bei sechs Patienten je eines verloren, daraus ergibt sich eine kumulative Erfolgsrate von 93%. In der Kontrollgruppe ergibt sich ebenfalls eine kumulative Erfolgsrate von 93%. Beim Vergleich der Erfolgsquoten zwischen Hybridprothesen und verschraubten Brücken gibt es keine wesentlichen Unterschiede (Erfolgsquote 93% und 94%). Jedoch zeigt sich, dass vier der sieben in Typ vier Knochen inserierte Implantate verloren gehen.

Die Autoren vermuten, dass die verringerten Erfolgsraten auf die Durchführung einer Multicenter-Studie, den Nichtausschluss von Patienten mit Parafunktionen und die Versorgung von Typ vier Knochen zurückzuführen sind[Raghoobar et al., 2003].

## **4.3 Die Verzögerte Belastung**

### **4.3.1 Die klassische zweizeitige Methode**

Der erste Bericht über die erfolgreiche Osseointegration von Titanimplantaten wird 1969 von Brånemark et al. veröffentlicht. Aufgrund der vorhandenen Ergebnisse veröffentlichter Studien zum Thema der oralen Implantologie, weisen die Autoren auf die Wichtigkeit objektiver Analysen mit dem Ziel der Exploration der biologischen Grundbedingungen für eine erfolgreiche Osseointegration und einen langfristigen Erfolg der Implantate hin. Aus diesem Grunde sei der Durchführung von Tierstudien, bis zur Klärung aller nötigen Faktoren für eine solche Osseointegration, oberste Priorität zu geben, bevor Studien am Menschen durchgeführt werden sollten.

In ihrer Studie inserieren die Autoren 90 Titan Implantate (ATi 24 Avesta Jernverk, Schweden) in zwölf Hundekiefern. Zu Beginn der Studie werden bogenförmige Implantate verwendet, jedoch führen die aufwendige Präparation des Implantatbettes und das gelegentliche Auftreten von Nekrosen zur Überlegung, schraubenförmige Implantate zu verwenden. Das Schraubendesign wird im Laufe der Studie mehrfach modifiziert, was letzten Endes zu einer Form führt, die die nötige Stabilität aufweist, einfach zu inserieren ist und keine unerwünschten Gewebsreaktionen hervorruft. Es handelt sich dabei um eine zylindrische Schraube von 7mm Länge mit Makroretentionen im distalen Anteil, welche ein Einwachsen von Knochengewebe erlauben.

Das Ziel der Studie soll nicht der Vergleich der Erfolgsquoten der verschiedenen Implantatdesigns sein, vielmehr wird neben der Beobachtung der Reaktion der umliegenden Gewebe auf die inserierten Implantate eine langfristige Fixierung der Implantate angestrebt.

Drei bis vier Monate vor Implantation sind auf einer Seite des Kiefers - Oberkiefer oder Unterkiefer - die Zähne extrahiert worden. Im Zuge der Implantation werden Mukoperiostlappen gebildet, der Knochen freigelegt, das Implantatbett mit niedrigen Umdrehungszahlen unter ständiger Wasserkühlung präpariert und die Gewinde vorgeschritten. Nach der Insertion der Implantate werden die Schleimhautlappen vernäht, um einen dichten Verschluss, mit Vermeidung einer Kontamination der Implantate aus der Mundhöhle, zu erzielen. In einigen Fällen wird bei der Präparation des Implantatbettes durch erhöhten Druck ganz bewusst ein erhöhtes Trauma zugeführt, in anderen Fällen wird der Mukoperiostlappen nicht passgenau vernäht, sodass es zu keinem dichten Verschluss während der Einheilung, mit resultierender Kontamination des Implantates kommt. Durch diese Maßnahmen sollen die Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf die Einheilung der Implantate untersucht werden.

Nach einer Einheilphase von sechs bis acht Wochen werden die Implantate durch eine Inzision der Schleimhaut freigelegt und mit Einheilhülsen versehen. Nach weiteren zwei Wochen werden Abdrücke der Unterkiefer genommen und die Suprakonstruktionen hergestellt. Zu Anfang werden diese aus Vitallium hergestellt, mit wachsender Erfahrung und den ersten positiven Ergebnissen, werden die Suprakonstruktionen mit Kunststoffzähnen versehen um deren Stabilität zu untersuchen. Des Weiteren werden erste Versuche zur Festigkeit und Langlebigkeit eines Keramik-Metallverbundes unternommen, um die ästhetischen Vorzüge der Keramik auch in der oralen Implantologie nutzen zu können.

Die Hunde erhalten keine spezielle Diät und es werden keine Versuche zur Erhaltung einer guten Mundhygiene unternommen. Daraus resultierend kommt es zur Anlagerung von Nahrungsresten und zur Ausbildung einer bakteriellen Plaque mit den typischen Entzündungszeichen der Mundschleimhaut. Eine Modifikation der Implantataufbauten zeigt im Laufe der Studie, dass eine raue Oberfläche eine verkürzte Plaquebildung bewirkt.

Mit der Einführung von Mundhygienemaßnahmen verschwinden die Entzündungszeichen der Mundschleimhaut innerhalb kürzester Zeit. Hierbei handelt es sich um die Entfernung von harten und weichen Rückständen im Bereich der Prothese und der Abutments und ein vorsichtiges Putzen der genannten Bereiche.

Der Implantat-Knochenverbund ist laut Angaben der Autoren exzellent. Dies belegt das vereinzelte Brechen einiger Suprakonstruktionen beim Verzehr von harten Knochen. Die anschließende Testung der Festigkeitswerte der Implantate lässt keine Anzeichen einer Dis-

osseointegration erkennen. Die tolerierten Abzugskräfte variieren zwischen 30 und 100 kp, wobei im Unterkiefer höheren Werte gemessen werden. Die Implantate, bei denen während der Implantatbettpräparation bewusst ein erhöhtes operatives Trauma verursacht wird und zum Teil auch bei denen ohne dichten Verschluss des Implantat-Knochenfaches, kommt es zu keinem festen Verbund zwischen Implantat und Knochen. Dies stellt sich in einer klinischen Mobilität des Implantates dar. Nach Belastung der Implantate im Anschluss an die abgewartete Einheilphase verstärkt sich diese Mobilität.

Bei der Untersuchung, ob beim Auftreten von lateralen Kräften ein negativer Einfluss auf den Verbund zwischen Implantat und Knochen entsteht, zeigt sich, dass auch die Suprakonstruktionen mit belasteter Freundsituation keine erhöhte Implantatverlustrate aufweisen.

Bei Betrachtung des periimplantären Knochenniveaus zeigt sich, dass es auch bei Hunden mit gesunden oralen Verhältnissen in den ersten drei bis sechs Monaten zu einem horizontalen Knochenabbau von 0,5 bis 1mm kommt. In den folgenden Monaten sistiert der Abbau und das Knochenniveau bleibt folglich konstant. In Fällen mit einer aktiven Gingivitis kommt es über diesen initialen Knochenabbau zu weiteren vertikalen Knochenverlusten, die einigen Fällen bis zu einem Viertel der Implantatlänge betragen.

In einer histologischen Untersuchung wird anschließend die knöcherne Reaktion auf die eingebrachten Implantate untersucht. Der trabekuläre Knochen zeigt eine Kapsel ähnliche Anordnung des Knochens in direkter Umgebung der Implantate und der kortikale Knochen hat sich, im Zuge des Remodellings, an die auftretenden Kräfte am Implantat-Knochenverbund angepasst.

Die vorliegenden Ergebnisse beweisen den erfolgreichen ankylotischen Verbund zwischen Knochen und Implantat auch über fünf Jahre hinaus und ermutigen zu Untersuchungen am Menschen, um eine mögliche Gültigkeit der präsentierten Ergebnisse nachzuweisen[Branemark et al., 1969].

#### **4.3.2 Die Modifizierte einzeitige Methode**

Becker et al. berichten 1997 in einer Multicenter-Studie über die Erfolge der einzeitigen Methode. Die behandelnden Ärzte arbeiten in privaten Praxen und haben mindestens eine fünfjährige Erfahrung im Umgang mit dem Brånemark System. Die Patienten sind darüber informiert worden, dass ein möglicher zweiter operativer Eingriff erfolgen kann. Mit Hilfe dieses zweiten Eingriffes soll die Evaluation der periimplantären Knochenbeziehung erfolgen, indem, nach Bildung eines Mukoperiostlappens, die bukkale Knochenhöhe

gemessen wird. Insgesamt werden 63 teilbezahnte und zahnlose Patienten im Alter von 46 bis 76 in der Studie behandelt. Es werden 135 Brånemark Implantate verarbeitet, wobei acht davon im Zuge einer Sofortimplantation inseriert werden.

Die Einheilhülsen sind so ausgesucht worden, dass sie nach Adaptation der Mukoperiostlappen 1mm oder mehr die Mukosa überragen. Zahnlose Patienten bekommen ihre alten Prothesen an den Implantaten frei geschliffen und neu unterfüttert, sind allerdings instruiert worden, die Prothesen in den ersten drei Wochen weder zu den Mahlzeiten noch in der Nacht zu tragen. Teilbezahnte Patienten erhalten während der kompletten Einheilzeit der Implantate keine provisorische Versorgung. Bei 29 der Patienten ist eine zweite Operation zur Bestimmung der periimplantären Knochenhöhe an der bukkalen Fläche durchgeführt worden. Durchschnittlich vergingen zwischen 147 Tagen im Unterkiefer und 170 Tagen im Oberkiefer zwischen Implantation und Befestigung der Abutments. Sechs der Implantate sind bis zu diesem Zeitpunkt oder kurz darauf verloren gegangen, was einer Erfolgsrate von 95,6% entspricht. Zum Zeitpunkt des Zweiteingriffes ist im Oberkiefer durchschnittlich ein leichter Knochengewinn von 0,04mm und im Unterkiefer ein leichter Verlust von durchschnittlich 0,15mm zu verzeichnen. Die Autoren geben zu bedenken, dass aufgrund der Einheilhülsen ein guter Halt der Oberkiefertotalprothese nur schwer während der Einheilzeit zu erzielen ist. Eine Belastung der Implantate sei im Zuge der Einheilung trotz sorgfältiger Unterfütterung unvermeidlich. Sie sind sich jedoch einig, dass die einzeitige Methode die Behandlungszeit verkürzen kann. Dies wiederum führt zur Reduktion der Kosten für den Patienten[Becker, 1997] und steigert die Akzeptanz der Patienten[Henry et al., 2003].

Buser et al. veröffentlichten ebenfalls 1997 eine Studie, bei der es sich um die acht Jahres Ergebnisse einer prospektiven Multicenter-Studie handelt. In dieser Studie sind die Ergebnisse von 2359 ITI Implantate (ITI = International Team for Oral Implantology), welche nach der einzeitigen Methode eingesetzt worden sind, beschrieben. Insgesamt sind in der Zeit von 1985 - 1994 1003 Patienten mit Hybridprothesen oder festsitzenden Implantat getragenen Suprakonstruktionen versorgt worden. Das Alter der Patienten liegt zwischen 15 und 91 Jahren (Durchschnitt 52 Jahre). Es gibt insgesamt acht verschiedene Indikationen für die implantologische Versorgung. Komplette Zahnlosigkeit im Unterkiefer (392 Patienten), Unterkiefer-Freiendsituationen (291 Patienten) und Einzelzahnücken im Oberkiefer (180 Patienten), sind die häufigsten Beweggründe für die Behandlung. Insgesamt kommen vier verschiedene ITI Implantate (Institut Straumann, Waldenburg, Schweiz) zur Anwendung. Das Standard Titanimplantat (S 4.1), das Hohlschrauben-Implantat (HS), das Hohlzylinder-Implantat (HC) und das reduzierte Standard-Titanimplantat (S 3.3). Nach einer Einheilzeit von drei bis sechs Monaten werden die Implantate klinisch und radiologisch auf erfolgreiche

Osseointegration überprüft. Dabei stellt sich heraus, dass 13 Implantate nicht erfolgreich osseointegriert sind, es besteht also eine frühe Verlustrate von 0,55%. Diese Implantate werden entfernt. Während des Kontrollzeitraums von acht Jahren werden 19 weitere Implantate entfernt, so genannte späte Verluste. Drei von diesen resultierten aus Ermüdungsbrüchen der Hohlzylinder- bzw. Hohlschraubenimplantate. Deren Verwendung wird daher bis zum Jahre 1994 auf 20% reduziert. Die kumulative Überlebensrate und Erfolgsrate liegen nach acht Jahren bei 96,7% bzw. bei 93,3%. Die Autoren schreiben den Erfolg der Studie der Patientenauswahl, dem präzisen ITI-Implantat-System und als wichtigsten Grund, der Titan-Plasma Oberfläche (TPS) der Implantate, zu.

## 5. Material und Methoden

Für diese Studie wurden in der zahnärztlichen Prothetik des Klinikums der Rheinisch Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zehn Patienten zufällig ausgewählt. Die Patienten waren mit dem Halt ihrer Prothese unzufrieden und mit dem Wunsch nach einem festsitzenden Zahnersatz ins Klinikum gekommen.

Die Patienten mussten folgende Kriterien erfüllen:

1. völlige Zahnlosigkeit im Ober- und Unterkiefer,
2. ausreichendes Knochenangebot interforaminär, um fünf maschinerte Bränemark MK III Implantate mit einem Durchmesser von 3,75mm und einer Länge von mindestens 15mm, zu inserieren,
3. Knochenqualität von zwei und drei nach Lekholm und Zarb[Lekholm et al., 1985],
4. weniger als zehn Zigaretten am Tag rauchen,
5. keine Anzeichen von Parafunktionen aufweisen,
6. keine Allgemeinerkrankungen, die eine operative Behandlung beeinträchtigen könnten, aufweisen,
7. die Bereitschaft des Patienten, sich behandeln zu lassen,
8. Verfügbarkeit für die folgenden fünf Jahre zur Nachkontrolle der Implantate.

Die präoperative Planung und die Behandlung der einzelnen Patienten wurden von nur einem Behandler durchgeführt, so dass es zu keinen Abweichungen aufgrund unterschiedlicher Behandlungsmethoden kommen konnte. Präoperativ wurde ein OPG zu Planungs- und Beratungszwecken angefertigt und die klinische Situation betrachtet.

Die Anästhesie erfolgte mit UDS forte (Aventis, Deutschland) durch Infiltration in den anterioren Unterkiefer. Nach Inzision auf Kammhöhe wurden Mukoperiostlappen gehoben und beide foramina mentalia dargestellt.

Bei nicht ausreichender vestibulo-oraler Knochenausdehnung wurde der Alveolarkamm mit Hilfe einer Knochenfräse reduziert, um ein adäquates periimplantäres Knochenangebot zu garantieren. Die Gefahr der iatrogen verursachten Fenestrationsen oder Dehiszenzen wurde so minimiert.

Die Osteotomien und die Insertion der Implantate wurden nach Herstellerangaben durchgeführt. Beim Eindrehen der Implantate in den Knochen wurde das maximale Drehmoment für jedes einzelne Implantat gemessen und notiert. Den Implantaten wurden Abutments aufgeschraubt, der gehobene Schleimhautlappen um diese herum adaptiert und

mit GoreTex-Nähten (3i/WL Gore) fixiert. Im Folgenden wurde die Primärstabilität anhand des Periotestverfahrens (Siemens Dental, Bensheim, Deutschland), beschrieben von Schulte et al.[Schulte et al., 1993] und Olive et al.[Olive et al., 1990], gemessen und ebenfalls notiert. Anschließend wurde ein Abdruck mit Impregum genommen und gleichzeitig ein Bissregistrator hergestellt, so dass der Techniker mit einem zusätzlichen Abdruck der Oberkiefer Totalprothese die Suprakonstruktion im Labor herstellen konnte. Der letzte Schritt der Behandlung lag in der provisorischen Verblockung der Implantate durch einen, an die Abutments anpolymerisierten, Steg und der Freischleifung der alten Prothese, um deren störungsfreien Sitz zu garantieren.

Die Patienten erhielten 3x 300 mg Clindamycin (Ratiopharm, Deutschland) für sechs Tage zur antibiotischen Abschirmung und 800 mg Ibuprofen (Ratiopharm, Deutschland) an den ersten beiden Tagen zur Schmerzkontrolle.

Die Patienten wurden entlassen, sie wurden gebeten in den ersten Tagen den Unterkiefer zu kühlen, in den folgenden zwei Wochen bis zur Entfernung der Fäden zweimal täglich mit einer 0,2%igen Chlorhexidinlösung (Chlorhexamed, GSK OTC Medicines, Deutschland) zu spülen und den Steg nach einer Woche mit einer Zwischenraumbürste regelmäßig zu reinigen. Zwei Wochen lang erhielten die Patienten weiche Kost.

Am Folgetag wurden die Patienten zu einer kurzen Nachkontrolle auf etwaige Komplikationen und zu einem weiteren Termin nach zehn Tagen zur Entfernung der Fäden einbestellt.

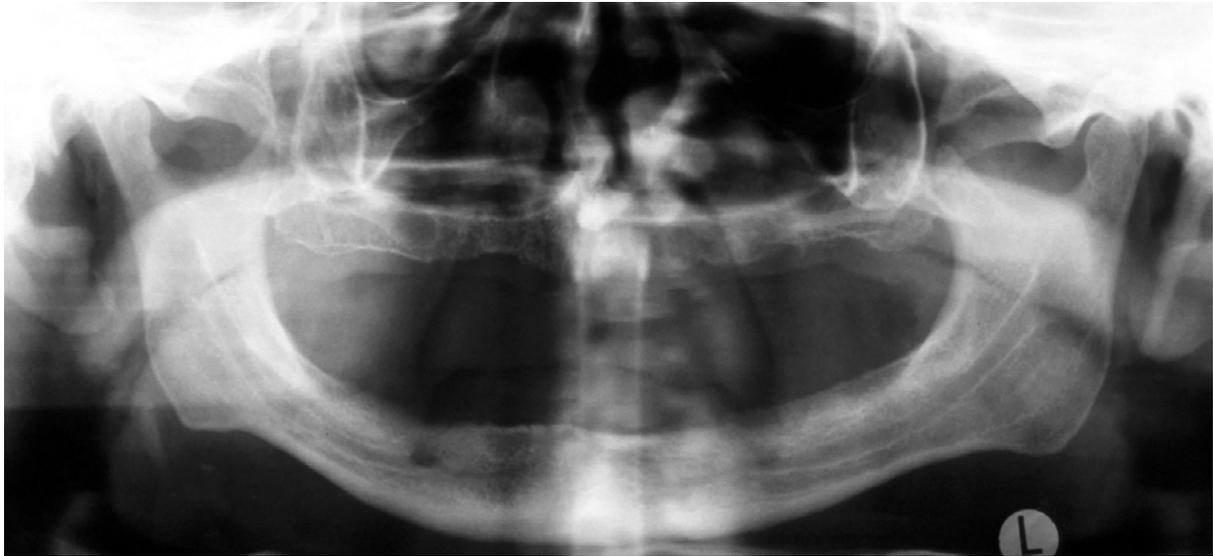
Die Einheilung der Implantate und der Weichgewebe geschah ohne besondere Vorkommnisse, es gab keine Wundheilungsstörungen und abgesehen von anfänglichen leichten Schmerzen im Bereich des interforaminalen Unterkiefers waren die Patienten beschwerdefrei. Die Nahrungsaufnahme mit der modifizierten Unterkieferprothese war für die Patienten ungewohnt, wurde aber für die Einheilzeit von drei Wochen toleriert.

Nach drei Wochen wurden die angefertigten Suprakonstruktionen eingegliedert. Es handelte sich dabei um Titan verstärkte, rein Implantat getragene Brücken mit einem Freiendsattel von einem Prämolaren. Auf den Freiendsätteln wurden die Okklusionskontakte belassen, die Zähne wurden so aufgestellt und eingeschliffen, dass alle Patienten eine Gruppenführung aufwiesen.

Nach Eingliederung der Suprakonstruktion wurde den Patienten keine weitere spezielle Diät empfohlen. Im Folgenden wurden die Patienten jährlich zur Nachkontrolle der Implantate und der Suprakonstruktion einbestellt.

Die folgenden Bilder zeigen den operativen und labortechnischen Ablauf zwischen präoperativer Situation und Röntgenkontrollbild nach Eingliederung der Suprakonstruktionen innerhalb von drei Wochen nach Implantation.

Bild 1



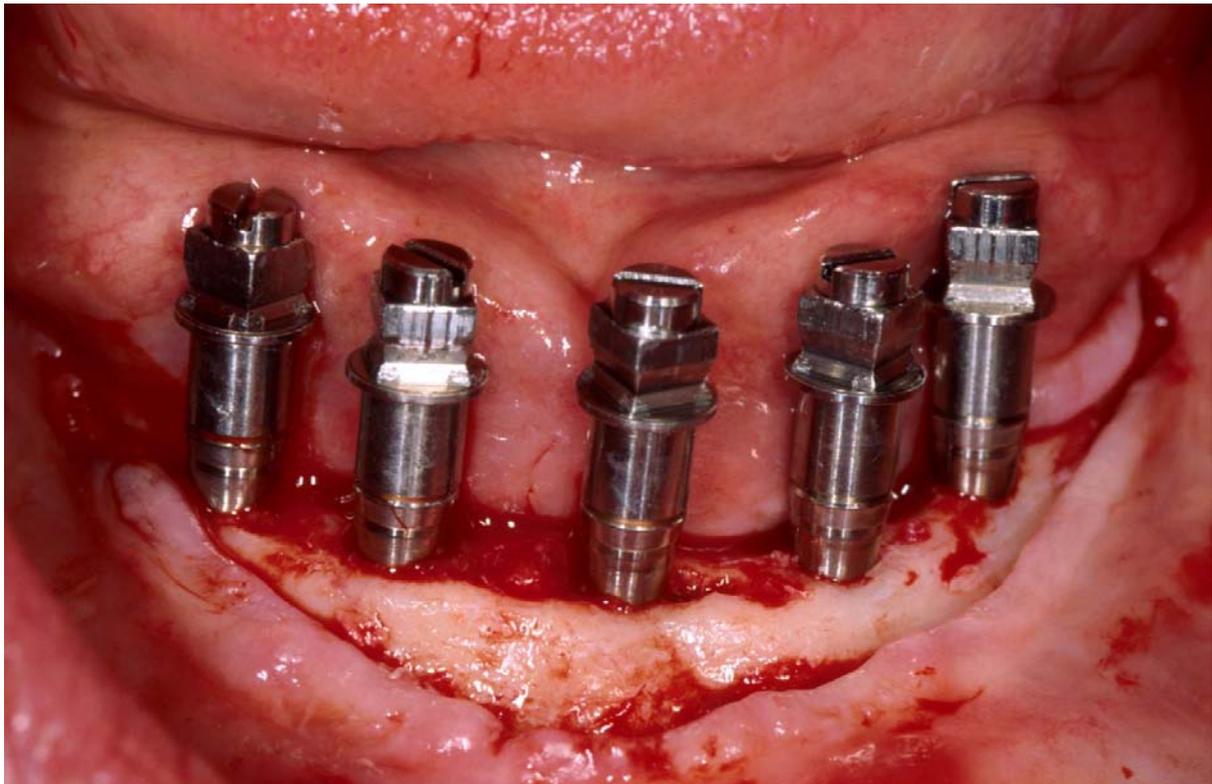
Präoperatives OPT der zahnlosen Ober- und Unterkiefer.

Bild 2



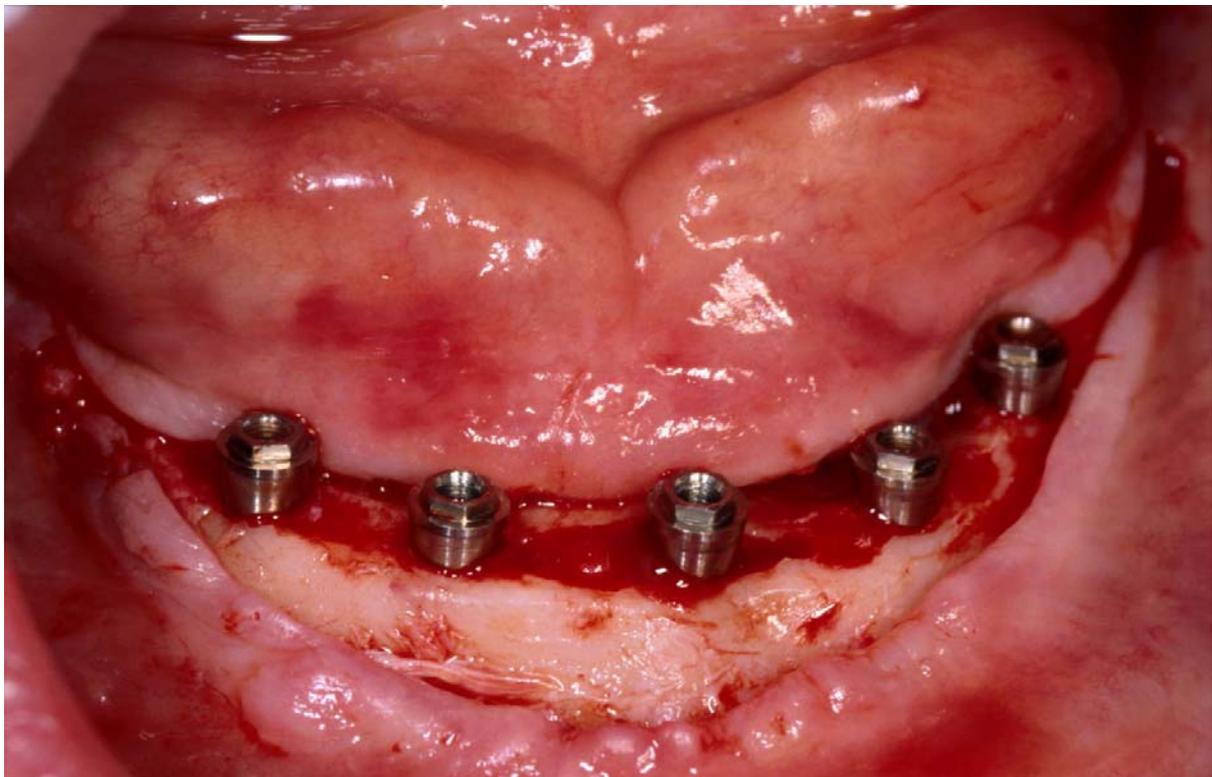
Es wurden Abformungen der Oberkieferprothese und des zahnlosen Unterkiefers hergestellt. Im Folgenden wurde die neu hergestellte Unterkieferprothese dubliert und mit klarem Kunststoff als Schablone hergestellt – Dublilaktprothese - und die Modelle einartikuliert.

Bild 3



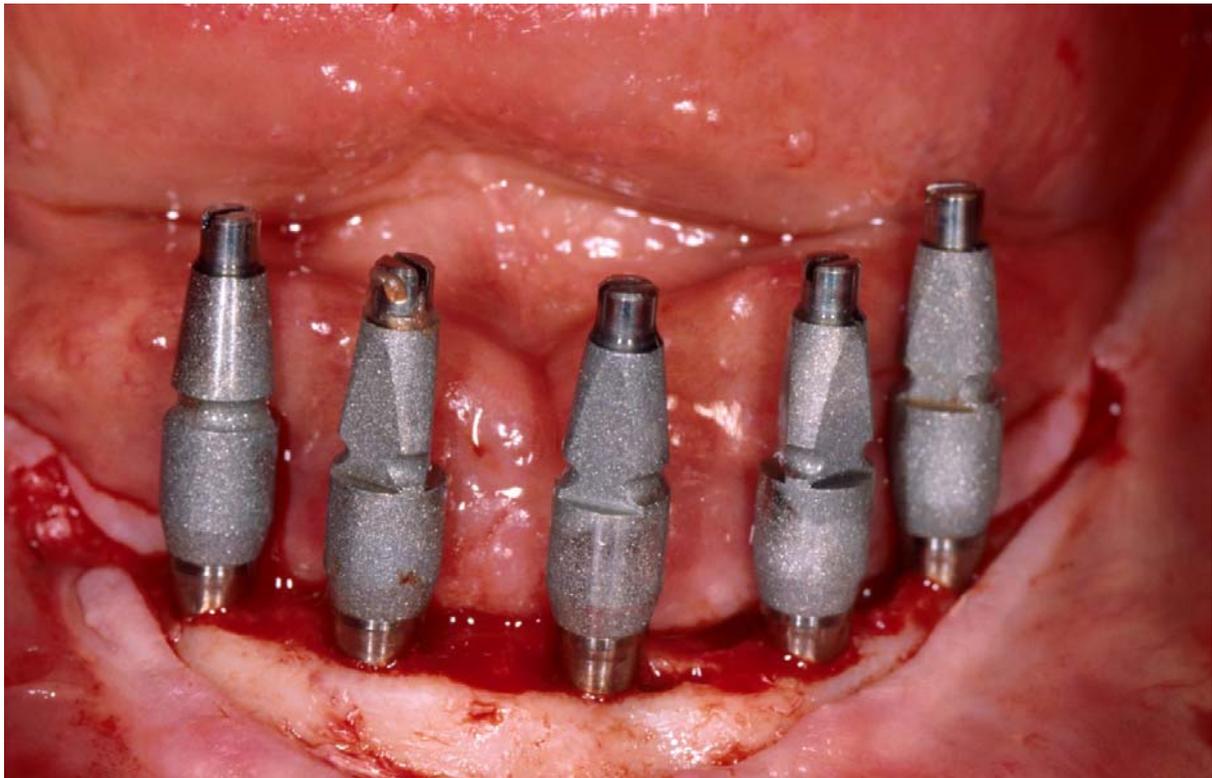
Fünf eingebrachte Implantate mit Einbringhilfe.

Bild 4



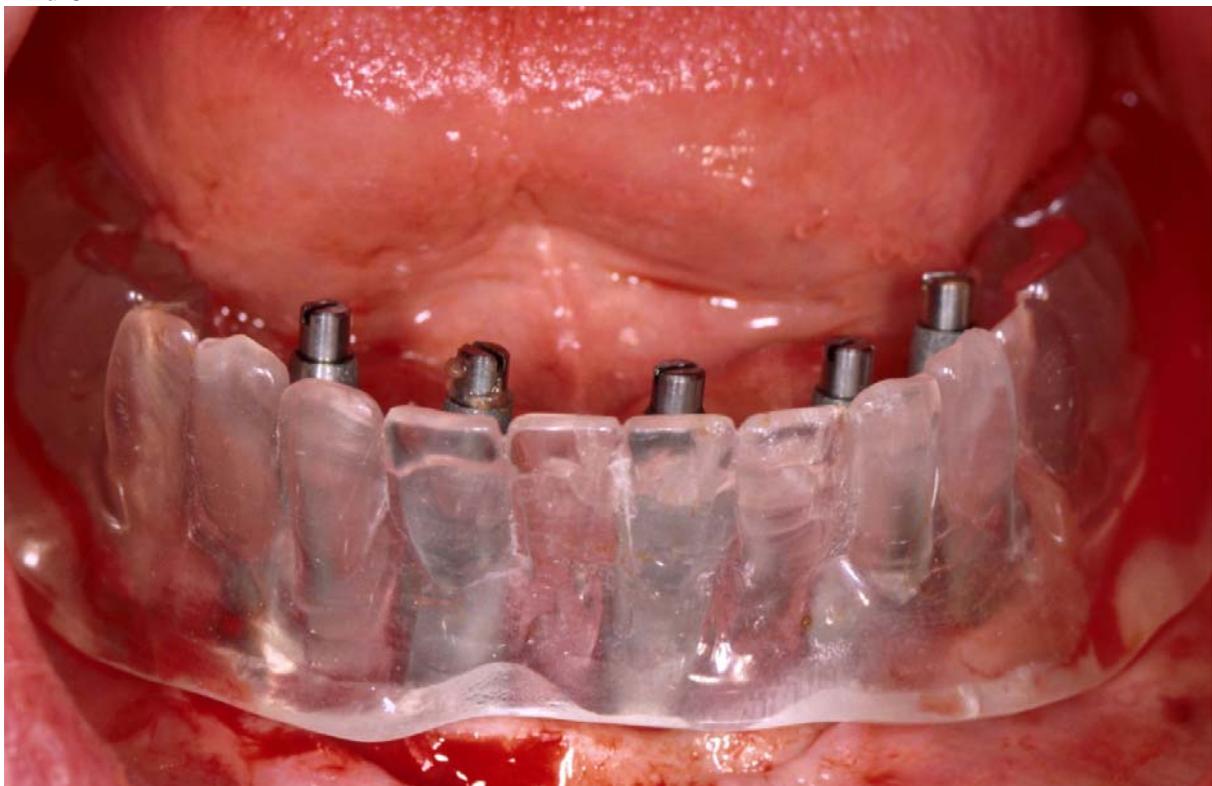
Fünf Implantate in situ vor Abdrucknahme

Bild 5



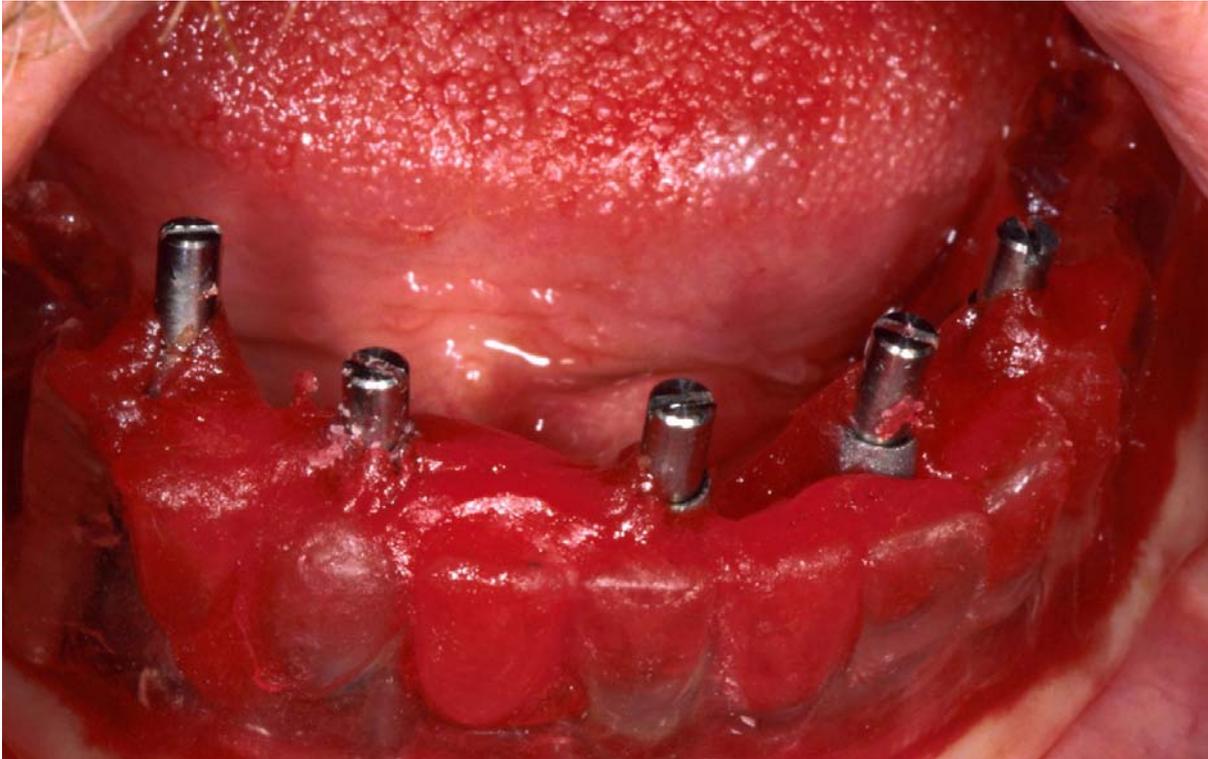
Implantate mit Abdruckpfosten.

Bild 6



Die Dublikatprothese wird von labial so weit hohl geschliffen, dass diese ohne die Abdruckpfosten zu stören inseriert werden kann.

Bild 7



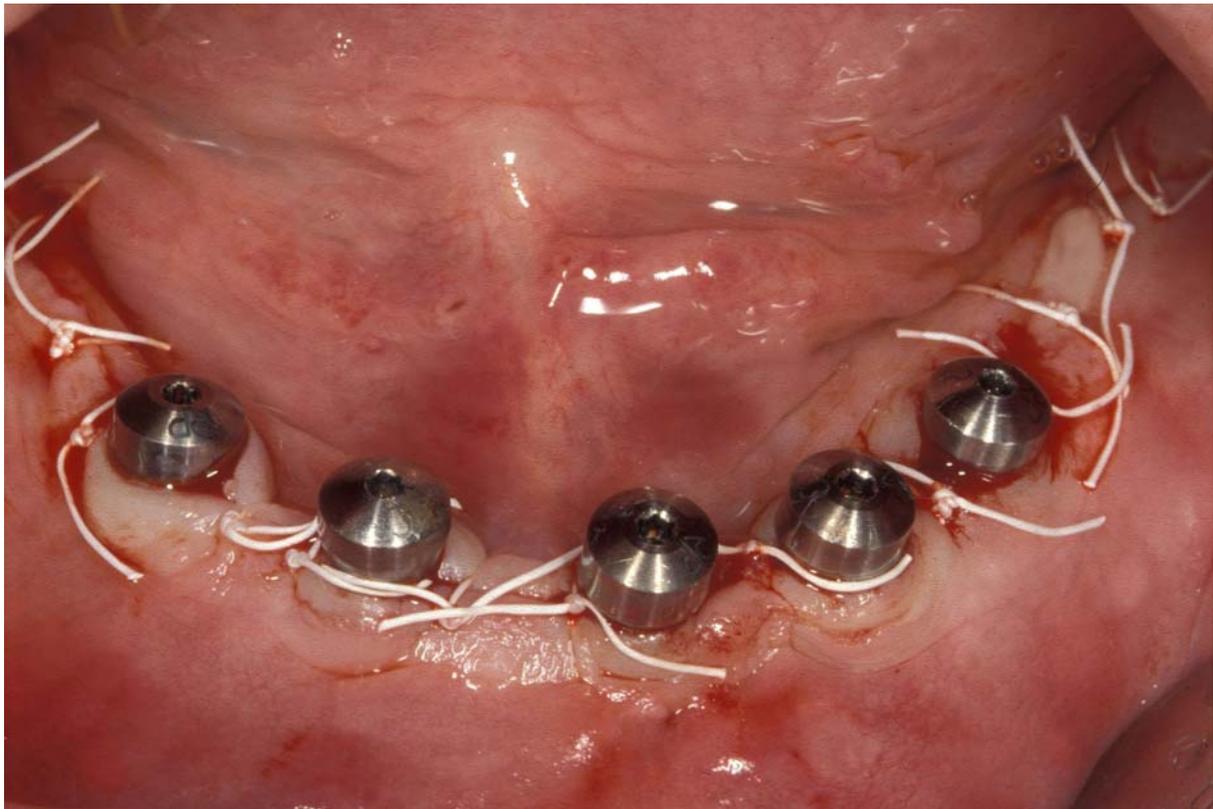
Die reduzierte Schablone wird mit Pattern Resin gefüllt und somit die Relation der Implantate zueinander fixiert.

Bild 8



Entfernte Schablone mit fixierter Implantatrelation.

Bild 9



Zustand nach Einbringen der Einheilhülsen und Vernähen der Unterkieferschleimhaut.

Bild 10



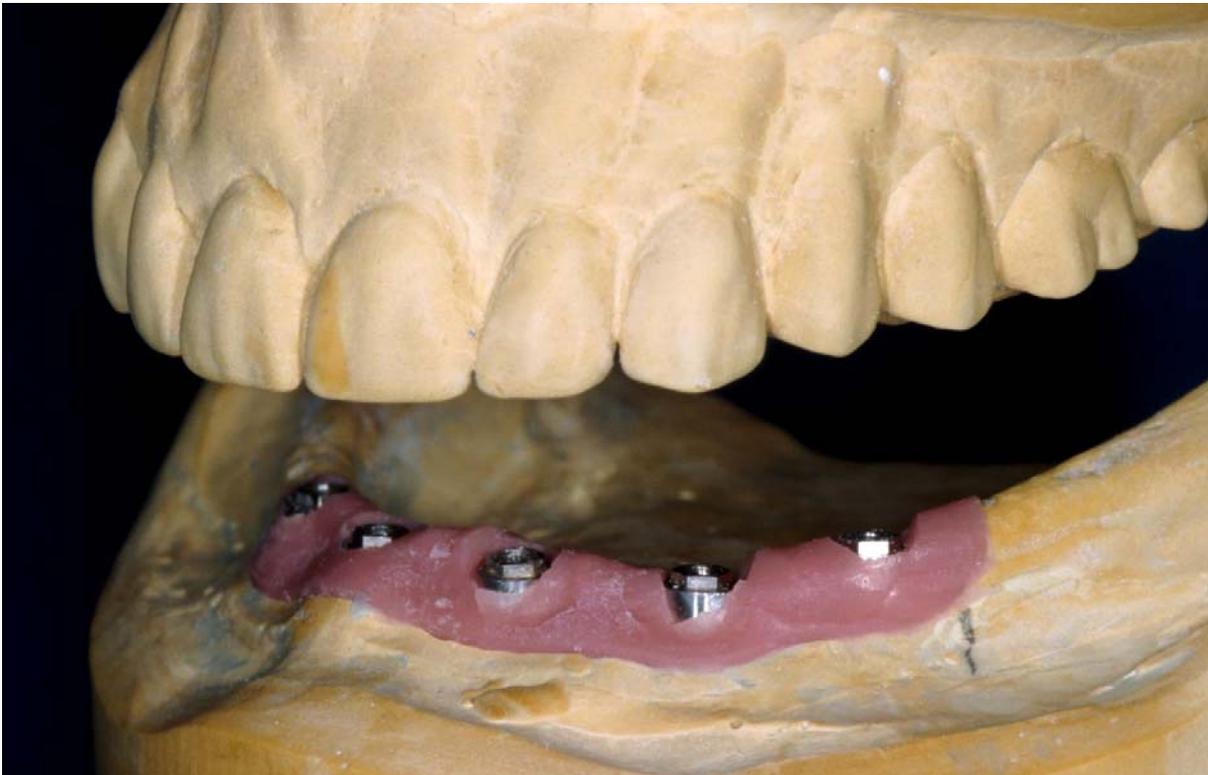
Am Tag nach der OP, die Implantate werden mit einem provisorischem Steg miteinander verblockt um Bewegungen der Implantate zu reduzieren.

Bild 11



Das Unterkiefermodell wurde im frontalen Bereich frei geschliffen und an die Abdruckpfosten der Schablone Modellimplantate geschraubt. Durch die Reposition der Schablone auf das Modell und eingipsen der Implantate ist eine genaue Übertragung der Implantatpositionen auf das Modell möglich.

Bild 12



Das Oberkiefer- und modifizierte Unterkiefermodell in ursprünglicher Relation im Artikulator.

Bild 13



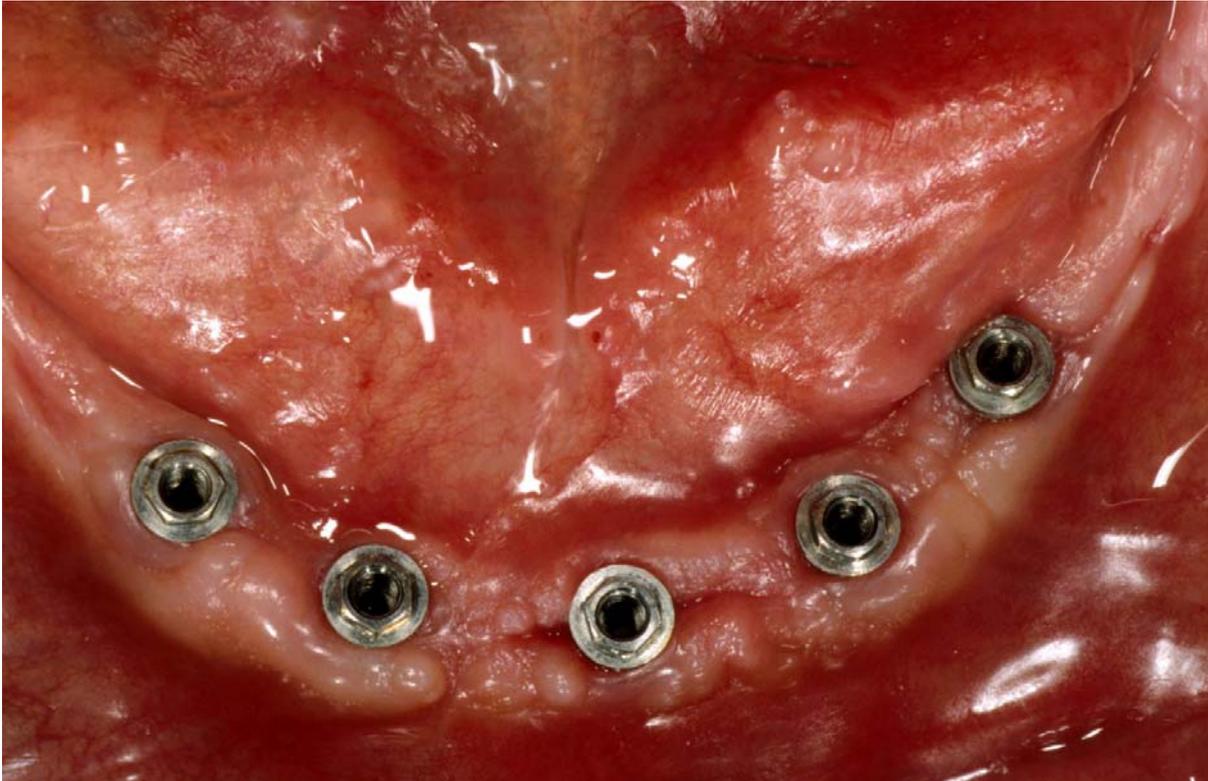
Das fertiggestellte Titangerüst in situ zur Kontrolle der passiven Passung mit Pattern Resin Bissregistrat.

Bild 14



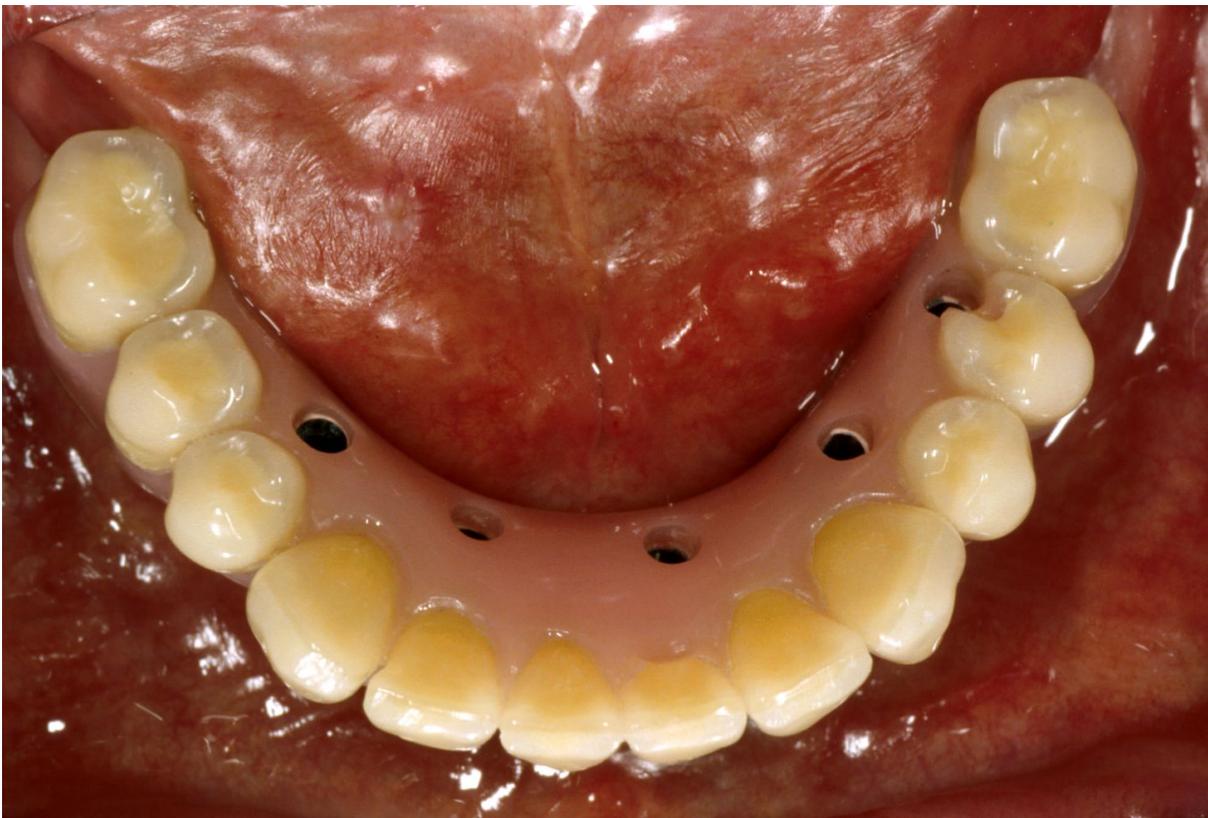
Basale Ansicht der fertigen Suprakonstruktion. Zu sehen sind das Titangerüst mit den anpolymerisierten Kunststoffzähnen.

Bild 15



Implantate in situ nach Abheilung und vor Eingliedern der fertigen Suprakonstruktion.

Bild 16



Okklusale Ansicht der eingebrachten Suprakonstruktion, zu sehen sind die fünf Schraubenöffnungen; hierüber wird die Suprakonstruktion mit den Implantaten verschraubt.

Bild 17



Frontale Ansicht der befestigten Suprakonstruktion.

Bild 18



Röntgenkontrollaufnahme nach Fixierung der Suprakonstruktion zur Kontrolle der Passung.

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Erfolgsrate

Von den 50 eingesetzten Implantaten stellte sich im Laufe der Nachkontrollen bei zehn Implantaten klinisch eine Mobilität ein und wurden aufgrund von Disosseointegration explantiert. Resultierend ergibt sich für die Implantate eine Erfolgsquote von 80%.

Tabelle 1

Patient	Datum	44	42	41	32	34
Patient 1	03.04.2000	8	2	-3	1	5
	24.04.2001	8	7	-4	-2	0
	30.04.2002	25	32	-4	-4	-2
	04.04.2003	ex	ex	-3	-4	-4
	14.04.2004	ex	ex	-3	-3	-5
	17.03.2005	ex	ex	-2	-3	-4
Patient 2	03.04.2000	-2	-4	-3	-4	-3
	27.04.2001	-3	-4	-4	-4	-4
	02.05.2002	-2	-4	-4	-4	-5
	09.04.2003	-3	-3	-3	-5	-5
	08.04.2004	-4	-4	-3	-5	-6
	07.04.2005	-4	-3	-2	-5	-6
Patient 3	04.04.2000	-3	0	-2	-1	-2
	24.04.2001	-3	-1	-2	-1	-2
	09.05.2002	-2	-3	-3	-1	-3
	01.04.2003	-2	-4	-4	-3	-3
	05.04.2004	-3	-4	-4	-4	-2
	23.03.2005	-3	-5	-4	-3	-3
Patient 4	04.04.2000	0	-2	0	-3	-4
	25.04.2001	1	-3	-2	-3	-3
	29.04.2002	3	-3	-4	-3	-4
	31.03.2003	-1	-3	-5	-4	-6
	29.03.2004	0	-4	-5	-4	-6
	14.03.2005	0	-5	-3	-3	-2
Patient 5	05.04.2000	4	-2	-3	1	6
	24.04.2001	4	-2	-2	1	6
	03.05.2002	7	-1	-3	4	8
	01.04.2003	20	-1	-3	9	20
	29.03.2004	ex	-2	-4	ex	ex
	23.03.2005	ex	-3	-4	ex	ex
Patient 6	05.04.2000	24	2	3	28	29
	01.05.2001	9	0	-1	10	8
	07.05.2002	8	-2	-2	12	15
	09.04.2003	ex	-3	-2	ex	ex
	14.04.2004	ex	-4	-2	ex	ex
	14.03.2005	ex	-3	-2	ex	ex
Patient 7	06.04.2000	-4	-1	-3	-4	-4
	30.04.2001	-5	-2	-4	-3	-4
	02.05.2002	-5	-3	-4	-4	-4
	09.04.2003	-3	-3	-1	-4	-4
	05.04.2004	-4	-4	-1	-4	-4
	14.03.2005	-5	-4	-3	-3	-4
Patient 8	06.04.2000	-4	-3	7	-3	-3
	25.04.2001	-4	-3	2	-3	-3
	07.05.2002	-4	-4	-1	-4	-3
	31.03.2003	-3	-4	-3	-4	-4
	25.03.2004	-3	-3	-4	-4	-5
	18.03.2005	-3	-5	-3	-4	-4
Patient 9	07.04.2000	19	11	5	-2	-4
	23.04.2001	12	8	3	-4	-4
	09.05.2002	17	12	-2	-3	-4
	01.04.2003	ex	ex	-4	-2	-3
	25.03.2004	ex	ex	-5	-2	-3
	16.03.2005	ex	ex	-4	-3	-3
Patient 10	07.04.2000	9	-4	-5	-4	-2
	30.04.2001	2	-4	-5	-3	-3
	03.05.2002	0	-3	-6	-3	-3
	09.04.2003	-2	-2	-6	-5	-5
	07.04.2004	-3	-3	-5	-5	-5
	16.03.2005	-5	-4	-5	-6	-5

Tabelle 1: Gemessenen Periotestwerte zum Zeitpunkt der Implantation und zu den einzelnen Nachuntersuchungen; rot: die Periotestwerte der verloren gegangen Implantate; ex: explantierten Implantate, aufgrund von Disosseointegration

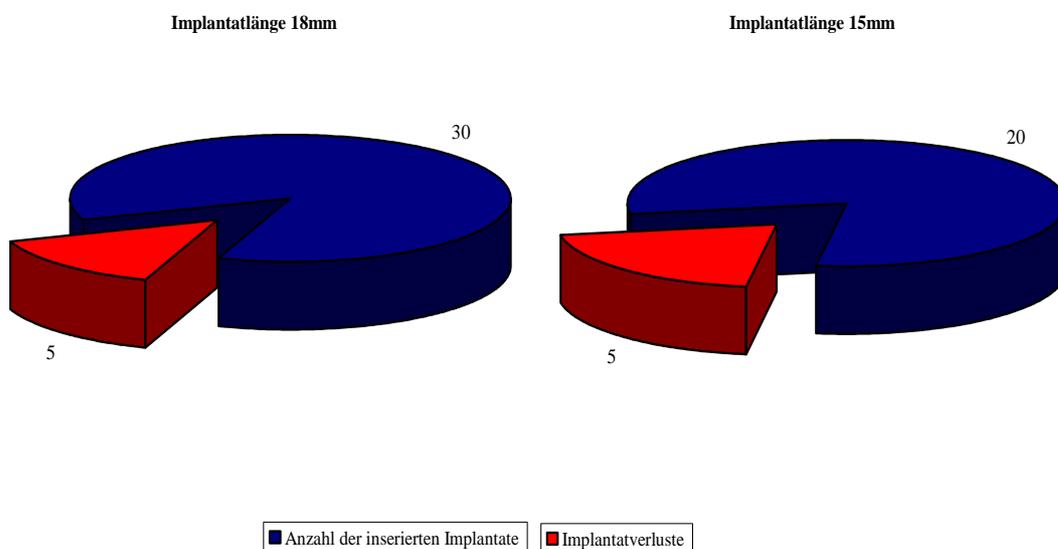
Tabelle 1 zeigt die gemessenen Periotestwerte direkt nach der Operation und zu den folgenden Nachuntersuchungsterminen. Die disosseointegrierten Implantate wurden entfernt, neue Implantate nach einer knöchernen Einheilung von drei Monaten inseriert und weitere

drei Monate einheilen gelassen. Nach dieser Zeit wurden diese Implantate in die Suprakonstruktion integriert. Bei den nachträglich inserierten Implantaten gab es keine weiteren Komplikationen.

Bei Verlust von mehreren Implantaten wurde der Patient erneut mit einer provisorischen Prothese versorgt, die zum Schutz der neu inserierten Implantate in den Bereichen der Implantation hohl geschliffen wurde.

Von den 50 frühbelasteten Implantaten wiesen 60% (30 Implantate) eine Länge von 18mm auf, die restlichen 40% (20 Implantate) eine Länge von 15mm. In der Gruppe der 18mm langen Implantate traten insgesamt fünf Fehler auf, das entspricht 16,67%. Bei den 15mm langen Implantaten traten ebenfalls fünf Fehler auf, dies entspricht, aufgrund des insgesamt geringeren Anteils der kurzen Implantate, einem Anteil von 25%. Bei einem Vergleich der aufgetretenen Fehler in Bezug auf die Länge der Implantate besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Längen [ $p < .05$ ].

### Anzahl der Implantatverluste im Verhältnis zu den inserierten Implantaten in Abhängigkeit der Implantatlänge



54% der Implantate wurden mit einem Eindrehmoment von 40Ncm oder 50Ncm inseriert. In der Gruppe dieser Implantate wurden im Laufe der Nachkontrollen keine Mobilitäten oder andere Auffälligkeiten, die für den Misserfolg eines dieser Implantate sprechen würden, gefunden. Die Gruppe der Implantate, die ein Eindrehmoment von 20Ncm oder 30Ncm im Zuge der Implantation aufwiesen, beinhaltete die gesamten zehn disosseointegrierten

Implantate. Dies entspricht einem Misserfolg von 37,04%. Der Unterschied für den Implantatverlust, abhängig von dem verwendeten Eindrehmoment ist hoch signifikant [p<.01]. Die Auswertung der einzelnen Drehmomente gab keinen signifikanten Einfluss auf den Implantatverlust [p>.05].

### Anzahl der Implantatverluste im Verhältnis zu den inserierten Implantaten in Abhängigkeit des Drehmomentes

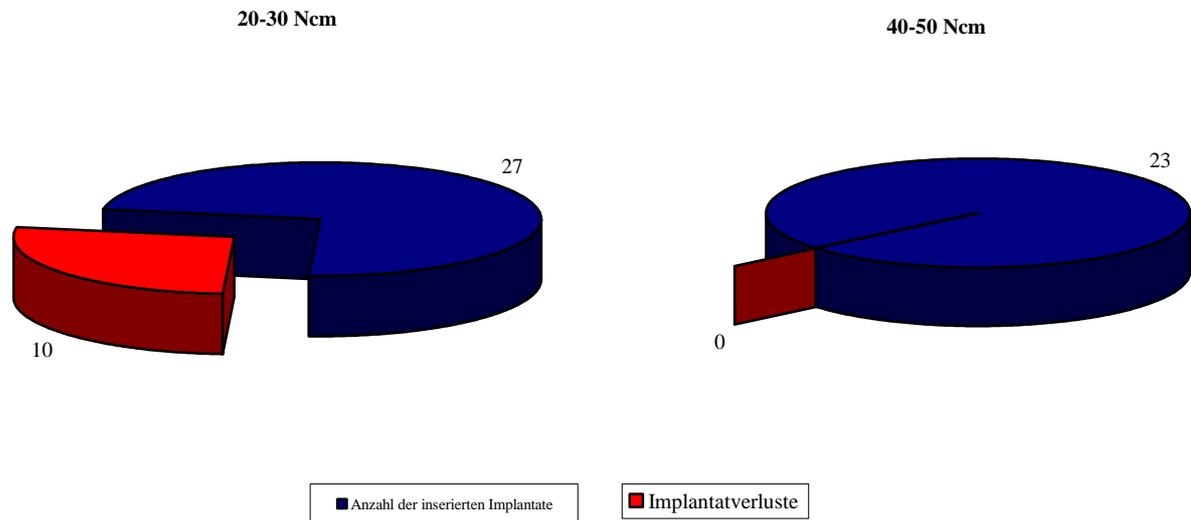


Tabelle 2 gibt die Verteilung der Implantatlängen, die für die einzelnen Patienten einheitlich ist, die Drehmomente und die späteren Verluste der Implantation wider.

Auffällig ist die Verteilung der Implantatfehler auf den Seitenzahnbereich und die Verteilung der Implantatfehler auf nur vier Patienten.

Tabelle 2

#### Drehmomente der einzelnen Patienten und Implantatpositionen bei Implantation

Impl.Position	44	42	41	32	34	Länge
Patient 1	30	30	40	30	30	15
Patient 2	30	50	50	30	30	18
Patient 3	30	50	50	40	30	15
Patient 4	20	20	40	40	30	18
Patient 5	30	30	30	30	30	18
Patient 6	30	40	50	20	20	15
Patient 7	40	30	40	40	50	15
Patient 8	40	30	50	40	30	18
Patient 9	30	30	30	50	40	18
Patient 10	30	40	50	40	50	18

Tabelle 2: Drehmomente sind in Ncm angegeben, rot: die im Laufe der Nachkontrollen explantierten Implantate, aufgrund von Disosseointegration. Im rechten Bereich der Tabelle sind die Implantatlängen angegeben, es wurde nur eine Implantatlänge je Patient verwendet.

Die einzelnen Drehmomente zeigen keinen signifikanten Einfluss auf den Verlust der Implantate, aufgrund der geringen Anzahl der Implantate und der entsprechend geringen Anzahl an auswertbaren Zahlen. Deshalb wurden die Drehmomente in Gruppen zusammengefasst. Zum einen die Gruppe der Implantate mit einem Eindrehmoment von 20 und 30 Ncm, zum anderen die Gruppe mit einem Eindrehmoment von 40 und 50 Ncm. Durch diese Gruppenbildung kommt es zu einem hoch signifikanten Einfluss [ $p < .01$ ] des Drehmomentes auf den Erfolg der Implantate.

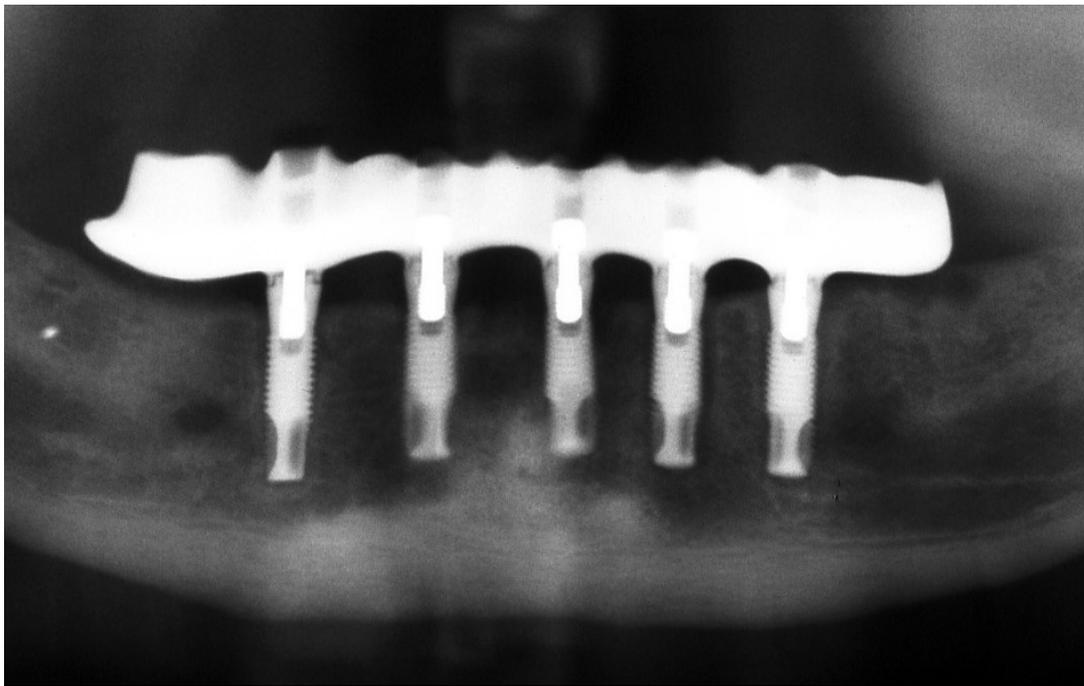
Jeder Patient wurde mit einer einheitlichen Implantatlänge, entweder 15mm oder 18mm, je nach Platzangebot, versorgt. Die Univariate Varianzanalyse hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss der Länge auf den Erfolg der Implantate ergeben [ $p < .05$ ].

## **6.2 Periimplantärer Knochenabbau**

Im Zuge der Nachuntersuchungen wurde der periimplantäre Knochenabbau um die Implantate röntgenologisch an Hand von OPT-Aufnahmen gemessen.

Nach dem ersten Jahr der Implantatinsertion lag dieser bei durchschnittlich 0,12mm, das Maximum lag im zweiten Jahr bei 0,19mm. Die Grafik zeigt den durchschnittlichen Knochenverlust für die einzelnen Jahre über den Nachuntersuchungszeitraum von fünf Jahren.

Auffällig ist der immense Knochenabbau bei den disosseointegrierten Implantaten, der in einigen Fällen über die komplette Implantatlänge vorangeschritten ist. Diese Implantate wiesen bei den Periotestuntersuchungen entsprechend hohe Werte auf und wurden kurz darauf explantiert.

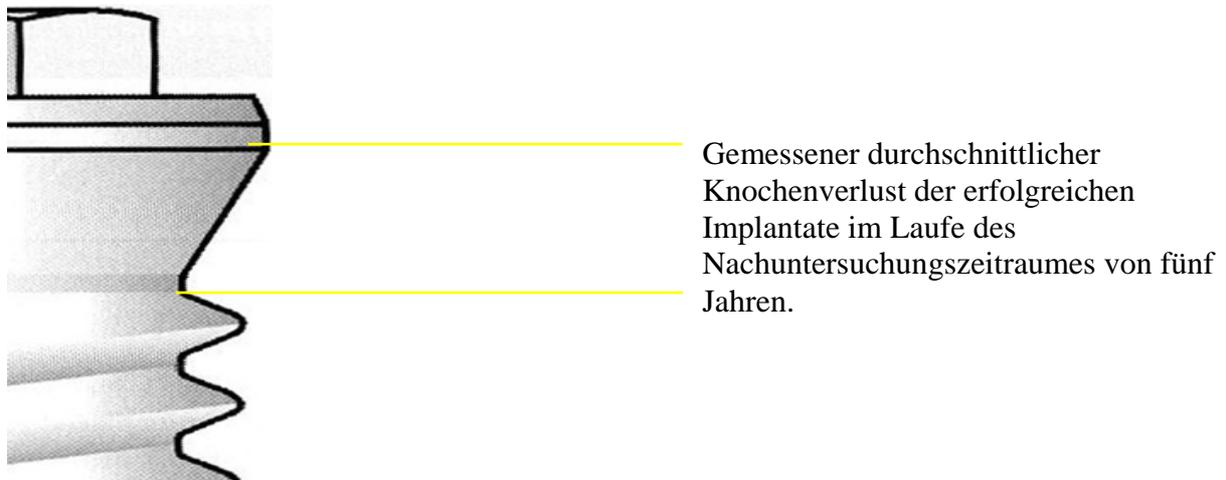


Patient 6, Röntgenbild vom 09.04.03

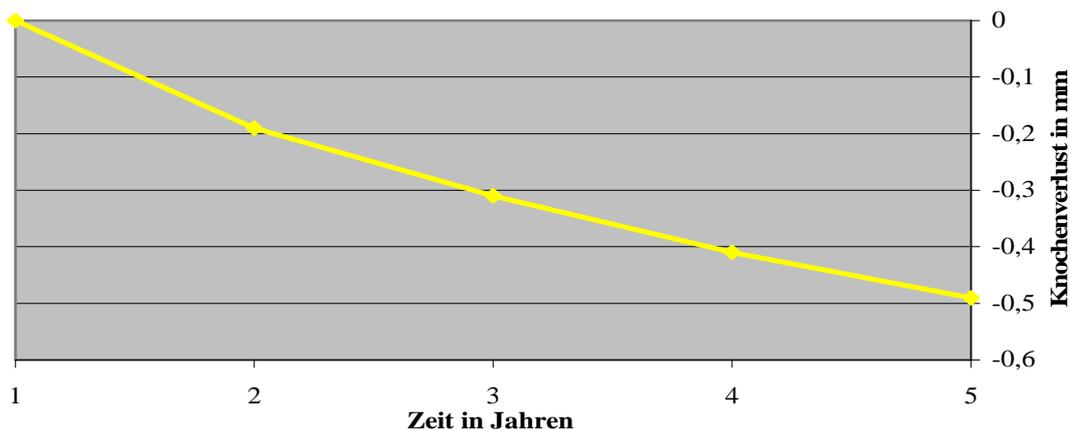
Das dargestellte Röntgenbild zeigt das periimplantäre Knochenniveau der Implantate von Patient 6. Gut zu erkennen ist der starke Knochenverlust der Implantate in Regio 43, 33 und 34, die Implantate wurden kurze Zeit später explantiert und nach der knöchernen Ausheilung wurden neue Implantate inseriert und nach drei Monaten lastfreier Ausheilung in die bestehende Suprakonstruktion eingearbeitet.

Im Zuge der Messung des Knochenniveaus wurden die Implantate, wenn auch erst im Folgejahr explantiert, aus der Wertung herausgenommen. Es hatte sich gezeigt, dass bei der Masse der disosseointegrierten Implantate ein massiver periimplantärer Knochenverlust eingestellt hat, und somit nicht repräsentativ für den Knochenverlust osseointegrierter Implantate ist.

Das Bild zeigt schematisch den durchschnittlich gemessenen Knochenverlust im Laufe der fünfjährigen Nachuntersuchungen.



**Knochenverlust nach dem ersten Jahr nach Implantation**



### 6.3 Komplikationen

Patientin 9 wollte keine erneut festsitzende Konstruktion, sie lehnte den Ersatz beider verloren gegangener Implantate aus Kostengründen ab. Stattdessen wurde nur ein Implantat nach einer verkürzten knöchernen Ausheilungszeit in den Bereich zwischen den beiden explantierten Implantaten eingebracht und mit den restlichen drei bestehenden Implantaten durch einen Steg verblockt. Die Prothese wurde zu einer mit Steg retinierten Prothese umgearbeitet und der Patientin nach der Einheilzeit von drei Monaten eingegliedert.

Es gab keine weiteren Komplikationen.

## 7. Diskussion

Nachdem Brånemark et al. 1969 gezeigt haben, dass Titan einen festen Verbund mit Knochen eingehen kann, welchen die Autoren als Osseointegration definiert haben[Branemark et al., 1969], ist ein sehr wichtiger Schritt in der zahnärztlichen Implantologie getan worden. Im Folgenden ist großer Aufwand betrieben worden, um der Forderung nach einer sicheren und vorhersehbaren Therapie gerecht zu werden. Dies ist eine Grundvoraussetzung für den routinierten klinischen Gebrauch einzelner Implantatsysteme[Albrektsson et al., 1986]. Der nächste Schritt ist die Erweiterung der Indikationen für eine implantologische Versorgung. So gehören heutzutage die Versorgung von zahnlosen Kiefern, von Schalllücken und Einzelzahnlücken im Ober- wie Unterkiefer zur Routinebehandlung, wenn der Wunsch nach feststehendem oder herausnehmbarem Zahnersatz, mit Implantaten als Halteelementen, besteht. Von Seiten der Patienten wird nun der Wunsch nicht nur nach feststehendem Zahnersatz, sondern auch nach kürzeren Behandlungszeiten in der zahnärztlichen Implantologie, immer größer. Für einen Teil der Patienten bedeutet die klassische Einheilphase von bis zu sechs Monaten ein psychisches und funktionelles Trauma[Schnitman et al., 1990], das es zu vermeiden gilt. In den letzten Jahrzehnten besteht großes Bemühen von Seiten der Kliniker, diese Einheilzeit zu verkürzen und das ästhetische Resultat weiterhin zu verbessern, was in der Entwicklung der Sofortbelastung und der verzögerten Sofortbelastung[Aparicio et al., 2003] der Implantate geendet ist[Glauser et al., 2003, Rocci et al., 2003b, Rocci et al., 2003c]. Auch hier besteht nun wieder die Aufgabe, die Vorhersehbarkeit und die Zuverlässigkeit durch Studien zu belegen und mögliche Fehlerquellen zu erkennen und zu eliminieren.

Bei der Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse dieser Studie bezüglich der verzögerten Sofortbelastung von fünf Implantaten im zahnlosen Unterkiefer nach 20 Tagen mit einer verschraubten Brücke, kann diese Studie, nach den geforderten Erfolgskriterien von Albrektsson et al., als nicht erfolgreich angesehen werden. Deren Vorschlag für die Kriterien eines Implantaterfolges umfasst folgende Punkte:

1. Die Unbeweglichkeit einzelner Implantate
2. Kein Vorhandensein periimplantärer Aufhellungen
3. Der Knochenabbau soll nach dem ersten Jahr nach Implantation jährlich weniger als 0,2mm betragen

4. Abwesenheit von persistierenden oder irreversiblen Symptomen wie Schmerz, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Canalis mandibularis
5. 85% der Implantate sollen die vier oben genannten Kriterien nach fünf Jahren und 80% nach zehn Jahren erfüllen[Albrektsson et al., 1986].

Diese Kriterien wurden nach Ablauf des Kontrollzeitraums von fünf Jahren wegen der zu hohen Implantatverluste von 20% nicht erfüllt. Im Folgenden soll nun ein Überblick über die beeinflussenden Faktoren der oralen Implantologie gegeben werden, um daraus mögliche Fehlerquellen dieser Studie aufgrund der Ergebnisse anderer Studien in der Implantologie zu evaluieren.

Die Implantologie umfasst viele Faktoren, die den Erfolg wesentlich beeinflussen können. Bei der frühzeitigen Belastung kommen zusätzliche Faktoren hinzu, hierbei handelt es sich vorzugsweise um eine übermäßige Bewegung der Implantate in der Einheilungszeit, da einmal osseointegrierte Implantate dieselben Langzeitergebnisse wie Implantate, die nach der klassischen zweizeitigen Methode eingehilt sind, haben [Schnitman et al., 1997, Tarnow et al., 1997]. Die einzelnen Faktoren, die den Erfolg inserierter Implantate bestimmen können, können in drei Gruppen unterteilt werden. Diese drei Gruppen setzen sich zusammen aus Faktoren, die Patienten bezogen sind, wie zum Beispiel das Knochenangebot oder die Qualität des Knochens. Die zweite Gruppe wird durch die unterschiedlichen Materialien, wie zum Beispiel die Art der prothetischen Versorgung oder die Wahl der Implantate mit unterschiedlichen Oberflächen, bestimmt. Zu aller letzt hat die operative Vorgehensweise bei der Implantation genau wie der Behandler einen Einfluss auf den gewünschten Erfolg. Im Folgenden sollen die möglichen Faktoren und deren Einfluss auf die verzögerte Sofortbelastung von fünf maschinieren MK III Implantaten im zahnlosen Unterkiefer diskutiert werden.

## **7.1 Patienten bezogene Faktoren**

### **7.1.1 Knochenqualität und –quantität**

Die Knochenquantität ist als gegeben anzusehen. Sie wird bestimmt von langjährigen physiologischen und pathologischen Resorptionsprozessen, aufgrund von zuvor bestehenden Parodontopathien mit resultierendem vertikalem und horizontalem Knochenverlust, einer Inaktivitäts- oder einer Druckatrophie. Es besteht zwar die Möglichkeit der Veränderung der Menge durch augmentative Verfahren, was gleichzeitig auch eine Änderung der Qualität des Knochens nach sich zieht[O'Sullivan et al., 2004], jedoch wird dies zur Erhöhung der

Knochenmenge und nicht der Knochenqualität durchgeführt, womit die Qualität des Knochens ebenfalls vorgegeben ist [O'Sullivan et al., 2004]. Die Qualität und Quantität des Knochens bestimmen die primäre Stabilität des Implantates [Chow et al., 2001], da diese rein mechanischer Natur ist [Fröhlich, 2004]. Die Knochenqualität ist einer der wichtigsten Parameter in der oralen Implantologie, wenn die frühzeitige Belastung von Implantaten in Betracht gezogen wird [Jaffin et al., 2004]. Bezüglich der Knochenqualität ist der Unterkiefer dem Oberkiefer überlegen [Adell et al., 1981, Schnitman et al., 1997]. Betrachtet man den Unterkiefer, so weist die Symphysenregion aufgrund der größten Dichte der Trabekeln in diesem Teilbereich, die beste Knochenqualität, die Region distal der Foramina mentalia dagegen die geringste auf [Schnitman et al., 1997]. Aus diesem Grunde wird bei Zahnlosigkeit im Unterkiefer vorzugsweise interforaminär implantiert.

Rocci et al. können in einer histologischen Studie zeigen, dass die erfolgreiche Einheilung von früh- und sofortbelasteten Implantaten eine weitgehende Verdichtung des trabekulären Knochens in direkter Umgebung zum Implantat zur Folge hat. Der neu gebildete Knochen besitzt eine Dura vergleichbare Knochenstruktur. Diese Veränderung führt in letzter Konsequenz zu einer Versteifung des Verbundes zwischen Knochen und Implantat [Rocci et al., 2003a]. Die Ergebnisse stimmten mit denen von Barone et al. überein, die in einer radiologischen Vergleichsstudie zwischen sofortbelasteten und unbelasteten Implantaten nachweisen können, dass die Knochendichte um die belasteten Implantate höher ist [Barone et al., 2003].

Versuche, die primäre Stabilität zu erhöhen, scheinen jedoch nicht den Unterschied zwischen der primären Festigkeit der Implantate in Typ vier Knochen – im Vergleich zu Typ zwei oder Typ drei Knochen - kompensieren zu können. Dies haben O'Sullivan et al. an Hand der Messung von Resonanz-Frequenz-Analyse-Werten (RFA-Werte) verschiedener Implantattypen nachgewiesen. Aus ihren Ergebnissen schließen die Autoren ferner, dass die Turnoverrate im Bereich der Kortikalis bei festerem Knochen geringer ist. Beim Vergleich von maschinieren Standartimplantaten und Brånemark MK IV Implantaten zeigt sich, dass die Knochenqualität einen stärkeren Einfluss auf die maschinieren Implantate hat [O'Sullivan et al., 2004].

Auch heute ist wenig über die genauen Abläufe an der Implantat-Knochengrenze bekannt, welche zu einer erfolgreichen Osseointegration führen [Bischof et al., 2004]. Noch vor über zehn Jahren waren die technischen Möglichkeiten, ausreichend dünne und damit genaue histologische Schnitte von Präparaten herstellen zu können, nicht überall gegeben. Jedoch können Sennerby et al. in einer histologischen Untersuchung über die frühen Abläufe in den periimplantären Geweben neue Erkenntnisse erzielen. So finden sie heraus, dass es

grundsätzliche Unterschiede zwischen der Knochenanlagerung von kortikalem und trabekulärem Knochen gibt. Im Bereich des Knochenmarks ist die Knochenneubildung bereits ab dem siebten Tag nachweisbar. Die Neubildung geht allerdings nicht von der Implantatoberfläche aus, vielmehr kommt es zur Vergrößerung des Implantat-Knochenkontaktes durch Kondensation des trabekulären Geflechtknochens, der auf die Oberfläche des Implantates zu wächst. Die Schraubenwindungen im Bereich des Endosts werden frühzeitig, bereits ab dem siebten Tag, mit unreifen Geflechtknochen gefüllt. In der Folgezeit bis zum Ende der zwölften Woche wird dieser Geflechtknochen in reifen Lamellenknochen umgebaut. Erste Anzeichen reifen Knochens sind ab der sechsten Woche zu erkennen. Im Bereich des kortikalen Knochens hingegen kommt es zu ersten Umbauvorgängen ab dem 14. Tag. Das Wachstum erscheint in diesem Bereich des Knochens als eine Art des Remodellings des kortikalen Randknochens, in dessen Folge sich der Spalt zwischen Implantat und Knochen verengt und letzten Endes verschließt[Sennerby, 1993]. Diese Beobachtungen haben vor kurzem Degidi et al. in einer histologischen Studie belegt. Sie haben durch die Anfärbung des Knochens in der Einheilzeit zeigen können, dass das Implantat vollständig von neu gebildetem Knochen umgeben, und der ursprüngliche Knochen in einiger Entfernung von der Implantatoberfläche diesen neuen Knochen eingebettet[Degidi et al., 2003c]. Der neu gebildete Knochen ist im Gegensatz zu seiner Umgebung hoch mineralisiert[Degidi et al., 2003d]. Mit Hilfe von fluoreszierenden Farbstoffen können Nkenke et al. zeigen, dass sich die Appositionsrate von neu gebildetem Knochen zwischen belasteten und nicht belasteten Implantaten nicht unterscheidet, woraus zu schließen ist, dass die frühzeitige Belastung per se keinen negativen Einfluss auf die Einheilung des Implantats hat[Nkenke et al., 2003, Szmukler-Moncler et al., 2000]. Aufgrund des Vergleiches von Periotestwerten im Verlauf der Einheilphase von frühbelasteten Implantaten, postulieren Rungcharassaeng et al. aus dem Konstantbleiben dieser negativen, die erfolgreichen Osseointegration nachweisenden Werte, dass die Osseointegration bereits sechs Wochen nach Implantation abgeschlossen ist[Rungcharassaeng et al., 2002]. Dies unterstützt die zuvor genannten Ergebnisse. Die, aufgrund der funktionellen Belastung, hervorgerufene Veränderung der Knochenstruktur, das Remodelling, kann jedoch nur dann als Osseointegration betitelt werden, wenn die Bilanz zwischen Auf- und Abbau des Knochens positiv ist[Haider et al., 1993]. Diese Osseointegration ist allerdings gefährdet, wenn es zu übermäßigen Relativbewegungen am Interface zwischen Implantat und Knochen kommt. Die kritische Grenze der tolerierbaren Bewegungen ist nach Szmukler-Moncler et al. von der verwendeten Implantatoberfläche und dem Implantatdesign abhängig[Szmukler-Moncler et al., 1998]. Eine mögliche Implantatbewegung mag durch Nekrosen, hervorgerufen durch das

operative Trauma oder einer verfrühten übermäßigen Belastung in Knochen geringer Qualität, auftreten[Buser et al., 1997]. Obwohl diese Grenze zwischen tolerierten und zerstörerischen Mikrobewegungen noch nicht genau bestimmt werden konnte[Brunski, 1993, Szmukler-Moncler et al., 1998], steht für die Praxis fest, dass die Bewegung der Implantate in dieser Größenordnung kaum zu kontrollieren ist, so dass eine weitgehende Immobilisierung der Implantate in der Einheilungszeit angestrebt werden soll[O'Sullivan et al., 2004].

Aus dem bisher Genannten den Schluss zu ziehen, ein möglichst fester Knochen sei die optimale Voraussetzung für die frühe Belastung der Implantate, ist allerdings auch nicht korrekt. Trotz des für den Heilungsprozess engen und festen primären Kontaktes zwischen Implantat und Knochen, kann dieser für eine Verlangsamung des Heilungsprozesses verantwortlich sein. Dieser Effekt wird von Haider et al. an glatten und mikrostrukturierten Implantaten in kompaktem Knochen festgestellt[Haider et al., 1993] und von Ericsson et al. in einer Studie zur Sofortbelastung von Einzelzahnimplantaten bestätigt[Ericsson et al., 2000].

Einige Autoren schließen Implantate, die aufgrund der Bohrung des Implantatbettes Fenestrations aufweisen, aus ihren Studien, mit der Begründung der mangelnden Stabilität, aus. Diese werden dann nach der klassischen zweizeitigen Methode weiterbehandelt[Chiapasco et al., 1997, Cooper et al., 2002]. Die Ergebnisse von Glauser et al. in einer Studie zur Sofortbelastung belegen jedoch, dass die Erfolgsrate für frühbelastete Implantate mit erfolgter gesteuerter Geweberegeneration, aufgrund von Fenestrations nach der Implantatbettbohrung, mit 90% im Gegensatz zur allgemeinen Erfolgsrate von 82,7% höher liegt[Glauser et al., 2001]. Dies ist auf den höheren Kortikalisanteil, der für eine gesteigerte primäre Stabilität verantwortlich ist, zurückzuführen. In einer weiteren Studie von Glauser et al. stellt sich allerdings heraus, dass die drei einzigen Fehler sich bei Implantaten mit Fenestrations einstellen, sie werden nach derselben Vorgehensweise wie in der zuvor zitierten Studie versorgt. Diese drei Implantate sind im Oberkiefer lokalisiert und gehen innerhalb von einer Woche nach Implantatinserktion verloren[Glauser et al., 2004].

Wie bereits erwähnt, beschreibt das Remodelling die Fähigkeit des Knochens, sich an geänderte mechanische Belastungen anzupassen[Misch et al., 2004a], dies geschieht aufgrund der entstehenden Spannung zwischen Implantat und angrenzendem Knochen[Misch et al., 2003]. Bereits Schnitman et al. entnehmen der Tatsache, dass die Festigkeit der sofortbelasteten Implantate im Zuge der Osseointegration nicht nachlässt, dass der Prozess des Remodellings nicht als einheitliche Reaktion auf das Implantat und die Belastung an der gesamten Oberfläche entsteht. Die Autoren postulieren, dass der Umbau des Knochens in

verschiedenen Bereichen zu unterschiedlichen Zeitpunkten geschieht, sich ein ausgeglichener Vorgang zwischen Osteoblasten und –klasten mit positiver Bilanz der Osteoblasten einstellt[Schnitman et al., 1997]. Ledermann et al. weisen in einer histologischen Studie eines 95-jährigen Patienten nach, dass das Remodelling ein zeitlebens aktiver Prozess ist und den Einsatz zahnärztlicher Implantate auch im hohen Alter rechtfertigt. 70-80% der Implantatoberfläche einer TPS-Straumann-Schraube sind in direktem Knochenkontakt. Die Aktivität nimmt von der direkten Umgebung des Implantates zur Peripherie hin ab, im Bereich des Periosts steigt sie erneut an[Ledermann et al., 1998]. An Hand einer weiteren histologischen Studie an sofort- und frühbelasteten Implantaten werden diese Ergebnisse von Rocci et al. belegt[Rocci et al., 2003a]. Von Meyer et al. werden in einem Tierversuch an Schweinen herausgefunden, dass die Fasern des um die Implantate neu gebildeten Knochens im Gegensatz zu den umliegenden Fasern des originalen Knochens parallel zur Oberfläche angeordnet sind, wohingegen diese senkrecht zur Oberfläche angeordnet sind. Der Hintergrund für die unterschiedliche Orientierung der Fasern ist allerdings nicht bekannt, hier besteht kein Unterschied zwischen sofortbelasteten und erst nach der Einheilung belasteten Implantaten. Die Festigkeit des Verbundes zwischen Implantat und Knochen liegt in derselben Größenordnung wie der Matrixverbund des Knochens selbst[Meyer et al., 2003].

Wie bereits erwähnt, ist die erfolgreiche Osseointegration nicht das einzige Kriterium für den Erfolg oder Misserfolg der Implantate. Die Menge des periimplantären Knochenabbaus innerhalb eines Jahres nach dem ersten Jahr der wird als weiteres Kriterium gewertet[Albrektsson et al., 1986]. In unserer Studie können wir, nach dem Knochenverlust innerhalb des ersten Jahres nach der Implantation, erfreulicher Weise auch einen periimplantären Knochenabbau von jährlich weniger als 0,2mm feststellen. Dies ist auf gute Pflege und ein Nichtvorhandensein schädlicher Reize auf den Knochen zurückzuführen.

Die Ergebnisse weiterer Studien über den periimplantären Knochenverlust von sofort- oder frühbelasteten Implantaten weisen darauf hin, dass es langfristig keinen Unterschied zu verzögert belasteten Implantaten gibt[Ericsson et al., 2000, Misch et al., 2003, Petersson et al., 2001, Testori et al., 2003]. In einigen dieser Studien kann im Laufe des Beobachtungszeitraumes ein leichter Gewinn an Knochen um die Implantate festgestellt werden[Andersen et al., 2002, Bornstein et al., 2003, Misch et al., 2003]

Grundsätzlich können zwei wesentliche Gründe für den periimplantären Knochenverlust verantwortlich gemacht werden. Zum einen finden Collaert et al. in einer Studie mit vier bis fünf frühbelasteten Astra Tech Implantaten im zahnlosen Unterkiefer eine Korrelation zwischen dem Knochenverlust um diese Implantate und der Länge der verwendeten Abutments. Je kürzer diese gewesen sind, desto größer ist der periimplantäre

Knochenverlust[Collaert et al., 2002]. Zum zweiten kann in einer Studie von Attard et al. die Mundhygiene als ein Kofaktor für erhöhten Knochenabbau beschrieben werden. Demnach ist die Osseointegration der Implantate nicht durch den Mangel an Hygiene gestört, jedoch stellt sich die Frage, ob die Physiologie des periimplantären Gewebes nicht langfristig negativ beeinflusst wird[Attard et al., 2004b]. Ähnliches wird von Hodel et al. in einer Nachuntersuchung von Hybridprothesen über einen Zeitraum von durchschnittlich 12,2 Jahren beobachten[Hodel, 2002]. Nkenke et al. schließen aus ihren Studienergebnisse mit Schweinen, durchgeführt ohne Plaquekontrolle, dass Hygienemaßnahmen nicht so entscheidend sind[Nkenke et al., 2003]. Im genauen Gegensatz dazu berichten Ericsson et al von Implantatverlusten aufgrund von mangelnder Mundhygiene[Ericsson et al., 2000, Sagara et al., 1993].

In einer Studie von Heitz-Mayfield et al. mit der Fragestellung, ob übermäßige okklusale Belastungen die Osseointegration enossaler Implantate behindert, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die meisten auftretenden periimplantären Knochenverluste auf das Auftreten einer opportunistischen Entzündung zurückzuführen sind, sie bestätigen damit die Ergebnisse von Quirynen et al.[Heitz-Mayfield et al., 2004, Quirynen et al., 2002].

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Früh-, Sofortbelastung und der klassischen zweizeitigen Methode, wenn nach erfolgter Osseointegration die Langzeitergebnisse nicht differieren, liegt im Ausbleiben der frühen Knochenresorption, welche durch die Eliminierung der zweiten Operation zur Freilegung der Implantate nach erfolgter Einheilung hervorgerufen wird[Petersson et al., 2001, Randow et al., 1999].

Um eine adäquate Einheilung mit orientiertem Lamellenknochen zu erhalten, ist es wichtig, die Spannung an der Implantat-Knochengrenze zu minimieren. Erhöhte Werte resultieren in einer erhöhten Turnoverrate, die dann zur Bildung des schwächeren Geflechtknochen führt[Misch et al., 2004b]. Aus diesem Grunde sind eine Reihe weiterer Faktoren, auf die im Folgenden eingegangen werden soll, wichtig.

### **7.1.2 Rauchen und allgemeine Erkrankungen**

Über den Einfluss von Rauchen oder von allgemeinen Erkrankungen auf die verzögerte Sofortbelastung kann leider wenig ausgesagt werden, da der größte Teil der Autoren dies als eins der Ausschlusskriterien für ihre Studien verwenden[Buchs et al., 2001, Buser et al., 2000, Cooper et al., 2002, Drago et al., 2004, Ericsson et al., 2000, Testori et al., 2002]. Erst in letzter Zeit werden erste Versuche unternommen, Raucher nicht aus angesetzten Studien

auszuschließen[Attard et al., 2004b, De Bruyn et al., 1994, Lindquist et al., 1996, Örtorp et al., 2002, van Steenberghe et al., 2004b].

Laut De Bruyn et al. hat Rauchen einen negativen Einfluss auf die Einheilung der Implantate per se und führt zu gehäuften Verlusten, allerdings kann bis dato nicht das exakte Risiko, verursacht durch Rauchen, bestimmt werden[De Bruyn et al., 1994]. Ähnliches beschreiben Örtorp et al. und Lindquist et al., allerdings beobachten die Autoren nicht nur einen gesteigerten Knochenabbau und eine schlechtere Langzeitprognose bei Rauchern, sondern einen stärker ausfallenden Knochenverlust bei Rauchern in Kombination mit schlechter Mundhygiene[Lindquist et al., 1996, Örtorp et al., 2002]. Gegenzugliches berichten van Steenberghe et al. in ihrer Studie. Hierbei erkennen die Autoren keinen Zusammenhang zwischen Rauchen und einem verringerten Implantaterfolg[van Steenberghe et al., 2004b].

Aufgrund des negativen Effektes, verursacht durch das Rauchen und dem damit erhöhten Risiko des Implantatverlustes, werden verkürzte Recallintervalle für rauchende Patienten empfohlen[Koeck et al., 2004]. Welchen Effekt das Rauchen auf die frühe Belastung der Implantate ausübt, ist aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse und der geringen Patientenzahlen, nicht genau zu bestimmen. Es werden weitere Vergleichsstudien mit größeren Patientenzahlen angesetzt werden müssen, um das Risiko bestimmen und genauere Aussagen auf die Beeinflussung bei der Einheilung der Implantate treffen zu können.

In einer Literaturrecherche zum Thema der verzögerten Sofortbelastung von Implantaten, von Gapski et al. 2003 durchgeführt, kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass, bis zu diesem Zeitpunkt, kein Versuch unternommen worden ist, Patienten, die an metabolischen Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder Hyperparathyreoidismus erkrankt sind, in Studien einzubeziehen. Erkrankungen wie eine Osteoporose, welche einen direkten Einfluss auf den Metabolismus des Knochens haben, könnten nach Meinung der Autoren die Einheilung von Implantaten negativ beeinflussen und werden demnach als mögliche Risikofaktoren angesprochen[Gapski et al., 2003]. In einem Fallbericht beschreiben Degidi et al. eine erfolgreiche Behandlung einer an Osteoporose erkrankten Patientin. Es handelt sich dabei um eine 65-jährige Patientin, die zwei Jahre zuvor mit Diphosphat behandelt worden ist. Nach Extraktion der Unterkieferrestbeziehung sind vier Brånemark TiUnite-Implantate inseriert und mit einem Ackermannsteg fixiert worden. Zur Kontrolle nach einem Jahr gibt es keine Hinweise über Misserfolge und die Implantate sind erfolgreich osseointegriert[Degidi et al., 2003b]. Becker et al. beschreiben in einem Fallbericht von einer erfolgreichen implantologischen Versorgung mit verzögerter Belastung der Implantate eines resezierten

und rekonstruierten Unterkiefers, aufgrund eines bestehenden Ameloblastoms[Becker et al., 2003].

Dies waren nur zwei Einzelfälle, lässt aber darauf schließen, dass auch in Zukunft mit weiteren Erfolgen, was den Bereich der Versorgung von Patienten mit Allgemeinerkrankungen oder derzeitigen Kontraindikationen angeht, zu rechnen ist. Aus den bisherigen Erkenntnissen kann angenommen werden, dass zumindest die Sofortbelastung die Knocheneinheilung der Implantate beschleunigt, wenn die primäre Stabilität, als eine Grundvoraussetzung, gewährleistet ist[Cooper et al., 2002, Gapski et al., 2003, Hruska et al., 2002]. Ob dies nun auch für Erkrankungen, welche den Knochenmetabolismus betreffen, zutrifft, wird in zahlreichen Studien zu evaluieren sein.

### **7.1.3 Parafunktionen**

Lange Zeit sind Patienten mit Parafunktionen aus Studien zur unmittelbaren oder verzögerten Sofortbelastung der Implantate ausgeschlossen worden[Ferrigno et al., 2002, Gatti et al., 2002, Gatti et al., 2000, Glauser et al., 2003, Hui et al., 2001, Payne et al., 2002, Payne et al., 2001, Payne et al., 2003]. Es ist bekannt, dass Belastungen, wie sie bei Patienten mit Bruxismus oder Zähneklappern entstehen können, die Einheilung noch nicht osseointegrierter Implantate verhindern können[Ganeles et al., 2001]. Buchs et al. fordern daher vom Patienten, während der Einheilzeit jegliche übermäßige Belastung zu vermeiden[Buchs et al., 2001]. Demnach wird ein Einschluss von Patienten mit Parafunktionen schon im Vorfeld nicht vorgesehen. Glauser et al. finden in ihrer Studie zur Sofortbelastung von Implantaten in verschiedenen Knochenqualitäten einen engen Zusammenhang zwischen Bruxismus und Implantatverlusten. 41% der Patienten mit nachgewiesenem Bruxismus verlieren ein oder mehrere Implantate[Glauser et al., 2001]. Auch bei Engstrand et al., die nach dem Brånemark Novum Protokoll, von Brånemark et al. wird eine Fehlerquote von 2% angegeben, behandelt haben, kommen zu vergleichbaren Ergebnissen[Engstrand et al., 2003]. Wolfinger et al. machen die Kombination aus niedriger Knochenqualität und Parafunktionen für den Verlust der Implantate verantwortlich[Wolfinger et al., 2003], Cooper et al. stellen dasselbe fest, hier kommt allerdings neben den genannten Faktoren, ein gehäufter Implantatverlust bei Patienten mit Allgemeinerkrankungen und unstabiler Okklusion hinzu[Cooper et al., 2002]. Um Überbelastungen während und nach der Einheilung zu vermeiden, schlagen Degidi et al. unter anderem das Tragen einer Aufbissschiene, mit deren Hilfe die Belastungen auf die Implantate verringert werden soll, vor[Degidi et al., 2003a]. Bei der Frage der Therapierbarkeit von Patienten mit Parafunktionen im Zuge der frühen Belastung der

Implantate sind die Ergebnisse der einzelnen Studien deckend und die Autoren sich soweit einig, dass Parafunktionen wie Bruxismus oder Aufeinanderpressen der Zähne eine übermäßige Belastung für die nicht vollständig eingehielten Implantate darstellt. Derzeit gilt demnach das Vorliegen von Parafunktionen immer noch als Kontraindikation für die frühe Belastung oraler Implantate.

#### **7.1.4 Bakterielle Infektionen**

Die Frage, ob das Vorhandensein von zuvor parodontal infizierten Alveolen als Implantatbett geeignet ist oder ein parodontales Herdgeschehen in der direkten Umgebung eines inserierten Implantates dessen Einheilung negativ beeinflussen kann, ist noch nicht eindeutig geklärt[Quirynen et al., 2002]. Ein möglicher negativer Einfluss wird aber von einigen Autoren vermutet[De Bruyn et al., 2002, Quirynen et al., 2002]. Eine Kontamination des Implantatbettes kann von der Tasche des frisch extrahierten Zahnes oder der Mundhöhle ausgehen[Quirynen et al., 2002].

Das Belassen von aussichtslosen Zähnen für die Einheilphase, um sie als temporäre Pfeiler einer Suprakonstruktion zu verwenden, kann Entzündungen aufrechterhalten[Jaffin et al., 2000]. Diese Entzündungen können wiederum zu vermehrten Implantatverlusten führen[van Steenberghe et al., 1990], weswegen davon abgeraten wird, solche Zähne zu belassen. Bei der Untersuchung der periimplantären Mikroflora stellt sich heraus, dass diese bei erfolgreich eingehielten Implantaten nur in geringen Mengen und Differenzierungsgraden vorhanden ist. Im Gegensatz dazu besteht in Taschen fehlgeschlagener Implantate eine sehr komplexe Mikroflora mit einem großen Anteil an Anaerobiern[Mombelli et al., 1987]. Es herrscht eine Korrelation zur Mikroflora natürlicher Zähne, deren Aufbau umso komplexer ist, desto hochgradiger die Entzündung des Parodontiums ist. Daraus lässt sich schließen, dass eine gute Mundhygiene zur Vermeidung einer komplexen Mikroflora als eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Einheilung der Implantate gelten sollte[Attard et al., 2004b, Mombelli et al., 1987, Sagara et al., 1993]. Dem widersprechen allerdings die Ergebnisse einiger Autoren, deren Meinung nach die Mundhygiene einen geringen Einfluss auf die erfolgreiche Einheilung der Implantate hat[Nkenke et al., 2003].

## 7.2 Die Materialien

### 7.2.1 Die Implantatlänge

Bei der Frage nach der optimalen Implantatlänge bestehen ebenfalls unterschiedliche Meinungen und Erfahrungen, so dass auch heute noch keine absolute Einigkeit besteht. Im Zuge der ersten Untersuchungen zur unmittelbaren und verzögerten Sofortbelastung wurde vermutet, dass die Implantatlänge gar nicht so entscheidend sei, es viel mehr um die Knochenqualität gehe [Olive et al., 1990, Schnitman et al., 1997]. Die Erfahrung, dass bei langen Implantaten im Vergleich zu kürzeren Implantaten keine oder weniger Fehler auftreten [Roos et al., 1997, van Steenberghe et al., 1990], hat diese Überlegung gestützt.

In weiteren Studien ist die Diskussion um die Länge der Implantate weiter in den Hintergrund gestellt worden, nachdem der Nutzen einer bikortikalen Verankerung erwiesen werden konnte, wobei auch hier die Implantate noch eine Länge von 10mm oder mehr aufweisen [Chiapasco et al., 1997]. Buser et al. favorisieren aufgrund ihrer Ergebnisse eine möglichst langes Implantat mit, wenn möglich, bikortikaler Verankerung, indem sie konstatieren, die Länge der Implantate hänge von dem vorherrschendem Knochenangebot der Empfängerregion ab [Buser et al., 2000]. Degidi et al. sprechen anhand ihrer Ergebnisse eine Empfehlung bezüglich der Längenverhältnisse zwischen der Suprakonstruktion und dem zugehörigen Schraubenanteil aus. Diese sieht vor, dass das Verhältnis im Unterkiefer nicht größer als 1,5 zu 1, im Oberkiefer von 1,4 zu 1 und bei Einzelzahnrestorationen nicht größer als 1 zu 1 sein soll [Degidi et al., 2003a].

In einer Multicenter-Studie von Testori et al. können die Autoren zeigen, dass auch bei kürzeren Implantaten, kürzer als 10mm, eine erfolgreiche Einheilung trotz Belastung möglich ist. Die Überlegung, ob eine modifizierte Implantatoberfläche die Stabilität von kürzeren Implantaten steigern könne, wird geäußert. Dies könne die Verwendung solcher kurzen Implantate steigern, womit neue Indikationen und Rehabilitationsmöglichkeiten in der oralen Implantologie geschaffen werden können [Testori et al., 2002, Testori et al., 2001].

Pierrisnard et al. kommen in ihrer Studie über verschiedene Implantatlängen zu dem Schluss, eine größere Länge steigert, aufgrund des geringeren Nutzens des Implantates in weichem, spongiösen Knochen, nur in geringem Maße die Verankerung. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass es durch die Biegung des Implantates unter Belastung sogar zu einer Erhöhung der Scherkräfte innerhalb des Knochens und entlang der Implantat-Knochengrenze kommt, welche den positiven Effekt der vergrößerten Verankerungsfläche übersteigt. Ein kurzes Implantat besitzt in gewissem Maße die Möglichkeit, sich rotieren und bewegen zu können, wodurch die Belastung auf den Knochen reduziert wird. Empfohlen wird daher die

Verwendung kurzer, aber wegen der wichtigen kortikalen Verankerung, breiter Implantate [Pierrisnard et al., 2003].

Wie an Hand dieser Studien gezeigt werden kann, gehen die Meinungen der Autoren bezüglich der optimalen Implantatlänge auseinander, es werden weitere Studien nötig sein. Ob allerdings eine definitive Aussage bezüglich der Implantatlänge getroffen werden kann ist fraglich, da die derzeitigen und auch weiterhin zu erwartenden Erfolgsquoten so hoch liegen. Es wird schwer sein, statistisch relevante Ergebnisse zu erhalten. Der Vorteil kurzer Implantate liegt in der Erweiterung des Indikationsraumes [Testori et al., 2001], dies kann allerdings in einigen Fällen durch die Anordnung der Implantate wie zum Beispiel nach dem All-on-Four Prinzip [Malo et al., 2003b] auch umgangen werden.

Die Auswertung unserer Studie ergibt, dass längere Implantate eine signifikant höhere Erfolgsquote aufweisen als kürzere, es handelt sich allerdings um maschinerte Implantate.

### **7.2.2 Die Implantatoberflächen**

Die Vergrößerung der Implantatoberfläche hat aufgrund der Beziehung zwischen Kraft, Fläche und Druck ( $P=F/A$ ) zur Folge, dass der am Knochen auftretende Druck, die Spannung zwischen Implantat und Knochen, reduziert wird. Dies kann durch die verschiedenen Möglichkeiten wie der Verblockung, der Änderung der Makro-, Mikrostruktur und des Durchmessers geschehen [Misch et al., 2003, Misch et al., 2004b].

Bei den, in dieser Studie verwendeten Implantaten handelt es sich um maschinerte MK III Implantate der Firma Nobel Biocare, obwohl von deren Seite keine Empfehlung diesbezüglich besteht. Es muss erwähnt werden, dass von der Firma Nobel Biocare erst im Jahr 2001 die TiUnite-Oberfläche eingeführt worden ist, zum Zeitpunkt der Implantatinsertion standen die entsprechenden Implantate noch nicht zur Verfügung.

In mehreren Studien kann gezeigt werden, dass die Fehlerquote für Implantate mit modifizierten Oberflächen im Vergleich zu maschinerten Titanoberflächen geringer ist, wohingegen die „Ausdrehmomente“ höhere Werte annehmen [Buser et al., 1998, De Bruyn et al., 2002, Glauser et al., 2003, Glauser et al., 2001]. Die erhöhten Ausdrehmomente belegen den festen Implantat-Knochenverbund. Buser et al. schließen aus ihren Ergebnissen, dass die Oberflächeneigenschaften den größten Einfluss auf die entstehenden Scherkräfte am Implantat-Knochen-Interface besitzen [Buser et al., 1998]. Jedoch zeigt sich in der Studie von O'Sullivan et al., dass die erreichten RFA-Werte für Typ vier Knochen die Werte für Typ zwei oder drei Knochen nicht erreichen. Die Ausschöpfung aller Möglichkeiten, die primäre Stabilität zu vergrößern und die Knocheneinheilung durch entsprechende

Implantatoberflächen zu beschleunigen, kann jedoch die mangelnde Stabilität, verursacht durch Typ vier Knochen, nicht kompensieren[Haider et al., 1993, Meyer et al., 2003, O'Sullivan et al., 2004, Steveling et al., 2001].

Im Zuge der Osseointegration sollen die Osteoblasten die Implantatoberfläche möglichst frühzeitig besiedeln und schnellstmöglich eine mineralisierte Matrix ausscheiden, wodurch es zur Ausbildung der Sekundärstabilität kommt[Fröhlich, 2004, Meyer et al., 2003]. Dies wird positiv durch eine vergrößerte Mikrostruktur beeinflusst[Haider et al., 1993].

Rocci et al. belegen in einer Vergleichsstudie zwischen sofortbelasteten maschinieren und Oberflächen-behandelten Bränemark TiUnite-Implantaten, dass die Erfolgsquote für die TiUnite-Implantate 10% höher liegt, als für die Referenzgruppe. Dies ist in sofern verwunderlich, dass in der experimentellen Gruppe mehr Patienten mit weichem Knochen und zusätzlich auch mehr Raucher vertreten sind. Beides, weicher Knochen und das Rauchen wurden als Grund für die hohen Fehlerquoten für die maschinieren Implantate gesehen[Rocci et al., 2003c]. In einer Vergleichsstudie von Piattelli et al. zwischen maschinieren und mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestrahlten schraubenförmigen Implantaten (Restore, Lifecore, Chaska, MN), ergibt sich eine erhöhte osseokonduktive Wirkung für die Oberflächen behandelten Implantate, mit einem statistisch signifikanten Unterschied bezüglich der Festigkeit des Implantat-Knochenverbundes. In mikroskopischen Untersuchungen der Implantate weisen die Autoren für die bestrahlten Implantate eine schnellere Knochenanlagerung direkt auf dem Implantat nach. Nach drei Wochen ist kein Spalt zwischen diesen und dem umliegenden neu gebildetem Knochen mehr zu erkennen. Im Gegensatz dazu besteht zwischen den maschinieren Implantaten und dem periimplantären Knochen zu diesem Zeitraum noch ein Spalt von 2 – 5 µm Breite. Nach einer weiteren Woche ist bei den Implantaten mit der modifizierten Oberfläche bereits ausgereifter Knochen vorzufinden, bei den maschinieren Implantaten sind nur geringe Teile der Implantatoberfläche in direktem Kontakt mit neu gebildetem Osteoid[Piattelli et al., 1998]. Ähnliche Ergebnisse beschreiben Rasmusson et al. in ihrer Studie. Nach iatrogen zugeführter Dehiszenz während der Implantation bei der Hälfte der Implantate, zeigt sich nach einer Einheilungszeit von vier Monaten eine erhöhte Knochenregeneration im Bereich dieser Dehiszenz für die Oberflächen behandelten Implantate im Vergleich zu den maschinieren Implantaten. Im Bezug auf die RFA-Werte ergeben sich niedrigere Werte für die maschinieren Implantate, jedoch ist die Differenz statistisch nicht signifikant, was allerdings an der geringen Implantatzahl liegen kann[Rasmusson et al., 2001].

Die Ergebnisse der genannten Studien werden von den vorliegenden Ergebnissen bestätigt. Die Erfolgsquote für frühzeitig belastete maschinieren Implantate ist vermindert. Die

Oberfläche hat einen sehr grossen Einfluss auf die Osseointegration, da sie die Prozesse, welche zur knöchernen Einheilung führen, anregen.

### **7.2.3 Die Kraftverteilung**

Eines der Ziele der submukösen Einheilung ist die lastfreie Einheilung der Implantate[Branemark et al., 1969]. Es hat sich jedoch schnell herausgestellt, dass eine provisorische Prothese in der frühen Einheilzeit übermäßigen Druck auf die Implantate ausüben kann, so dass diese anfangs nicht getragen werden darf[Jaffin et al., 2000, Schnitman et al., 1997]. Die Kontrolle dieser, auf die Implantate wirkenden Kräfte wird angestrebt, um zufriedenstellende und vorhersehbare Resultate zu erlangen[Tarnow et al., 1997]. Die Einführung der einzeitigen Methode verhindert das zusätzliche Auftreten von Rotationskräften beim Anbringen der Abutments, die nach Hui et al. die gefährlichsten Kräfte für den frischen Implantat-Knochenverbund sind[Hui et al., 2001]. Jedoch hat sich hierbei gezeigt, dass aufgrund der transgingivalen Einheilhülsen die Implantate nicht unbelastet sind[Romeo et al., 2002]. Ein Ziel der frühen Belastung der Implantate ist es, die Gefahr der Überbelastung der Implantate zu reduzieren und die Knochenumbaurate zu erhöhen[Misch et al., 2003]. Die Fixierung der Suprakonstruktion hat zur Folge, dass die entstehenden Kaukräfte auf den Implantat-Knochenverbund übertragen werden. Durch entsprechende Gestaltung der Suprakonstruktion, das Legen der Kontaktpunkte und der Verblockung der Implantate untereinander, kann die Belastung auf das einzelne Implantat verringert werden. Dies kommt somit einer Kontrolle der Belastung gleich, wodurch das Risiko für einen Implantatverlust durch eine Überbelastung minimiert wird[Ganeles et al., 2001, Misch et al., 2004b, Pierrisnard et al., 2002, Szmukler-Moncler et al., 2000].

Brånemark et al. belegen durch ihre retrospektive Studie, in der sie zahnlose Patienten entweder mit vier oder sechs Implantaten in einem oder beiden Kiefern versorgt haben, dass es statistisch keinen Unterschied im Erfolg der Implantate gibt. Zu beachten sei allerdings die Gefahr, dass es bei nur vier inserierten Implantaten bei einem Verlust zu einer weiteren operativen Intervention kommen müsse, um die benötigte Anzahl der Implantate, für eine ausreichende Stabilität der Suprakonstruktion, wieder zu erlangen[Branemark et al., 1995].

Unabhängig vom Implantatdesign, Durchmesser, Länge oder Knochenqualität wächst die Belastung für den Implantat-Knochenkontakt je weiter sie von der Achse des Implantates angreift, was eine relative Verschiebung des Implantates zum Knochen verursacht[Pierrisnard et al., 2002]. Aus dieser Erkenntnis heraus ist die Forderung nach möglichst axialen Kräften entstanden, was zur Eliminierung jeglicher Freiendsättel und daher

zur Belastung der Implantate nur entlang ihrer Achse führt[Misch et al., 2004b]. Eine gangbare Alternative, der Ästhetik wegen, ist die Möglichkeit, die Freundsättel zu belassen, sie allerdings aus der Okklusion zu schleifen[Nikellis et al., 2004]. Des Weiteren ist die Okklusion der Suprakonstruktion so einzustellen, dass nur eine flache okklusale Ebene mit den Kontakten über den Implantaten[Olsson et al., 2003], der so genannten gesicherten Okklusion, ohne jegliche Kontakte bei Latero- oder Mediotrusion, besteht[Hui et al., 2001]. Neben den bereits erwähnten Längenverhältnissen zwischen Schraubenanteil und Suprakonstruktion ist auch auf die Verkürzung der Zwischenglieder zu achten, wodurch die in der Prothese entstehenden Biegemomente verringert werden. Es entstehen dadurch geringere Scherkräfte und Biegemomente an der Implantat-Knochengrenze[Degidi et al., 2003a]. Ebenfalls kann die auf den Knochen wirkende Belastung durch eine nicht lineare Anordnung der Implantate reduziert werden[Misch et al., 2004b]. Die Hauptbelastung im Knochen liegt im Bereich der Implantatschulter, respektive im Bereich der ersten Windung. Beim Versenken des Implantates liegt dieser Bereich nicht im steifen kortikalen, sondern im weicheren spongiösen Knochen, weshalb auf ein Versenken des Implantatkopfes im Knochen, auch wenn dies aus ästhetischer Sicht nicht ideal ist, möglichst zu verzichten ist[Pierrisnard et al., 2003]. Eine gut fixierte Suprakonstruktion sorgt zusätzlich für die Reduktion der Belastung an den einzelnen Implantaten, da es durch das Lösen einzelner Befestigungselemente zu übermäßigen Belastungen auf den restlichen Implantaten kommen kann, wodurch ein Implantatverlust herbeigeführt werden kann[De Bruyn et al., 2001, Jaffin et al., 2004].

Brånemark hat schon 1988 für eine festsitzende prothetische Versorgung eine genaue Analyse der Lastverteilung gefordert[Branemark, 1988], um den langfristigen Erfolg für Implantat und Suprakonstruktion zu gewährleisten. Duyck et al. untersuchen die Belastungen der einzelnen Abutments als messbaren Referenzwert für die entsprechenden Implantate einer festsitzenden Unterkieferprothese. Die Gegenbezahnung variiert zwischen Oberkiefer-totalprothese und Zahn oder Implantat getragener Prothese. Ihre Untersuchungen ergeben, dass die maximale Belastung bei einer von fünf oder sechs Implantaten getragenen Suprakonstruktion in der unmittelbaren Nähe der auftretenden Kraft vom Implantat getragen wird. Beim Vergleich axial an einer Prothese angreifende Kräfte, getragen von drei oder vier Implantaten, ergibt sich ein nicht signifikanter Unterschied zwischen den Belastungsspitzen. Beim Vergleich von nichtaxialen auftretenden Kräften ergibt sich jedoch, im Bezug auf die entstehenden Biegemomente der Prothese, ein signifikanter Unterschied zwischen einer von drei oder vier Implantaten getragene Prothese. Der Unterschied zwischen von vier oder bis zu sechs Implantaten gestützter Prothese ist zu vernachlässigen. Es werden die auftretenden

Belastungen zu den Implantaten mit der besten Passung der Abutments bzw. zu den Implantaten mit der größten Knochendichte übertragen. Aufgrund der entstehenden Drehmomente bei der Belastung von Freiersätteln müssen die distalen Implantate Biegemomente, die mindestens doppelt so groß wie die angreifenden Kräfte sind, kompensieren. Hier sind die gemessenen Kräfte maximal. Ebenfalls zeigt sich, dass die Kräfte abhängig von der Gegenbeziehung sind. Bei einer herausnehmbaren Totalprothese liegen diese am höchsten, dies wird durch eine Rotation der Prothese in der anterior-posterior Richtung, aufgrund der unterschiedlichen Resilienzen der Oberkiefermukosa, hervorgerufen[Duyck et al., 2000].

Barbier et al. zeigen in einer Studie zu axialen und nichtaxialen Belastungen sofortbelasteter Implantate am Hund, dass die stärksten Umbauvorgänge im Knochengewebe innerhalb von einer Woche stattfinden, unabhängig vom Belastungstyp. Die zelluläre Antwort auf die nichtaxiale Belastung ist allerdings höher als bei der axialen Belastung. Die Umbauvorgänge in der Gruppe der nicht axial belasteten Implantate halten bis in die siebte Woche an. In der Vergleichsgruppe ist nach der ersten Woche kaum noch Umbauaktivität nachweisbar. Das Auftreten von Entzündungszellen im Bereich der nichtaxial belasteten Implantate lässt vermuten, dass diese Form der Belastung vermieden werden sollte[Barbier et al., 1997].

Trotz der Überlegung, die Suprakonstruktion in der frühen Einheilphase nicht herunterzunehmen, um keine übermäßigen Belastungen an den Implantaten in dieser Zeit zu verursachen[Morton et al., 2004, Tarnow et al., 1997, Wolfinger et al., 2003], birgt dies auch Vorteile. Die Festigkeit der Implantate kann auf diese Weise anhand der Periotest-[Schulte et al., 1993] oder RFA-Werte[Glauser et al., 2004] gemessen werden und eine gute Prognose für die Implantate abgegeben werden, sodass nötigenfalls weitere Maßnahmen zum Schutz des Implantates unternommen werden können[Gallucci et al., 2004, Olive et al., 1990]. So kann ein Implantat bei erkannter Nichtosseointegration entfernt, einzelne übermäßige okklusale Kontaktpunkte reduziert oder bei nicht spannungsfreiem Sitz der Suprakonstruktion dieser verbessert werden, um nur einige mögliche Maßnahmen zu nennen.

#### **7.2.4 Das Eindrehmoment**

Bezüglich des Eindrehmomentes bestehen, ähnlich wie bei der Implantatlänge, kontroverse Meinungen. Es werden sehr geringe bis übermäßig hohe Werte als nötiges Drehmoment favorisiert. Man kann die angegebenen Drehmomentwerte in drei Gruppen einteilen. Die Gruppe derer, die geringe Momente bis 25Ncm verwenden[Glauser et al., 2003, Glauser et al., 2001, Lorenzoni et al., 2003], mittlere Werte zwischen 25 und 40Ncm[Calandriello et al.,

2003, Cochran et al., 2002, Malo et al., 2003a, Nikellis et al., 2004, Nordin et al., 2004] und Werte ab 40Ncm[Calandriello et al., 2003, Horiuchi et al., 2000, Hui et al., 2001, Vanden Bogaerde et al., 2003].

Aus der Überlegung heraus, dass die primäre Stabilität, die mechanische Verankerung des Implantates vor der knöchernen Einheilung, dafür verantwortlich ist, dass das Implantat ungestört einheilen kann, wurden möglichst hohe Drehmomentwerte angestrebt[Horiuchi et al., 2000]. Die Frage nach noch höheren Drehmomenten, um die Indikationen für die Früh- oder Sofortbelastung ausweiten zu können, haben die Drehmomente zu sehr hohen Werten von maximal 72Ncm anwachsen lassen[Calandriello et al., 2003]. Dies wird mit modifizierten Bohrmethoden, in denen die Autoren im letzten Drittel nicht auf die volle Weite bohren[Glauser et al., 2001], oder Verwendung eines breiteren Implantates bei zu geringem Drehmoment[De Bruyn et al., 2002, Nikellis et al., 2004] umgesetzt.

Die Vermutung, erhöhte Drehmomente erhöhen die primäre Stabilität, gemessen zum Beispiel an Hand von RFA-Werten, kann jedoch nicht bestätigt werden[da Cunha et al., 2004]. In der Theorie führt die Erhöhung der Kompression des periimplantären Knochengewebes zu einer verstärkten primären Stabilität. Dies führt rein theoretisch zur Entwicklung von kreisförmigen Belastungszentren im Knochen, eine volumetrische Auswertung der Belastungen ist aber noch nicht durchgeführt worden[O'Sullivan et al., 2004]. In der Praxis führt die Erhöhung der Drehmomente, um eine Erhöhung der primären Stabilität zu erreichen, unter Umständen zu einer übermäßigen Belastung, resultierend in Mikrofrakturen im Implantatbett[Glauser et al., 2004]. Mit der Erhöhung der Drehmomente steigt ebenfalls die Gefahr der Entstehung von Drucknekrosen des Knochens. Beides ruft eine erhöhte Umbaurate des Knochens und somit Reduzierung der Stabilität des Implantates in der Einheilungszeit hervor[Misch et al., 2004a].

### **7.2.5 Die Suprakonstruktion**

Die Möglichkeiten zur Versorgung des zahnlosen Kiefers sind zum einen die Hybridprothese, zum anderen die rein Implantat getragene festsitzende Suprakonstruktion. Beim Vergleich dieser Therapiealternativen zeigt sich, dass die Hybridprothese, im Vergleich zu der festsitzenden Suprakonstruktion in der Literatur über kürzere Zeiträume nachuntersucht worden ist und die Erfolgsrate geringer ausfällt(85,4 bis zu 100% für die Hybridprothesen und 90,5 bis zu 100% für die festsitzenden Suprakonstruktionen)[Chiapasco, 2004].

Bei der Wahl der Versorgung sind vor allem die Anzahl der Implantate und die vorherrschenden Knochenverhältnisse von großer Bedeutung. Bei Insertion einer höheren

Anzahl von Implantaten, im Unterkiefer vier und mehr, im Oberkiefer sechs und mehr Implantate, ist bei guten Knochenverhältnissen eine rein Implantat getragene Konstruktion als Therapie der Wahl anzusehen. Ist dies aufgrund der knöchernen Situation nicht möglich, so muss Knochen mit Hilfe von augmentativen Verfahren aufgebaut werden. Letztlich entscheidet in aller Regel der Patient über die Anzahl der Implantate und die Art der Versorgung.

Bei der Versorgung des zahnlosen Kiefers mit Hilfe einer Hybridprothese gibt es zwei Alternativen. Zum einen ist es möglich die Implantate durch einen Steg miteinander zu verblocken [Degidi et al., 2003a, Gatti et al., 2002, Ledermann, 1996, Ledermann, 2003a, Ledermann, 2003b, Ledermann et al., 1998], hier wird der U-förmige Steg wegen der effektiven Möglichkeit, störende Bewegungen in der Einheilphase erfolgreich reduzieren zu können, empfohlen [Gatti et al., 2000]. Die zweite Möglichkeit besteht in der Abstützung der Prothese auf nicht verblockten Implantaten, allerdings sind hier zum Teil die größten Fehlerraten aufgetreten, dies jedoch mit der Verwendung maschinierter Implantate [Tawse-Smith et al., 2002]. Diese Ergebnisse spiegeln nicht den Erfolg von 100 Prozent, beschrieben von Payne et al. in einer Studie mit vergleichbarem Design zu der zuvor zitierten Studie, wider. Es sind zwei nicht verblockte ITI-Implantate, im Gegensatz zu Steri-Oss und Southern Implantaten, auch mit einer Einheilungszeit von sechs Wochen, verglichen worden [Payne et al., 2002]. Auch in einer vorherigen Studie von Payne et al., zu diesem Zeitpunkt mit vier nicht verblockten konischen Brånemark System Implantaten, nach einer Einheilungszeit von zwei Wochen, liegt der Erfolg bei 100% [Payne et al., 2001].

Bei der Wahl einer festsitzenden Suprakonstruktion wird die Verwendung einer verschraubten Restauration, wegen der verringerten Gefahr, der Verbund könne sich lockern, empfohlen. Bei Wunsch von Seiten des Patienten nach einer, aus ästhetischen Gründen vorteilhafteren, zementierten Restauration, sei auf die Verwendung von möglichst langen Abutments wegen erhöhter Haftwerte zu achten [Jaffin et al., 2004].

Bei der prothetischen Versorgung ist auf möglichst Metall verstärkte Konstruktionen Wert zu legen, um deren Bruchanfälligkeit zu verringern [Schnitman et al., 1997] und übermäßige Belastungen durch auftretende Biegemomente auf die einheilenden Implantate zu verhindern [Hruska et al., 2002, Jaffin et al., 2000]. Von der Möglichkeit, eine alte Prothese durch Umgestaltung als provisorische Prothese zu verwenden, wird abgeraten, da eine Metallverstärkung dieser Prothese im Nachhinein nicht möglich ist, wodurch ein erhöhtes Risiko in der frühen Einheilung für die Implantate besteht [Rodrigues et al., 2003]. Wird dieses Verfahren dennoch gewählt, so sollten die Halteelemente der Prothese nicht gleichzeitig, sondern nacheinander an die Prothese polymerisiert werden, um den passiven

Sitz der Prothese zu gewährleisten[Schnitman et al., 1997], andernfalls kann es durch die auftretende Polymerisationsschrumpfung zu Spannungen kommen, welche die Osseointegration der Implantate beeinträchtigen kann.

Ein neueres Verfahren ist die Verwendung von Karbonfasern bei der Herstellung der Prothese, wodurch die Metallverstärkung hinfällig wird und dennoch eine ausreichende Verstärkung gegeben ist. Allerdings wird auch bei diesem Verfahren eine Neuanfertigung der Prothese vorausgesetzt[Yildirim et al., 2004].

Laut Pontual et al. ist, für eine positive biologische Antwort, der passive Sitz der Prothese auf den Implantaten das wichtigste[Pontual et al., 2004], was verschiedene Autoren zu unterschiedlichen Vorgehensweisen angetrieben hat. Jaffin et al. lösen das Problem, bei einer nicht ganz sicher gestellten Parallelität der Implantate und somit gefährdetem passiven Sitz der Prothese in sofern, dass sie nötigenfalls die Prothese in zwei Teilen herstellen lassen. Nach Einsetzen der Prothesenteile werden diese nachträglich im Mund miteinander verkitten[Jaffin et al., 2004]. Yildirim et al lassen bei der Anfertigung der Prothese auf Spielpassung der Abutments achten, hierdurch ist der passive Sitz der Prothese garantiert[Yildirim et al., 2004].

## **7.3 Die Vorgehensweise**

### **7.3.1 Die Planung**

Die Einführung der frühen Belastung der Implantate in Form der unmittelbaren oder verzögerten Sofortbelastung hat an dem operativen Vorgehen prinzipiell nichts geändert. Es hat sich jedoch eine Menge an der Planung und dem prothetischen Vorgehen gewandelt, damit die Suprakonstruktion, zum Beispiel im Falle der Sofortbelastung, am Tag der Implantation fertig gestellt ist[Tames et al., 2004].

Ist eine analoge Übertragung der Modellplanung auf die klinische Situation des Patienten sichergestellt - hierzu werden Planungs- und Übertragungsschablonen hergestellt - so kann eine passgenaue Suprakonstruktion zum gewünschten Termin angefertigt werden[Yildirim et al., 2004]. Muss während des operativen Eingriffes von der geplanten Vorgehensweise Abstand genommen werden, so ist die prothetische Planung hinfällig und die bereits angefertigte Suprakonstruktion eventuell nicht zu verwenden. Um diese Fehlerquelle zu umgehen, wird von einigen Autoren die Registrierung der Implantate nach der Implantation befürwortet. Dies ermöglicht die Anpassung einer vorgefertigten Suprakonstruktion an die

aktuelle klinische Situation[Chow et al., 2001, Cooper et al., 2002, Kammeyer et al., 2002, Malo et al., 2003b].

Brånemark präsentierte 1999 mit dem Novum System ein Verfahren, mit dem, nach eigenen Aussagen, 90-95% der Patienten versorgt werden könnten. Dies geschieht auf der Grundlage von vorgefertigten Teilen und der Verwendung einer Bohrschablone. Um dieses Verfahren möglich zu machen, bedarf es häufig eines sehr hohen Knochenverlustes, um die benötigten Implantate einzusetzen. Es gelingt den Autoren, den zeitlichen Aufwand bis zum definitiven Einsetzen der Versorgung auf weniger als sieben Stunden zu reduzieren[Branemark et al., 1999].

Um die Behandlungszeit weiter reduzieren zu können wird an der Entwicklung zur Herstellung und Verwendung von Bohrschablonen gearbeitet. Es wird kein Mukoperiostlappen abpräpariert, was zum einen die Behandlung verkürzt, zum anderen die Einheilung der Weichgewebe extrem verkürzt und die postoperativen Beschwerden verringert[Rocci et al., 2003c, Yildirim et al., 2004]. Die individuell hergestellte Schablone mit verschiedenen Bohreinsetzten (drill-guide) erlaubt, auch bei schmalen Alveolarkämmen, die Behandlung ohne die Gefahr der Komplikationen wie Fenestrationen[van Steenberghe et al., 2002] und verringert die Bohrzeit erheblich, da die Bohreinsetzte Tiefe und Richtung vorgeben. Sind diese Bohrschablonen anfangs noch anhand von Modellen hergestellt worden[Rocci et al., 2003c], so besteht heute die Möglichkeit, diese durch präoperative CT-Bilder herstellen zu lassen.

Van Steenberg et al. haben ein System entwickelt, bei dem eine Schablone im Vorfeld über ein 3D-CT hergestellt wird. Mit Hilfe von radioopakem Guttapercha kann in einem zweiten CT-Bild die vorhandene Prothese sichtbar gemacht werden. Dies erlaubt dem Behandler mit einer neuen Software im Vorfeld die beste Position der Implantate zu finden und diese Position durch Anfertigung der Schablone, mit eingearbeiteten Bohrlöchern, auf den Kiefer zu übertragen. Das Einbeziehen der Suprakonstruktion in das CT ermöglicht ebenfalls deren genaue präoperative Planung und Gestaltung[van Steenberghe et al., 2004a, van Steenberghe et al., 2002, Yildirim et al., 2004]. Der große Vorteil im Gegensatz zum Brånemark Novum System besteht in der Verwendung individuell auf den Patienten zugeschnittenen Schablonen und Suprakonstruktionen[van Steenberghe et al., 2002]. Der Erfolg dieser Therapie liegt nach drei Jahren bei 100%. Bemerkenswert ist das Ergebnis in sofern, dass das Patientenkollektiv aus Rauchern und einigen Patienten mit sehr schmalen Alveolarkämmen besteht[van Steenberghe et al., 2004a]. Beides stellt große Risikofaktoren dar, wodurch, wie bereits erwähnt, solche Patienten häufig ausgeschlossen werden.

Bei der Planung einer implantologischen Versorgung des Patienten im Zuge einer unmittelbaren oder verzögerten Sofortbelastung ist, auch wenn aus ästhetischen Gründen zu favorisieren, auf ein Versenken der Implantatköpfe, aus Gründen der Kraftverteilung, zu verzichten[Pierrisnard et al., 2003]. Kurze Zeit nach Fixierung der Suprakonstruktion, ob definitiv oder provisorisch, empfiehlt es sich, eine erneute Okklusionskontrolle durchzuführen, um das Vorhandensein von übermäßigen oder nichtaxialen Belastungen auszuschließen[Aparicio et al., 2003]. In der Einheilphase sollte das Entfernen einer Implantat getragenen Restauration unterbleiben, um dadurch keine Überbelastung der Implantate zu riskieren[Horiuchi et al., 2000, Hruska et al., 2002, Morton et al., 2004, Nikellis et al., 2004].

Die Kontrolle der Implantatstabilität, anhand von zum Beispiel Periotestwerten, gibt einen guten Aufschluss über das weitere Vorgehen. Bei erhöhten Werten ist die frühzeitige Belastung der Implantate kontraindiziert. Bei einer bestehenden Belastung sollten die betroffenen Implantate aus der Belastung herausgenommen werden. Dieses Vorgehen erlaubt eine weitere Einheilung ohne Komplikationen[Gallucci et al., 2004, Glauser et al., 2004, Olive et al., 1990].

Allerdings birgt die frühe Belastung der Implantate immer noch ein erhöhtes Risiko für den Erfolg der Behandlung[Aparicio et al., 2003], das durch eine gute Planung nicht gänzlich auszuschließen ist. Hierzu braucht es in der frühen Phase der Einheilung die Mithilfe des Patienten, da die Implantate nicht zu sehr belastet werden dürfen[Buchs et al., 2001, Jaffin et al., 2004]. Um dies zu garantieren, sollte der Wunsch des Patienten nach einem schnellen sichtbaren Erfolg soweit es geht Folge geleistet werden[Henry et al., 2003, Thomason et al., 2003], um sich dessen Mitarbeit sicher sein zu können.

Ein Vergleich der konventionellen submukösen Einheilung mit der frühen Belastung der Implantate deckt eine eindeutige Zeitersparnis von mehreren Stunden auf. Der Vergleich, durchgeführt von Chee et al., wird nicht mit frühbelasteten Implantaten, sondern mit sofortbelasteten Implantaten durchgeführt[Chee et al., 2003]. Es entfallen ein großer Teil der nötigen Unterfütterungen der provisorischen Prothese, was zu Zeitersparnissen führt[Jaffin et al., 2000]. Zu demselben Ergebnis kommen auch Brånemark et al. und Engstrand et al. nach Betrachtung ihrer Ergebnisse bei der Behandlung nach dem Brånemark Novum Prinzip[Branemark et al., 1999, Engstrand et al., 2001].

Nach Cooper et al. sollten durch die verzögerte Sofortbelastung der Implantate das entstandene Blutkoagulum, die zelluläre Infiltration und die Epithelialisierung der periimplantären Weichgewebe nicht gestört werden. Aufgrund dieser Faktoren und dem Wissen der positiven Wirkung der mechanischen Belastung auf die knöcherne

Einheilung[Hruska et al., 2002], empfehlen die Autoren eine, für den Patienten akzeptable, initiale Einheilphase von ca. drei Wochen[Cooper et al., 2002].

### **7.3.2 Das operative Vorgehen**

Die Präparation des Implantatbettes ist so schonend wie möglich durchzuführen, da eine übermäßige Schädigung des Knochens zu einer bindegewebigen, und nicht wie angestrebt, einer knöchernen Einheilung führt[Misch et al., 2003]. Direkt nach der Implantatinsertion hat das Implantat direkten Kontakt zum vorhandenem kortikalen und trabekulären Knochen. Die frühen Reparaturmechanismen werden durch das hervorgerufene Operationstrauma induziert. Aufgrund der mangelnden Mineralisierung des neuen Knochens, ist der Implantat-Knochenkontakt im Zeitraum von drei bis fünf Wochen nach Implantation am schwächsten[Buchs et al., 2001, Misch et al., 2004a].

Das Risiko eines Implantatverlustes kann durch Reduktion des operativen Traumas und damit der Umbauvorgänge des Knochens in der frühen Einheilphase verringert werden[Misch et al., 2004a]. Dies kann durch verminderte Hitzeentwicklung während der Präparation und ein atraumatisches Vorgehen geschehen. Vor allem bei der frühen Belastung der Implantate ist dies wegen der Belastung vor dem Abschluss des Remodellings des Knochens von größter Bedeutung [Sharawy et al., 2002].

Zur Reduktion der Hitzeentwicklung empfiehlt es sich, die Präparation mit einer möglichst großen Geschwindigkeit durchzuführen, wodurch die zu präparierende Tiefe schnell erreicht ist. Dies verringert die Zeit, in der sich der Knochen erwärmen kann. Die ideale Geschwindigkeit, unabhängig vom Kiefer und Implantatsystem, liegt bei 2500 Umdrehungen pro Minute[Sharawy et al., 2002].

Zur Kühlung des Knochens wird eine interne und externe Kühlung angeboten, die jedoch keinen Unterschied in der Erwärmung des Knochens, abgesehen von tiefen Präparationen, bei denen die interne Kühlung von Vorteil sein könnte, bewirken[Haider et al., 1993, Sharawy et al., 2002]. Des Weiteren erlaubt das Wechseln der Bohrer zum einen die Entfernung der Bohrspäne, was die Reibung reduziert, zum anderen dem Kühlwasser den Zutritt in die Tiefe des Bohrloches[Eriksson et al., 1986].

Brånemark et al. führen ihre auftretenden Fehler auf erhöhte Hitzeentwicklung während der Präparation der Implantatbetten zurück. Um Zeit zu sparen, sind bei einigen Patienten einzelne Bohrer zur Erweiterung des Implantatbettes übersprungen worden, resultierend kommt es zur erhöhten Reibung und konsekutiv zu einer übermäßigen Erwärmung des Knochens[Branemark et al., 1999].

Die Entwicklung von Bohrschablonen hat zum einen die Präparation des Implantatbettes beschleunigt, was der Erwärmung des Knochens entgegenwirkt, zum anderen wird die Präparation aufgrund der Führung (drill-guide) genauer. Durch den Wechsel von Bohrern während der Präparation oder aufgrund des Wechsels der Position der Hand kommt es, ohne eine solche Führungshilfe, zu Abweichungen. Dies kommt durchschnittlich bei 30% der Präparationen vor[Haider et al., 1993]. Diese Abweichungen führen zur Bildung von Spalten zwischen Implantat und Knochen, welche eine erhöhte Beweglichkeit des Implantates im Knochen erlauben[O'Sullivan et al., 2004]. Die frühe übermäßige Beweglichkeit des Implantates führt aber zu einer nicht knöchernen Einheilung[Brunski, 1993, Johansson et al., 1987, O'Sullivan et al., 2004, Szmukler-Moncler et al., 1998], welche dann, bei Verlust des Implantates, als Operationsfehler bezeichnet werden[Jividen et al., 2000].

Der Nachteil der Bohrschablonen liegt im verringerten Zutritt des Kühlwassers, da die Schablone wie ein Schild über dem Kiefer liegt. Daher kann es zu einer verringerten Kühlung des Knochens kommen, hierauf ist bei der Präparation zu achten[Yildirim et al., 2004].

### **7.3.3 Der Behandler**

Trotz der Behauptung von Tames et al., das operative Vorgehen bei der frühen Belastung von Implantaten ändere sich nicht[Tames et al., 2004], beschreiben Degidi et al. und Tarnow et al. eine Lernphase des Behandlers, in der er trainieren müsse. Ohne dieses Training komme es zu höheren Fehlerquoten in der Behandlung[Degidi et al., 2003a, Tarnow et al., 1997].

Im Zuge dieser Studie sind alle Implantate von einem Behandler inseriert worden. Er hat nicht nur die Implantatinsertionen durchgeführt, sondern sich ebenfalls präoperativ mit der klinischen und röntgenologischen Situation vertraut gemacht. Mögliche Differenzen bezüglich der Ergebnisse, verursacht durch unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Behandlung, wie es zum Beispiel bei Multicenter-Studien der Fall sein kann, sind hiermit ausgeschlossen.

Es soll im weiteren darauf hingewiesen werden, dass es sich bei allen zitierten Studien, genau wie bei dieser Studie auch, um sehr erfahrene Kliniker handelt, die zum Teil jährlich mehrere Hundert Implantate inserieren. Fehler, verursacht durch Unwissenheit oder mangelnde Erfahrung, können daher weitestgehend ausgeschlossen werden.

## 8. Schlussfolgerung

Auch heute gilt noch die klassische zweizeitige Methode mit submuköser Einheilung der Implantate, der längsten Erfahrung und den zuverlässigsten Behandlungsergebnissen als Standardtherapie. Der immer größer werdende Wunsch nach schnelleren und simpleren Behandlungsmethoden hat die Implantologen rund um den Globus seit nun mehr als 30 Jahren angetrieben, die Einheilzeiten sowie das operative Vorgehen zu beschleunigen und somit für den Patienten angenehmer zu gestalten.

Die Akzeptanz von Seiten des Patienten, sich einer implantologischen Behandlung zu unterziehen, ist im Laufe dieser Zeit stark angewachsen und wird aufgrund der steigenden Erfahrung, der sehr hohen Erfolgsquoten und der extrem verkürzten Behandlungszeiten weiter steigen.

Der technische Fortschritt der letzten Jahre hat die frühzeitige Belastung der Implantate, bis hin zur sofortigen Belastung, in einigen Fällen zur Standardtherapie werden lassen[Testori et al., 2004].

Wie aus vielen Studien zu entnehmen ist, hat die Modifizierung der Implantatoberfläche mit der Einführung osseinduktiver Eigenschaften den größten Erfolg in der frühzeitigen Belastung der Implantate gebracht und stellt, neben dem Knochen, eines der wichtigsten Kriterien für die unmittelbare oder verzögerte Sofortbelastung dar.

Diesbezüglich überrascht die relativ hohe Erfolgsquote der frühbelasteten maschinieren MK III Brånemark Implantaten, die mit 80% nach fünf Jahren nicht den Ansprüchen von Albrektsson et al. entsprechen[Albrektsson et al., 1986], aber im Vergleich zu den Ergebnissen einiger hier genannter Studien mit Oberflächen behandelten Implantaten ein gutes Resultat darstellt.

Das MK III System ist ein häufig dokumentiertes Implantatsystem, die Versorgung des zahnlosen Unterkiefers mit frühzeitiger Belastung der Implantate stellt, aufgrund der meist ausgezeichneten Knochensituation interforaminär, keine komplizierte Behandlungsform dar. Umso mehr muss, wie in den zitierten Studien auch, die hohe Fehlerrate auf die Verwendung der maschinieren Implantate zurückgeführt werden. Die Firma Nobel Biocare hat für dieses Implantatsystem keine Empfehlung für eine frühzeitige Belastung ausgesprochen, jedoch ist zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie kein Oberflächen-verändertes System auf dem Markt erhältlich gewesen. Die Einführung der TiUnite-Oberfläche von Seiten der Firma Nobel Biocare erfolgte im Jahr 2001, zum Zeitpunkt der ersten jährlichen Kontrolle.

Neben der maschinieren Oberfläche kommen als weitere Fehlerquellen in Frage:

1. Die Belastung der Implantate ist innerhalb von drei Wochen postoperativ durchgeführt worden. Dies könnte zu einer Destabilisierung des entstandenen Blutkoagulums geführt haben, so dass die frühen reparativen Mechanismen der knöchernen Einheilung unterbrochen worden sind und es im Folgenden zu einer Zerstörung des frühen Implantat-Knochenverbundes gekommen ist.
2. Ein vermindertes Eindrehmoment kann bei den maschinieren Implantaten zu einer erhöhten Fehlerrate führen, da in der 20-30 Ncm-Gruppe alle Implantatverluste auftraten.
3. Die Freiendsättel der Suprakonstruktion sind komplett in die Okklusion mit integriert gewesen, dies kann zusätzlich zu erhöhten Belastungen für die distalen Implantate führen.
4. Die Gegenbezahnung aller Patienten ist eine Oberkiefertotalprothese. Bei Belastung der Prothese kommt es aufgrund der unterschiedlichen Resilienzen zu Rotationen der Totalprothese. Dies führt zu höheren Belastungen der posterioren Implantate, wodurch das Maß der tolerierten Bewegungen der Implantate möglicher Weise überschritten worden ist.

Neben diesen Fehlerquellen mögen auch weitere hinzugekommen sein, jedoch scheinen dies die wesentlichen Risikofaktoren bei der frühen Belastung zahnärztlicher Implantate zu sein. Es sollte jedoch, aufgrund der geringen Implantat- und auch Patientenzahlen, nicht zu sehr verallgemeinert werden, da neben den genannten Faktoren auch weitere Patienten bezogene Faktoren eine wesentliche Rolle spielen können, die hier nicht auffällig geworden sind. Die Durchführung weiterer Studien mit einem größeren Patientenkollektiv und der Eliminierung der einzelnen genannten Faktoren und dem direkten Vergleich zwischen maschinieren und nicht maschinieren Implantaten mag Aufschluss über die Wertigkeit der einzelnen Faktoren geben.

## 9. Zusammenfassung

Erste Berichte zahnärztlicher Implantate reichen bis an die Anfänge des 20. Jahrhunderts. Nachdem mit verschiedenen Materialien experimentiert und anfangs ein Parodontium vergleichbarer Verbund angestrebt worden ist, berichten 1969 Brånemark et al. von der erfolgreichen Osseointegration von Titanimplantaten. Sie empfehlen die lastfreie und, von der Keim besiedelten Mundhöhle abgedichtete, submuköse Einheilung der Implantate von drei bis vier Monaten im Unterkiefer und vier bis sechs Monaten im Oberkiefer.

Im Rahmen dieser Studie wurden zehn zahnlose Patienten mit fünf frühbelasteten Brånemark Implantaten im Unterkiefer versorgt. Die Implantate hatten eine Einheilzeit von bis zu 20 Tagen und wurden im Folgenden mit einer, rein Implantat getragenen, Suprakonstruktion versorgt.

Nach einem Beobachtungszeitraum von fünf Jahren stellt sich eine Implantaterfolgsrate von 80% ein. Die verloren gegangenen Implantate wurden explantiert und im Zuge der klassischen zweizeitigen Methode ersetzt. Der periimplantäre Knochenabbau lag nach dem ersten Jahr der Implantation bei unter 0,2mm jährlich.

Die Erfolgskriterien von Albrektsson et al. von 1986 sind aufgrund der zu hoch ausfallenden Implantatverlustrate nicht erreicht worden.

Die Faktoren, die die zahnärztliche Implantologie beeinflussen, können in drei grundsätzliche Kategorien unterteilt werden.

Faktoren, die durch die Gegebenheiten des Patienten vorgegeben sind. Hierzu gehören die Knochenqualität und -quantität, die allerdings nur mit großem Aufwand zu beeinflussen sind. Der Einfluss von Rauchen und allgemeinen Erkrankungen, welche jedoch nicht genau determiniert ist, das Vorhandensein von Parafunktionen, welche in der frühen Einheilphase der Implantate zu deren übermäßigen Belastung mit resultierendem Verlust führen können, und bakterielle Infektionen, welche durch eine bestehende komplexe Mikroflora im Bereich der Implantation ausgelöst werden.

Die Materialien, wie die Implantatlänge, bei der noch keine Einigkeit über einen Nutzen sehr langer Implantate besteht, nachdem längere Zeit eine bikortikale Verankerung mit langen Implantaten favorisiert worden ist, sprechen neuere Studien für kürzere Implantate. Einigkeit besteht bei der Frage der Implantatoberfläche, diese ist vorzugsweise mit Mikroporositäten, welche eine osteokunduktive Wirkung haben, zu wählen. Bei der Kraftverteilung auf die Implantate ist auf eine weitestgehend axiale Belastung zu achten. Diese ist durch eine gesicherte Okklusion, ohne Belastung auf Freiendsätteln oder bei Medio- oder Laterotrusionsbewegungen, zu erzielen. Über das anzustrebende Eindrehmoment bei der Implantation besteht ebenfalls Uneinigkeit auf Seiten der Autoren. Es besteht eine große

Varianz zwischen den Werten, hohe Werte versprechen eine erhöhte primäre Stabilität, jedoch besteht die Gefahr, Knochennekrosen und Mikrofrakturen zu verursachen. Die Wahl zwischen herausnehmbarer oder festsitzender Suprakonstruktion, verschraubt oder zementiert, wird von dem vorhandenen Knochenangebot, der Anzahl der Implantate und den Wünschen des Patienten bestimmt.

Die Planung der implantologischen Versorgung eines Patienten im Zuge der verzögerten Sofortbelastung geschieht grundsätzlich entsprechend der klassischen zweizeitigen Methode, jedoch ist hier auf eine kürzere Herstellungszeit der Suprakonstruktion zu achten. Neue Verfahren mit präoperativen CT-Bildern ermöglichen es dem Operateur und Techniker, die Versorgung so zu planen, dass die Suprakonstruktion ohne Bedenken im Vorfeld angefertigt werden kann. Das operative Vorgehen ist möglichst schonend zu gestalten, um eine schnelle und vorhersehbare Einheilung der Implantate nicht zu gefährden. Grundsätzlich ist das operative Vorgehen vergleichbar zum klassischen Vorgehen, jedoch stellt sie für den Kliniker eine Herausforderung dar, der eine gewisse Routine aufweisen sollte, um den Erfolg der Implantate nicht zu mindern.

Trotz der Verwendung maschinierter Implantate im Zuge der verzögerten Sofortbelastung wurde eine Erfolgsquote von 80% nach fünf Jahren erzielt. Da das Vorgehen keine übermäßig komplizierte Behandlungsform darstellt, muss wie in den meisten zitierten Studien auch, der Hauptfaktor für die Implantatverluste bei der Verwendung maschinierter Oberflächen gesucht werden. Als mögliche weitere Faktoren können die Belastung der Implantate innerhalb von drei Wochen nach Insertion, ein vermindertes Eindrehmoment, das Vorhandensein von belasteten Freundsätteln und eine mögliche Überbelastung der posterioren Implantate, ausgeübt durch die Oberkiefertotalprothese, herangezogen werden. Aufgrund der geringen Patientenzahlen, ist die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt, es wird auf die Durchführung weiterer Studien mit größeren Patientenkollektiven und der Ausschaltung der einzelnen Faktoren verwiesen.

## 10. Literatur

1. **Adell, R., U. Lekholm, B. Rockler, and P.I. Branemark,**  
A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral Surg, 10(6): p. 387-416. 1981.
2. **Albrektsson, T. and B. Albrektsson,**  
Osseointegration of bone implants. A review of an alternative mode of fixation. Acta Orthop Scand, 58(5): p. 567-77. 1987.
3. **Albrektsson, T., G. Zarb, P. Worthington, and A.R. Eriksson,**  
The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants, 1(1): p. 11-25. 1986.
4. **Andersen, E., H.R. Haanaes, and B.M. Knutsen,**  
Immediate loading of single-tooth ITI implants in the anterior maxilla: a prospective 5-year pilot study. Clin Oral Implants Res, 13(3): p. 281-7. 2002.
5. **Aparicio, C., B. Rangert, and L. Sennerby,**  
Immediate/early loading of dental implants: a report from the Sociedad Espanola de Implantes World Congress consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002. Clin Implant Dent Relat Res, 5(1): p. 57-60. 2003.
6. **Attard, N.J. and G.A. Zarb,**  
Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant overdentures: the Toronto study. Int J Prosthodont, 17(4): p. 425-33. 2004a.
7. **Attard, N.J. and G.A. Zarb,**  
Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: the Toronto study. Int J Prosthodont, 17(4): p. 417-24. 2004b.
8. **Barbier, L. and E. Schepers,**  
Adaptive bone remodeling around oral implants under axial and nonaxial loading conditions in the dog mandible. Int J Oral Maxillofac Implants, 12(2): p. 215-23. 1997.
9. **Barone, A., U. Covani, R. Cornelini, and E. Gherlone,**  
Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. Clin Oral Implants Res, 14(5): p. 610-5. 2003.
10. **Becker, W. and J. Wong,**  
Early functional loading in the fully edentulous mandible after mandibular resection and reconstruction due to an ameloblastoma: case report. Clin Implant Dent Relat Res, 5(1): p. 47-51. 2003.

11. **Becker, W.e.a.,**  
One-Step Surgical Placement of Branemark Implants: A Prospective Multicenter Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12(4): p. 454-62. 1997.
12. **Bischof, M., R. Nedir, S. Szmukler-Moncler, J.P. Bernard, and J. Samson,**  
Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res*, 15(5): p. 529-39. 2004.
13. **Bornstein, M.M., A. Lussi, B. Schmid, U.C. Belser, and D. Buser,**  
Early loading of nonsubmerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: 3-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 18(5): p. 659-66. 2003.
14. **Branemark, P.I.,**  
Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent*, 50(3): p. 399-410. 1983.
15. **Branemark, P.I.,**  
Tooth replacement by oral endoprostheses: clinical aspects. *Int J Oral Implantol*, 5(2): p. 27-9. 1988.
16. **Branemark, P.I., U. Breine, R. Adell, B.O. Hansson, J. Lindström, and A. Ohlsson,**  
Intraosseous anchorage of dental protheses. *Experimental Studies. Scand. J Plast Reconstr Surg*, 3: p. 81-100. 1969.
17. **Branemark, P.I., P. Engstrand, L.O. Ohrnell, K. Grondahl, P. Nilsson, K. Hagberg, C. Darle, and U. Lekholm,**  
Branemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 1(1): p. 2-16. 1999.
18. **Branemark, P.I., B. Svensson, and D. van Steenberghe,**  
Ten-year survival rates of fixed protheses on four or six implants ad modum Branemark in full edentulism. *Clin Oral Implants Res*, 6(4): p. 227-31. 1995.
19. **Brunski, J.B.,**  
Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. *Dent Implantol Update*, 4(10): p. 77-81. 1993.
20. **Buchs, A.U., L. Levine, and P. Moy,**  
Preliminary report of immediately loaded Altiva Natural Tooth Replacement dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(2): p. 97-106. 2001.

21. **Buser, D., R. Mericske-Stern, J.P. Bernard, A. Behneke, N. Behneke, H.P. Hirt, U.C. Belser, and N.P. Lang,**  
Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res*, 8(3): p. 161-72. 1997.
22. **Buser, D., T. Nydegger, H.P. Hirt, D.L. Cochran, and L.P. Nolte,**  
Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 13(5): p. 611-9. 1998.
23. **Buser, D., T. von Arx, C. ten Bruggenkate, and D. Weingart,**  
Basic surgical principles with ITI implants. *Clin Oral Implants Res*, 11 Suppl 1: p. 59-68. 2000.
24. **Calandriello, R. and M. Tomatis,**  
Immediate function of single implants using Branemark System: prospective one year report of final restorations. *Applied Osseointegration Research*, 4(Prosthetics & Esthetics): p. 32-40. 2004.
25. **Calandriello, R., M. Tomatis, and B. Rangert,**  
Immediate functional loading of Branemark System implants with enhanced initial stability: a prospective 1- to 2-year clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 10-20. 2003.
26. **Chee, W. and S. Jivraj,**  
Efficiency of immediately loaded mandibular full-arch implant restorations. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(1): p. 52-6. 2003.
27. **Chiapasco, M.,**  
Early and immediate restoration and loading of implants in completely edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19 Suppl: p. 76-91. 2004.
28. **Chiapasco, M., S. Abati, E. Romeo, and G. Vogel,**  
Implant-retained mandibular overdentures with Branemark System MKII implants: a prospective comparative study between delayed and immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 16(4): p. 537-46. 2001.
29. **Chiapasco, M. and C. Gatti,**  
Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading: a 3- to 8-year prospective study on 328 implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(1): p. 29-38. 2003.

30. **Chiapasco, M., C. Gatti, E. Rossi, W. Haefliger, and T.H. Markwalder,**  
Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study on 226 consecutive cases. *Clin Oral Implants Res*, 8(1): p. 48-57. 1997.
31. **Chow, J., E. Hui, J. Liu, D. Li, P. Wat, W. Li, Y.K. Yau, and H. Law,**  
The Hong Kong Bridge Protocol. Immediate loading of mandibular Branemark fixtures using a fixed provisional prosthesis: preliminary results. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(3): p. 166-74. 2001.
32. **Cochran, D.L., D. Buser, C.M. ten Bruggenkate, D. Weingart, T.M. Taylor, J.P. Bernard, F. Peters, and J.P. Simpson,**  
The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res*, 13(2): p. 144-53. 2002.
33. **Collaert, B. and H. De Bruyn,**  
Early loading of four or five Astra Tech fixtures with a fixed cross-arch restoration in the mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4(3): p. 133-5. 2002.
34. **Cooper, L.F., A. Rahman, J. Moriarty, N. Chaffee, and D. Sacco,**  
Immediate mandibular rehabilitation with endosseous implants: simultaneous extraction, implant placement, and loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 17(4): p. 517-25. 2002.
35. **da Cunha, H.A., C.E. Francischone, H.N. Filho, and R.C. de Oliveira,**  
A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(4): p. 578-85. 2004.
36. **De Bruyn, H. and B. Collaert,**  
The effect of smoking on early implant failure. *Clin Oral Implants Res*, 5(4): p. 260-4. 1994.
37. **De Bruyn, H. and B. Collaert,**  
Early loading of machined-surface Branemark implants in completely edentulous mandibles: healed bone versus fresh extraction sites. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4(3): p. 136-42. 2002.
38. **De Bruyn, H., J. Kisch, B. Collaert, U. Linden, K. Nilner, and L. Dvarsater,**  
Fixed mandibular restorations on three early-loaded regular platform Branemark implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(4): p. 176-84. 2001.

39. **de Gruyter, W.,**  
Pschyrembel - Klinisches Wörterbuch. 260. Auflage. 2004.
40. **Degidi, M. and A. Piattelli,**  
Immediate functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 60-month follow-up study of 646 titanium implants. J Periodontol, 74(2): p. 225-41. 2003a.
41. **Degidi, M. and A. Piattelli,**  
Immediately loaded bar-connected implants with an anodized surface inserted in the anterior mandible in a patient treated with diphosphonates for osteoporosis: a case report with a 12-month follow-up. Clin Implant Dent Relat Res, 5(4): p. 269-72. 2003b.
42. **Degidi, M., A. Scarano, G. Iezzi, and A. Piattelli,**  
Periimplant bone in immediately loaded titanium implants: histologic and histomorphometric evaluation in human. A report of two cases. Clin Implant Dent Relat Res, 5(3): p. 170-5. 2003c.
43. **Degidi, M., A. Scarano, G. Petrone, and A. Piattelli,**  
Histologic analysis of clinically retrieved immediately loaded titanium implants: a report of 11 cases. Clin Implant Dent Relat Res, 5(2): p. 89-93. 2003d.
44. **DGZMK,**  
Wissenschaftliche Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) zur Implantologie in der Zahnheilkunde. V 1.0. 1982.
45. **Drago, C.J. and R.J. Lazzara,**  
Immediate provisional restoration of Osseotite implants: a clinical report of 18-month results. Int J Oral Maxillofac Implants, 19(4): p. 534-41. 2004.
46. **Duyck, J., H. Van Oosterwyck, J. Vander Sloten, M. De Cooman, R. Puers, and I. Naert,**  
Magnitude and distribution of occlusal forces on oral implants supporting fixed prostheses: an in vivo study. Clin Oral Implants Res, 11(5): p. 465-75. 2000.
47. **Engstrand, P., K. Grondahl, L.O. Ohnell, P. Nilsson, U. Nannmark, and P.I. Branemark,**  
Prospective follow-up study of 95 patients with edentulous mandibles treated according to the Branemark Novum concept. Clin Implant Dent Relat Res, 5(1): p. 3-10. 2003.

48. **Engstrand, P., U. Nannmark, L. Martensson, I. Galeus, and P.I. Branemark,**  
Branemark Novum: prosthodontic and dental laboratory procedures for fabrication of a fixed prosthesis on the day of surgery. *Int J Prosthodont*, 14(4): p. 303-9. 2001.
49. **Ericsson, I., H. Nilson, T. Lindh, K. Nilner, and K. Randow,**  
Immediate functional loading of Branemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study. *Clin Oral Implants Res*, 11(1): p. 26-33. 2000.
50. **Ericsson, I., K. Randow, P.O. Glantz, J. Lindhe, and K. Nilner,**  
Clinical and radiographical features of submerged and nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Implants Res*, 5(3): p. 185-9. 1994.
51. **Ericsson, I., K. Randow, K. Nilner, and A. Petersson,**  
Some clinical and radiographical features of submerged and non-submerged titanium implants. A 5-year follow-up study. *Clin Oral Implants Res*, 8(5): p. 422-6. 1997.
52. **Eriksson, R.A. and R. Adell,**  
Temperatures during drilling for the placement of implants using the osseointegration technique. *J Oral Maxillofac Surg*, 44(1): p. 4-7. 1986.
53. **Ferrigno, N., M. Laureti, S. Fanali, and G. Grippaudo,**  
A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: Ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants. *Clin Oral Implants Res*, 13(3): p. 260-73. 2002.
54. **Fröhlich, M.,**  
Das "Sofort" in der Implantologie - der Trend hin zu sofortimplantation, Sofortversorgung und Sofortbelastung?! *Implantologie Journal*, 1: p. 28-36. 2004.
55. **Gallucci, G.O., J.P. Bernard, M. Bertosa, and U.C. Belser,**  
Immediate loading with fixed screw-retained provisional restorations in edentulous jaws: the pickup technique. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(4): p. 524-33. 2004.
56. **Ganeles, J., M.M. Rosenberg, R.L. Holt, and L.H. Reichman,**  
Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 16(3): p. 418-26. 2001.
57. **Gapski, R., H.L. Wang, P. Mascarenhas, and N.P. Lang,**  
Critical review of immediate implant loading. *Clin Oral Implants Res*, 14(5): p. 515-27. 2003.
58. **Gatti, C. and M. Chiapasco,**  
Immediate loading of Branemark implants: a 24-month follow-up of a comparative prospective pilot study between mandibular overdentures supported by Conical

- transmucosal and standard MK II implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4(4): p. 190-9. 2002.
59. **Gatti, C., W. Haefliger, and M. Chiapasco,**  
Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading: a prospective study of ITI implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 15(3): p. 383-8. 2000.
60. **Glauser, R., A.K. Lundgren, J. Gottlow, L. Sennerby, M. Portmann, P. Ruhstaller, and C.H. Hammerle,**  
Immediate occlusal loading of Branemark TiUnite implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 47-56. 2003.
61. **Glauser, R., A. Ree, A. Lundgren, J. Gottlow, C.H. Hammerle, and P. Scharer,**  
Immediate occlusal loading of Branemark implants applied in various jawbone regions: a prospective, 1-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(4): p. 204-13. 2001.
62. **Glauser, R., L. Sennerby, N. Meredith, A. Ree, A. Lundgren, J. Gottlow, and C.H. Hammerle,**  
Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res*, 15(4): p. 428-34. 2004.
63. **Haider, R., G. Watzek, and H. Plenk,**  
Effects of drill cooling and bone structure on IMZ implant fixation. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 8(1): p. 83-91. 1993.
64. **Heitz-Mayfield, L.J., B. Schmid, C. Weigel, S. Gerber, D.D. Bosshardt, J. Jonsson, and N.P. Lang,**  
Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*, 15(3): p. 259-68. 2004.
65. **Henry, P.J., D. van Steenberghe, U. Blomback, G. Polizzi, R. Rosenberg, J.P. Urgell, and I. Wendelhag,**  
Prospective multicenter study on immediate rehabilitation of edentulous lower jaws according to the Branemark Novum protocol. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(3): p. 137-42. 2003.
66. **Hodel, Y., Lambrecht, J.T.,**  
Spätergebnisse sofortbelasteter interforaminaler Implantate. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 112(6): p. 600-04. 2002.

67. **Horiuchi, K., H. Uchida, K. Yamamoto, and M. Sugimura,**  
Immediate loading of Branemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 15(6): p. 824-30. 2000.
68. **Hruska, A., P. Borelli, A.C. Bordanaro, E. Marzaduri, and K.L. Hruska,**  
Immediate loading implants: a clinical report of 1301 implants. *J Oral Implantol*, 28(4): p. 200-9. 2002.
69. **Hui, E., J. Chow, D. Li, J. Liu, P. Wat, and H. Law,**  
Immediate provisional for single-tooth implant replacement with Branemark system: preliminary report. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(2): p. 79-86. 2001.
70. **Jaffin, R.A., A. Kumar, and C.L. Berman,**  
Immediate loading of implants in partially and fully edentulous jaws: a series of 27 case reports. *J Periodontol*, 71(5): p. 833-8. 2000.
71. **Jaffin, R.A., A. Kumar, and C.L. Berman,**  
Immediate loading of dental implants in the completely edentulous maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(5): p. 721-30. 2004.
72. **Jividen, G., Jr. and C.E. Misch,**  
Reverse torque testing and early loading failures: help or hindrance? *J Oral Implantol*, 26(2): p. 82-90. 2000.
73. **Johansson, C. and T. Albrektsson,**  
Integration of screw implants in the rabbit: a 1-year follow-up of removal torque of titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2(2): p. 69-75. 1987.
74. **Kammeyer, G., P. Proussaefs, and J. Lozada,**  
Conversion of a complete denture to a provisional implant-supported, screw-retained fixed prosthesis for immediate loading of a completely edentulous arch. *J Prosthet Dent*, 87(5): p. 473-6. 2002.
75. Koeck, B. and W. Wagner, *Praxis der Zahnheilkunde Band 13 Implantologie 2. Auflage.* 2004. 2-6.
76. **Ledermann, P.D.,**  
Der Sofort-Implantat-Steg im zahnlosen Unterkiefer. Über 20jährige Erfahrungen. *Swiss Dent*, 17(4): p. 5-18. 1996.
77. **Ledermann, P.D.,**  
Zur Sofortbelastung von Immediatstegen auf Schraubenimplantaten unter spezieller Berücksichtigung des SPI-Konzeptes Teil I: Sofortbelastung und Sofortstegvarianten. *Dent Implantol*, 7: p. 8-15. 2003a.

78. **Ledermann, P.D.,**  
Zur Sofortbelastung von Immediatstegen auf Schraubenimplantaten unter spezieller Berücksichtigung des SPI-Konzeptes Teil II: Zur Frage der Osseointegration und der mikromechanischen präfabrizierten Elemente des Sofortsteges. *Dent Implantol*, 7: p. 100-108. 2003b.
79. **Ledermann, P.D., R.K. Schenk, and D. Buser,**  
Long-lasting osseointegration of immediately loaded, bar-connected TPS screws after 12 years of function: a histologic case report of a 95-year-old patient. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 18(6): p. 552-63. 1998.
80. **Lekholm, U. and G.A. Zarb,**  
Patient selection and preparation. In: Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. eds. *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence: p. 201-209. 1985.
81. **Lindquist, L.W., G.E. Carlsson, and T. Jemt,**  
A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res*, 7(4): p. 329-36. 1996.
82. **Lorenzoni, M., C. Pertl, K. Zhang, and W.A. Wegscheider,**  
In-patient comparison of immediately loaded and non-loaded implants within 6 months. *Clin Oral Implants Res*, 14(3): p. 273-9. 2003.
83. **Lozada, J.L., A.J. Ardah, K. Rungcharassaeng, J.Y. Kan, and A. Kleinman,**  
Immediate functional load of mandibular implant overdentures: a surgical and prosthodontic rationale of 2 implant modalities. *J Oral Implantol*, 30(5): p. 297-306. 2004.
84. **Malo, P., B. Friberg, G. Polizzi, F. Gualini, T. Vighagen, and B. Rangert,**  
Immediate and early function of Branemark System implants placed in the esthetic zone: a 1-year prospective clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 37-46. 2003a.
85. **Malo, P., B. Rangert, and M. Nobre,**  
"All-on-Four" immediate-function concept with Branemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 2-9. 2003b.
86. **Meyer, U., H.P. Wiesmann, T. Fillies, and U. Joos,**  
Early tissue reaction at the interface of immediately loaded dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 18(4): p. 489-99. 2003.

87. **Misch, C.E. and M. Degidi,**  
Five-year prospective study of immediate/early loading of fixed prostheses in completely edentulous jaws with a bone quality-based implant system. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(1): p. 17-28. 2003.
88. **Misch, C.E., H.L. Wang, C.M. Misch, M. Sharawy, J. Lemons, and K.W. Judy,**  
Rationale for the application of immediate load in implant dentistry: Part I. *Implant Dent*, 13(3): p. 207-17. 2004a.
89. **Misch, C.E., H.L. Wang, C.M. Misch, M. Sharawy, J. Lemons, and K.W. Judy,**  
Rationale for the application of immediate load in implant dentistry: part II. *Implant Dent*, 13(4): p. 310-21. 2004b.
90. **Mombelli, A., M.A. van Oosten, E. Schurch, Jr., and N.P. Land,**  
The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol*, 2(4): p. 145-51. 1987.
91. **Morton, D., R. Jaffin, and H.P. Weber,**  
Immediate restoration and loading of dental implants: clinical considerations and protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19 Suppl: p. 103-8. 2004.
92. **Nikellis, I., A. Levi, and C. Nicolopoulos,**  
Immediate loading of 190 endosseous dental implants: a prospective observational study of 40 patient treatments with up to 2-year data. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(1): p. 116-23. 2004.
93. **Nkenke, E., B. Lehner, K. Weinzierl, U. Thams, J. Neugebauer, H. Steveling, M. Radespiel-Troger, and F.W. Neukam,**  
Bone contact, growth, and density around immediately loaded implants in the mandible of mini pigs. *Clin Oral Implants Res*, 14(3): p. 312-21. 2003.
94. **Nordin, T., R. Nilsson, A. Frykholm, and M. Hallman,**  
A 3-arm study of early loading of rough-surfaced implants in the completely edentulous maxilla and in the edentulous posterior maxilla and mandible: results after 1 year of loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(6): p. 880-6. 2004.
95. **Olive, J. and C. Aparicio,**  
Periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 5(4): p. 390-400. 1990.
96. **Olsson, M., G. Urde, J.B. Andersen, and L. Sennerby,**  
Early loading of maxillary fixed cross-arch dental prostheses supported by six or eight oxidized titanium implants: results after 1 year of loading, case series. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 81-7. 2003.

97. **Örtorp, A. and T. Jemt,**  
Clinical experience of CNC-milled titanium frameworks supported by implants in the edentulous jaw: a 3-year interim report. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4(2): p. 104-9. 2002.
98. **O'Sullivan, D., L. Sennerby, D. Jagger, and N. Meredith,**  
A comparison of two methods of enhancing implant primary stability. *Clin Implant Dent Relat Res*, 6(1): p. 48-57. 2004.
99. **Payne, A.G., A. Tawse-Smith, W.D. Duncan, and R. Kumara,**  
Conventional and early loading of unsplinted ITI implants supporting mandibular overdentures. *Clin Oral Implants Res*, 13(6): p. 603-9. 2002.
100. **Payne, A.G., A. Tawse-Smith, R. Kumara, and W.M. Thomson,**  
One-year prospective evaluation of the early loading of unsplinted conical Branemark fixtures with mandibular overdentures immediately following surgery. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(1): p. 9-19. 2001.
101. **Payne, A.G., A. Tawse-Smith, W.M. Thompson, and R. Kumara,**  
Early functional loading of unsplinted roughened surface implants with mandibular overdentures 2 weeks after surgery. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(3): p. 143-53. 2003.
102. **Petersson, A., B. Rangert, K. Randow, and I. Ericsson,**  
Marginal bone resorption at different treatment concepts using Branemark dental implants in anterior mandibles. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(3): p. 142-7. 2001.
103. **Piattelli, A., L. Manzon, A. Scarano, M. Paolantonio, and M. Piattelli,**  
Histologic and histomorphometric analysis of the bone response to machined and sandblasted titanium implants: an experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 13(6): p. 805-10. 1998.
104. **Pierrisnard, L., G. Hure, M. Barquins, and D. Chappard,**  
Two dental implants designed for immediate loading: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 17(3): p. 353-62. 2002.
105. **Pierrisnard, L., F. Renouard, P. Renault, and M. Barquins,**  
Influence of implant length and bicortical anchorage on implant stress distribution. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(4): p. 254-62. 2003.
106. **Pontual, M.A., J.N. Freire, D.C. Souza, C.F. Ferreira, M.A. Bianchini, and R.S. Magini,**  
A newly designed template device for use with the insertion of immediately loaded implants. *J Oral Implantol*, 30(5): p. 325-9. 2004.

107. **Quirynen, M., M. De Soete, and D. van Steenberghe,**  
Infectious risks for oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*, 13(1): p. 1-19. 2002.
108. **Raghoebar, G.M., B. Friberg, I. Grunert, J.A. Hobkirk, G. Tepper, and I. Wendelhag,**  
3-year prospective multicenter study on one-stage implant surgery and early loading in the edentulous mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5(1): p. 39-46. 2003.
109. **Randow, K., I. Ericsson, K. Nilner, A. Petersson, and P.O. Glantz,**  
Immediate functional loading of Branemark dental implants. An 18-month clinical follow-up study. *Clin Oral Implants Res*, 10(1): p. 8-15. 1999.
110. **Rasmusson, L., K.E. Kahnberg, and A. Tan,**  
Effects of implant design and surface on bone regeneration and implant stability: an experimental study in the dog mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(1): p. 2-8. 2001.
111. **Rocci, A., M. Martignoni, P.M. Burgos, J. Gottlow, and L. Sennerby,**  
Histology of retrieved immediately and early loaded oxidized implants: light microscopic observations after 5 to 9 months of loading in the posterior mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 88-98. 2003a.
112. **Rocci, A., M. Martignoni, and J. Gottlow,**  
Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 29-36. 2003b.
113. **Rocci, A., M. Martignoni, and J. Gottlow,**  
Immediate loading of Branemark System TiUnite and machined-surface implants in the posterior mandible: a randomized open-ended clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 57-63. 2003c.
114. **Rodrigues, A.H., S.M. Morgano, M.M. Guimaraes, and R. Ankly,**  
Laboratory-processed acrylic resin provisional restoration with cast metal substructure for immediately loaded implants. *J Prosthet Dent*, 90(6): p. 600-4. 2003.
115. **Romeo, E., M. Chiapasco, A. Lanza, P. Casentini, M. Ghisolfi, M. Iorio, and G. Vogel,**  
Implant-retained mandibular overdentures with ITI implants. *Clin Oral Implants Res*, 13(5): p. 495-501. 2002.

116. **Roos, J., L. Sennerby, U. Lekholm, T. Jemt, K. Gröndahl, and T. Albrektsson,**  
A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: a 5-year retrospective analysis of the branemark implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12: p. 504-514. 1997.
117. **Rungcharassaeng, K. and J.Y. Kan,**  
Immediately loaded mandibular implant bar overdenture: a surgical and prosthodontic rationale. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 20(1): p. 71-9. 2000.
118. **Rungcharassaeng, K., J.L. Lozada, J.Y. Kan, J.S. Kim, W.V. Campagni, and C.A. Munoz,**  
Peri-implant tissue response of immediately loaded, threaded, HA-coated implants: 1-year results. *J Prosthet Dent*, 87(2): p. 173-81. 2002.
119. **Sagara, M., Y. Akagawa, H. Nikai, and H. Tsuru,**  
The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in beagle dogs: a pilot study. *J Prosthet Dent*, 69(3): p. 281-8. 1993.
120. **Schnitman, P.A., P.S. Wohrle, and J.E. Rubenstein,**  
Immediate fixed interim prostheses supported by two-stage threaded implants: methodology and results. *J Oral Implantol*, 16(2): p. 96-105. 1990.
121. **Schnitman, P.A., P.S. Wohrle, J.E. Rubenstein, J.D. DaSilva, and N.H. Wang,**  
Ten-year results for Branemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12(4): p. 495-503. 1997.
122. Schroeder, A., F. Sulter, D. Buser, and G. Krekeler, *Orale Implantologie. Allgemeine Grundlagen und ITI-System. 2. Auflage.* 1994.
123. **Schulte, W. and D. Lukas,**  
Periotest to monitor osseointegration and to check the occlusion in oral implantology. *J Oral Implantol*, 19(1): p. 23-32. 1993.
124. **Sennerby, L.,**  
Early tissue response to titanium implants inserted in rabbit cortical bone. Part I: Light microscopic observations. *Journal of materials science: Materials in medicine*, 4: p. 240-250. 1993.
125. **Sharawy, M., C.E. Misch, N. Weller, and S. Tehemar,**  
Heat generation during implant drilling: the significance of motor speed. *J Oral Maxillofac Surg*, 60(10): p. 1160-9. 2002.
126. **Stevelling, H., J. Roos, and L. Rasmusson,**  
Maxillary implants loaded at 3 months after insertion: results with Astra Tech implants after up to 5 years. *Clin Implant Dent Relat Res*, 3(3): p. 120-4. 2001.

127. **Stricker, A., R. Gutwald, R. Schmelzeisen, and N.G. Gellrich,**  
 Immediate loading of 2 interforaminal dental implants supporting an overdenture: clinical and radiographic results after 24 months. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(6): p. 868-72. 2004.
128. **Szmukler-Moncler, S., A. Piattelli, G.A. Favero, and J.H. Dubruille,**  
 Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. *Clin Oral Implants Res*, 11(1): p. 12-25. 2000.
129. **Szmukler-Moncler, S., H. Salama, Y. Reingewirtz, and J.H. Dubruille,**  
 Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature. *J Biomed Mater Res*, 43(2): p. 192-203. 1998.
130. **Tames, R., E. McGlumphy, T. El-Gendy, and R. Wilson,**  
 The OSU frame: a novel approach to fabricating immediate load fixed-detachable prostheses. *J Oral Maxillofac Surg*, 62(9 Suppl 2): p. 17-21. 2004.
131. **Tarnow, D.P., S. Emtiaz, and A. Classi,**  
 Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12(3): p. 319-24. 1997.
132. **Tawse-Smith, A., A.G. Payne, R. Kumara, and W.M. Thomson,**  
 Early loading of unsplinted implants supporting mandibular overdentures using a one-stage operative procedure with two different implant systems: a 2-year report. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4(1): p. 33-42. 2002.
133. **Testori, T., M. Del Fabbro, S. Feldman, G. Vincenzi, D. Sullivan, R. Rossi, Jr., E. Anitua, F. Bianchi, L. Francetti, and R.L. Weinstein,**  
 A multicenter prospective evaluation of 2-months loaded Osseotite implants placed in the posterior jaws: 3-year follow-up results. *Clin Oral Implants Res*, 13(2): p. 154-61. 2002.
134. **Testori, T., M. Del Fabbro, S. Szmukler-Moncler, L. Francetti, and R.L. Weinstein,**  
 Immediate occlusal loading of Osseotite implants in the completely edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 18(4): p. 544-51. 2003.
135. **Testori, T., A. Meltzer, M. Del Fabbro, F. Zuffetti, M. Troiano, L. Francetti, and R.L. Weinstein,**  
 Immediate occlusal loading of Osseotite implants in the lower edentulous jaw. A multicenter prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 15(3): p. 278-84. 2004.

136. **Testori, T., L. Wiseman, S. Woolfe, and S.S. Porter,**  
A prospective multicenter clinical study of the Osseotite implant: four-year interim report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 16(2): p. 193-200. 2001.
137. **Thomason, J.M., J.P. Lund, A. Chehade, and J.S. Feine,**  
Patient satisfaction with mandibular implant overdentures and conventional dentures 6 months after delivery. *Int J Prosthodont*, 16(5): p. 467-73. 2003.
138. **van Steenberghe, D., I. Ericsson, J. Van Cleynenbreugel, F. Schutyser, I. Brajnovic, and M. Andersson,**  
High precision planning for oral implants based on 3-D CT scanning. A new surgical Technique for immediate and delayed loading. *Applied Osseointegration Research*, 4(Prosthetics & Esthetics): p. 27-31. 2004a.
139. **van Steenberghe, D., U. Lekholm, C. Bolender, T. Folmer, P. Henry, I. Herrmann, K. Higuchi, W. Laney, U. Linden, and P. Astrand,**  
Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 5(3): p. 272-81. 1990.
140. **van Steenberghe, D., L. Molly, R. Jacobs, B. Vandekerckhove, M. Quirynen, and I. Naert,**  
The immediate rehabilitation by means of a ready-made final fixed prosthesis in the edentulous mandible: a 1-year follow-up study on 50 consecutive patients. *Clin Oral Implants Res*, 15(3): p. 360-5. 2004b.
141. **van Steenberghe, D., I. Naert, M. Andersson, I. Brajnovic, J. Van Cleynenbreugel, and P. Suetens,**  
A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 17(5): p. 663-70. 2002.
142. **Vanden Bogaerde, L., G. Pedretti, P. Dellacasa, M. Mozzati, and B. Rangert,**  
Early function of splinted implants in maxillas and posterior mandibles using Branemark system machined-surface implants: an 18-month prospective clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5 Suppl 1: p. 21-8. 2003.
143. **Weibrich G, A.-N.B.,**  
Erfolgsaussichten implantologischer Maßnahmen. *Zahnärztl Mitteil*, 91: p. 36-43. 2001.

144. **Wolfinger, G.J., T.J. Balshi, and B. Rangert,**  
Immediate functional loading of Branemark system implants in edentulous  
mandibles: clinical report of the results of developmental and simplified protocols. Int  
J Oral Maxillofac Implants, 18(2): p. 250-7. 2003.
145. **Yildirim, M., J. Liebe, A. Charrat, and H. Spiekermann,**  
Sofortversorgung des zahnlosen Kiefers: „Teeth in an Hour“. Implantologie, 12(4): p.  
341-358. 2004.

## **11. Anhang**

### **11.1 Danksagung**

Die vorliegende Dissertation entstand in der zahnärztlichen Prothetik des Universitäts-Klinikums der RWTH Aachen.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Murat Yildirim, danke ich für die interessante wissenschaftliche Themenstellung sowie für die stetige Förderung. Er hat mich in jeder Hinsicht unterstützt und mir einen Einblick in wichtige wissenschaftlich-analytische Methoden ermöglicht.

Besonders herzlich möchte ich Herrn A. Charrat danken, der mir jederzeit hilfreich zur Seite stand. Er beantwortete meine Fragen stets mit viel Geduld und half mir bei der Überwindung zahlreicher fachlicher Probleme. In sehr netten und kollegialen Gesprächen gab er mir wertvolle Anregungen für diese Dissertation.

Ich möchte mich auch bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der zahnärztlichen Prothetik bedanken. Ich wurde in der Abteilung sehr nett aufgenommen und fühlte ich mich dort aufgrund der Hilfsbereitschaft und der guten Atmosphäre sehr wohl. Mein besonderer Dank gilt Frau Nelissen, die es mir stets ermöglicht hat, meine Nachuntersuchungen in der Abteilung der zahnärztlichen Prothetik durchzuführen.

Nicht zuletzt gilt mein Dank im besonderen Maße meiner Familie. So danke ich meinen Eltern für die stetige Unterstützung, mit der sie nicht nur die vorliegende Arbeit, sondern mein gesamtes Studium gefördert haben. Insbesondere möchte ich meinem Vater für das Interesse danken, mit dem er die Entstehung dieser Dissertation verfolgt hat und meiner Mutter für den beruhigenden Einfluss auf meinen Vater.

Abschließend möchte ich noch Katrin Spitzl und Thomas Klossok danken, die sich auch die Mühe gemacht haben, diese Arbeit zu lesen, positive Kritik zu äußern und so zum Gelingen der Arbeit einen wesentlichen Beitrag geleistet haben.

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Vor- und Zuname: Christopher Querling  
Geburtsdatum: 12. März 1979  
Geburtsort: Düsseldorf  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Konfession: römisch-katholisch  
Eltern: Dr. med. dent. Hans Querling  
Heidy Querling, geb. Bühlmann  
Geschwister: Claudia Querling

### Schulbildung:

07/1985 – 06/1989 Katholische Grundschule St. Paulus, Düsseldorf  
07/1989 – 07/1995 St. Ursula Gymnasium, Düsseldorf  
07/1995 – 02/1996 Auslandsaufenthalt in St. Louis, USA  
02/1996 – 06/1998 Städt. Görres-Gymnasium, Düsseldorf

### Wehrdienst:

07/1998 – 04/1999 Sanitätsabteilung der Stabsschule für Personal in integrierter  
Verwendung, Köln

### Hochschulbildung:

04/1999 – 08/2001 Studium der Zahnmedizin an der Albert-Ludwigs-  
Universität Freiburg  
09/2001 – 04/2002 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
04/2002 – 04/2005 Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,  
Staatsexamen  
12/2004 Approbation als Zahnarzt durch die Bezirksregierung Köln

### Beruflicher Werdegang:

Seit 06/2005 Vorbereitungsassistent in der Zahnarztpraxis Dr. Thomas Kühn,  
Düsseldorf