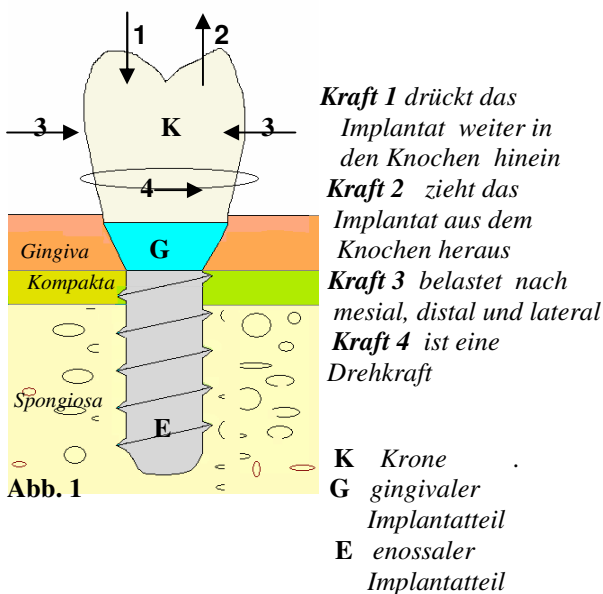


Entwicklung der Stabilität bei Dental-Implantaten von der Insertion bis zur Osseointegration.

Heutzutage gilt es in der Implantologie als ganz vordringlich eine hohe Primärstabilität zu erzielen.

Schraubenimplantate scheinen hierbei den Vorteil zu haben, dass sie sich durch ihr Gewinde sofort im Knochen „festsetzen“.

Mit dieser sogenannten Primärstabilität soll die Immobilität des Implantates in horizontaler und vertikaler Richtung erreicht werden. Darüber hinaus muß eine Drehbarkeit (Abb.1 Kraft 4) verhindert werden.



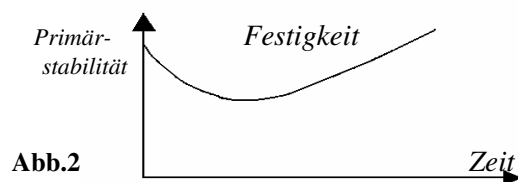
Die Immobilität ist zweifelsfrei die Voraussetzung dafür, dass es zur Osseointegration, also zum festen Verbund von Knochen und Implantat kommen kann.

Was aber ist Primärstabilität und was heißt „fest“ ? Welche quantitativen Aussagen gibt es zur Stabilität.?

Die RF-Analyse ist eine anerkannte Methode zur quantitativen Dokumentation der Stabilität eines einzelnen Implantates in lateraler Richtung (Abb.1 Kraft 3).

Bei RFA-Untersuchungen an der Charité Berlin (A.Rabel, Schmidt-Westhausen et al.) wurden Meßwerte bei der Insertion und nach dem Ausbetten ermittelt. Über die Stabilität in der Zwischenzeit macht die Studie allerdings keine Aussage.

Nach S. Raghavendra et al. (1) treten aber die meisten Implantatausfälle in der kritischen frühen Einheilphase zwischen der zweiten und vierten Woche auf. Hier ergibt sich eine „Stabilitätslücke“ durch ein Nachlassen der Primärstabilität einerseits und dem Anstieg der durch den Einheilungsprozess beginnenden „Sekundärstabilität“.



Messungen der Stabilität des Einzel-Implantates während der Einheilzeit sind nur bei offener Einheilung möglich. In einem derartigen Fall muß bei rotationssymmetrischen Schrauben-Implantaten eine Verblockung mehrerer Zähne bzw. Implantate erfolgen. Dadurch ist eine relevante Messung des Einzel-Implantates nicht mehr möglich.

Bezüglich der Ausdrehmomente (Abb. 1 Kraft 4) ist eine Messung während der Einheilphase im Tierversuch möglich.

Nach S.J.Ferguson et al. (2) sind die Ausdrehmomente der untersuchten Schraubenimplantate nach 8 Wochen geringer als nach zwei Wochen. Daraus folgt, dass die sogenannte „Remodelling-Phase“ noch nicht abgeschlossen ist, und die Osseointegration erst danach erfolgen wird.

Die Geschwindigkeit der Osseointegration selbst, wird nach Aussagen vieler Hersteller durch eine besondere Oberflächenstruktur des Implantates beeinflusst. Dabei bleibt es jedoch unumstritten, dass der Beginn der Osseointegration erst stattfinden kann, wenn die „Remodelling-Phase“ beendet ist.

Bezüglich der Gesamtdauer der Insertion bis zur prothetischen Versorgung haben die bekannten Maßnahmen zur Verkürzung der Osseointegrationsphase bisher keine gravierenden Fortschritte erzielt.

Wünschenswert wäre es also, diese beiden Phasen auf ein Minimum zu reduzieren, um damit auch die Zeit der provisorischen Versorgung zu verkürzen, um letztlich Hart- und Weichgewebe zu schonen.

Wieso kommt es zur Remodelling-Phase ?

Es liegt nahe, dass ein schraubenförmiges Implantat bezüglich der Kräfte 1 bis 3 (Abb. 1) eine zuverlässige Primärstabilität bewirkt.

Bezüglich der Kraft 4 (Abb. 1) kann die Schraubenform als solche aber keinerlei Garantie für eine Drehstabilität gewähren.

Für diese Drehstabilität ist die Haftreibung zwischen Knochen und Implantat entscheidend.

Nach dem *Reibungsgesetz* (4) gilt

$$F_H = \mu_H \cdot F_N$$

ist die Haftreibung F_H ein direktes Produkt aus Reibungskoeffizienten μ_H und Normalkraft F_N .

Maßnahmen zur Vergrößerung der Implantatoberfläche haben für die Haftreibung, gemäß der oben genannten Formel, keine Relevanz.

Der Reibungskoeffizient wird bestimmt durch die Oberflächenbeschaffenheit des Implantates und des angrenzenden Knochen. Dabei spielen die jeweiligen Oberflächenenergien die entscheidende Rolle. Während bei der Titanoberfläche keine Veränderung der Oberflächenenergie zu erwarten ist – sieht man von evtl. Abhebungen von Ti-Nano-Partikeln beim Eindrehen ab – ergeben sich am angrenzenden Knochen im Laufe der Zeit deutliche Veränderungen.

Man bedenke hierbei, dass zum Zeitpunkt der Insertion oder der „Remodelling-Phase“ noch keine Osseointegration stattgefunden hat.

Die einzige Möglichkeit zur Erhöhung der Haftreibung zum Zeitpunkt der Insertion besteht darin, ein entsprechend hohes Eindrehmoment zu wählen.

In der Folge kommt es zur sogenannten Knochenverdichtung. Das Implantat wird dann bezüglich der Kräfte 1 bis 4 (Abb. 1) primär stabil.

Was passiert bei der Knochenverdichtung ?

Hierbei werden Zellen in hohem Maße zerstört, da das Kompressionsmodul des Knochens überschritten werden muß, um diese Verdichtung zu erreichen.

Die Reaktion des Knochens leitet die „Remodelling-Phase“ ein, in der zerstörte Zellen abgebaut werden, um danach möglichst neue Strukturen aufzubauen, was bekanntermaßen nicht immer gelingt.

Das primäre erreichte Ziel einer hohen Stabilität mittels Knochenquetschung, führt nun zwangs-

läufig zum genauen Gegenteil, nämlich einer Lockerung, die als sogenannten „Stabilitätslücke“ bezeichnet wird.

In dieser Zeit ist mit verstärkten Mikrobewegungen zu rechnen.

Um diese Gefahr zu verringern, wird von den meisten Herstellern die gedeckte Einheilung empfohlen, oder es wird eine Stabilisierung der prothetischen Sofortversorgung durch Verblockung mit Nachbarimplantaten angestrebt.

Welche Möglichkeiten bestehen um die Dauer der „Remodelling-Phase“ auf ein Minimum zu verkürzen ?

Erstaunlicherweise bietet uns die Natur die Lösung an. Bei natürlichen Zahnwurzeln findet sich kein Gewinde und sie sind nicht rotationssymmetrisch. Somit gibt es in der Natur die Probleme mit der Haftreibung und der Knochenquetschung nicht.

Doch wie lässt sich eine Kavität für ein wurzelförmiges Implantat mit normalen zylindrischen Bohrern herstellen ?

Derartige nicht rotationssymmetrische Formen lassen sich in zwei getrennten Arbeitsschritten erzeugen :

1. Normale Bohrung bis zum gewünschten Durchmesser.
2. Kippbohrung mit an der Spitze nicht schneidendem Bohrer bis zu gewünschten Stelle.

Ein nach diesen Vorgaben gefertigtes Implantat ist folglich überwiegend konisch und hat daher eine hohe Kongruenz zum umliegenden Knochen.

Beim Einbringen des Implantates in die Kavität und nachfolgendem leichten Schlag erfolgt nur eine Kompression im physiologischen Bereich, da das Kompressionsmodul des Knochens (Kompakta) von ca. 20 GPa nicht überschritten wird (ca. 20 GPa = 20.000 N/mm²).

Ein derartiges Implantat könnte nur mit sehr hoher Kraft (Abb. 1 Kraft 2) wieder entfernt werden.

Da durch diese Vorgehensweise praktisch keine Knochenstrukturen zerstört werden, verkürzt sich die „Remodelling-Phase“ ganz erheblich und es tritt keine „Stabilitätslücke“ auf. Durch die offene Einheilung ist mittels RF-Analyse eine permanente Kontrolle der Stabilität möglich.

Eine Fallstudie von *G. Stein* (3) zeigt, dass derartige Implantate schon sehr früh prothetisch versorgt werden können.

Bei dem über 60-jährigen männlichen Patienten, Raucher, wurde 3 Wochen nach Exzision des abgebrochenen Zahnes 46 (wurzelbehandelt vor 47 Jahren mit zweimaliger Wurzelspitzenresektion mesial) implantiert (Abb. 3).

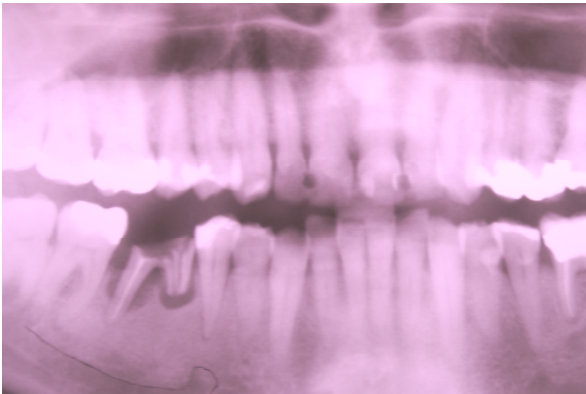


Abb. 3



Abb. 4

Nach Aufklappung und stufenweiser, zylindrischer Bohrung in beide Alveolen bis 4 mm Ø und der Bohrer- Kippung um 1,5 mm mit 3,5 mm Bohrer (nicht schneidende, stumpfe Spitze) wurden zwei 13 mm lange Implantate inseriert.

Die ovalen, nicht drehbaren und somit bereits primär rotationsstabilen Implantate wurden mit aufgesetztem Gingivaformer in die vorbereiteten Kavitäten eingeführt, per Finger eingedrückt und Mit leichten Hammerschlag befestigt. Anschließend wurde die Gingiva mit dünnem atraumatischen Faden adaptiert (Abb. 4).



Abb. 5 Die prothetische Versorgung mittels Zirkonkronen erfolgte 4 Wochen nach Implantation.

Die Resonanzfrequenzanalyse (Abb. 6) ergab direkt nach der Insertion und dem Vernähen für beide Implantate einen Wert von +1. Die RFA-Werte zwischen -8 und +9 entsprechen dem Lockerungsgrad 0 (Abb. 6).

Die folgenden Messungen nach 1, 2 und 3 Wochen ergaben ebenfalls einen Lockerungsgrad 0, sowie einen hellen Klopfeschall, der auf eine hohe Stabilität schließen lässt. Die RFA - Werte waren mit 0,9 und 1,7 nach 3 Wochen nahezu unverändert .

Vier Wochen nach der Implantat-Insertion wurde die fertige Krone eingesetzt (Abb. 5). Vor dem Einsetzen waren die RFA -Werte für Zahn 46 distal 0,0 und mesial -2,6 und somit deutlich über der Primärstabilität bei der Insertion.

Diese Studie zeigt, dass bei den verwendeten, primär rotationsstabilen Implantaten offenbar kein Nachlassen der Primärstabilität festzustellen ist. Vielmehr erhöht sich die Stabilität gegenüber der Primärstabilität seit der Insertion. Eine Kaubelastung war sofort nach Zementierung der Krone möglich. Ein halbes Jahr nach Insertion der Implantate wurde ein RFA-Wert von -1,9 gemessen .

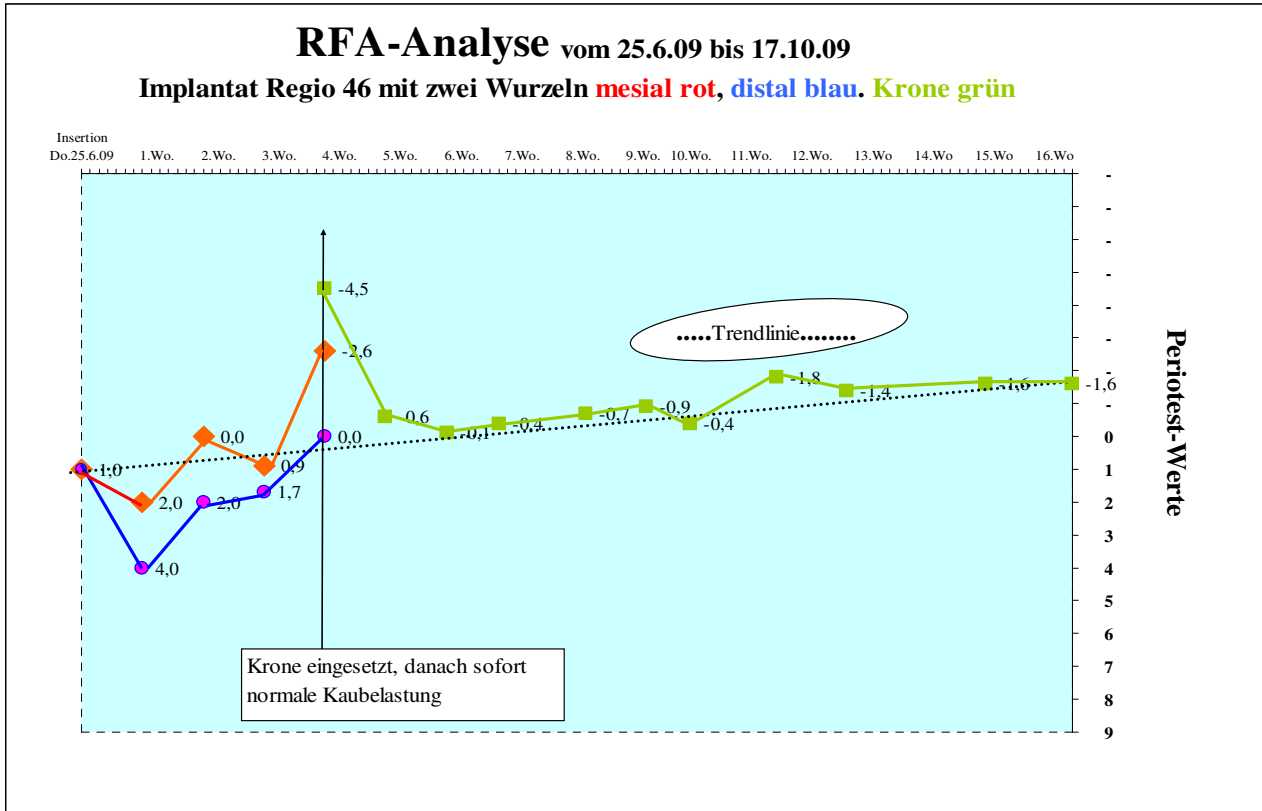
Die verkürzte Einheilzeit bringt für den Patienten und den gesamten Behandlungsablauf erhebliche Vorteile. Implantationen generell können sich somit durch Einzelzahnimplantate bewerkstelligen lassen, was sich auf die gesamte Planung einer zahnärztlichen Versorgung auswirken muß.

Literaturangaben :

- (1) S. Raghavedra, M. C. Wood, T. D. Taylor. *Early wound healing adjacent to endosseous dental implants: A review of the literature.* *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2005 ;ay-June ; 20(3) :425-31
- (2) S. J. Ferguson, N. Brogini, M. Wieland, M. de Wild, F. Rupp, J. Geis-Gerstorfer, D. L. Cochran, D. Buser, *J. Biomed. Mater. Res. A.* August 2006; 78 (2): 291-297
- (3) G. Stein, Aug.. 2009, *Frühimplantation mit primär rotationsstabilem Implantat*
- (4) *Reibungsgesetz*
Physik 2, Bayerischer Schulbuchverlag,
Autoren: R. Feuerlein, H. Näpfel, H. Schäfflein

Fotos: Jürgen Grösel

Grafik zur RF-Analyse G. Stein



Zusammenfassung :

Im vorliegenden Artikel wird die Entwicklung der Einheilung von Schrauben-Implantaten, unter dem Gesichtspunkt der Primärstabilität und der „Remodelling-Phase“ erörtert.

- Für den Erfolg einer Implantation stellt die Steigerung der Primärstabilität durch ein Schraubengewinde keine erkennbare Voraussetzung dar.
- Die durch ein Schraubengewinde bedingte Steigerung der Primärstabilität führt u.a. zu einer längeren „Remodelling-Phase“ und schiebt somit den Zeitpunkt der Osseointegration hinaus.
- Durch Konizität, primärer Rotationsstabilität und dem Knochen angepasster wurzelähnlicher Form eines Implantates wird eine deutlich frühere Osseointegration erreicht.

Verfasser:



Böhm-van Diggelen, Bernd

Zahnarzt, Dr.med.dent.,
 Studium Erlangen. Implantologisch tätig in eigener
 Zahnarztpraxis in Gaimersheim und Bozen.
 info@dr-boehm.de