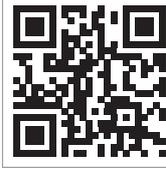


2

CME-Punkte

Der folgende CME-Artikel setzt sich mit Kurzimplantaten und ihrer Wirkung auf den Knochenschwund nach Implantationen auseinander. Unverblockte Varianten haben sich hierbei in Studien als erfolgreich herausgestellt. Ferner steht der Knochenschwund um das Kieferknochenniveau eines Implantates aus technischer Sicht in engem Zusammenhang mit dem Implantatdesign sowie den Verbindungen innerhalb des Implantates.

Prof. Dr. Marincola  
[Infos zum Autor]



## Die Bedeutung des Kieferknochenerhalts beim Einsatz von Kurzimplantaten

Prof. Dr. Mauro Marincola, Paulo Coelho, DDS, PHD, Vincent J. Morgan, DMD, Prof. Andrea Cicconetti

Es ist allgemeiner Konsens, dass die Erhaltung des Knochens rund um Zahnimplantate einer der wichtigsten Voraussetzungen für den langfristigen Behandlungserfolg darstellt und dass fortschreitender Knochenschwund die Langlebigkeit von Zahnimplantaten unter Aufbissbelastung verringert (Kitamura 2005, Horowitz 2008). Obwohl das Erreichen der Osseointegration nach der Implantation für den Behandlungserfolg überaus wichtig ist, bedeutet es nicht automatisch, dass diese Knochen-Biomaterial-Kontaktfläche das gesamte Leben des Patienten überdauert, da eine Reihe an Faktoren die

Kinetik des mineralisierten Gewebes beeinflussen und bedingen (King 2002, Tawil 2006). Von speziellem Interesse ist der Abbau des Kieferknochens innerhalb des ersten Jahres nach Einsetzen des Implantates, da dieser Abbau die biomechanische Verankerung der Prothese beeinträchtigt und so möglicherweise die angedachte Behandlung gefährdet (Leonard 2009), insbesondere wenn es sich um Kurzimplantate handelt. Bei diesen Implantaten mit nur 5 bis 6 mm Länge kann der von Cochran und Albreksson dokumentierte Knochenverlust an Kieferkammhöhe nach fünf Jahren schon zu ihrem Verlust führen.

### Ursachen für Kieferknochenschwund

Folgende Faktoren können unter anderem den Abbau des Kieferknochens verursachen:

- übermäßige okklusale Kräfte
- Trauma während der Chirurgie
- Entzündung, Infektion
- Implantat exponiert während der Weichgewebeheilung
- Mikrospace zwischen Implantat und Abutment, der zu bakterieller Infiltration und Mikrobewegungen führen kann
- zu frühe Belastung des Implantates



Abb. 1



Abb. 2

**Abb. 1:** Fachgerechte Behandlungsplanung bei Ersatz der fehlenden Zähne durch Einzelkronen auf Kurzimplantaten. Beachten Sie den Erhalt des Knochens über den intraossären Bicon SHORT Implants. – **Abb. 2:** Mangelnde Voraussetzung für eine fachgerechte Behandlungsplanung. Schlechte Platzierung der Implantate mit nachweislichem Abbau des Kieferknochens.

- Makrodesign des Implantats, insbesondere an der Höhe des Kieferkammes (krestales Modul)

Viele der oben genannten Ursachen können durch eine geeignete Behandlungsplanung und ein entsprechendes Patientenmanagement vermieden werden, andere dagegen können mithilfe von technischen Kriterien beurteilt und gegebenenfalls umgangen werden. Dabei ist zu beachten, dass in den meisten Fällen nicht nur ein einzelner Faktor den Abbau des mineralisierten Gewebes um Zahnimplantate herbeiführt, sondern eine Kombination verschiedener Ursachen diesem zugrunde liegen kann.

Fest steht, dass der behandelnde Arzt nicht alle Variablen, die den Knochenschwund um das Implantat beeinflussen, insbesondere im ersten Jahr nach der Insertion des Implantates, vollständig zu kontrollieren vermag, da biologische (patientenbedingte), humanteknische (arztseitige) und technische (Design und Verbindung des Implantates) Einflüsse zur Geltung kommen und einem Knochenschwund zuträglich sein können.

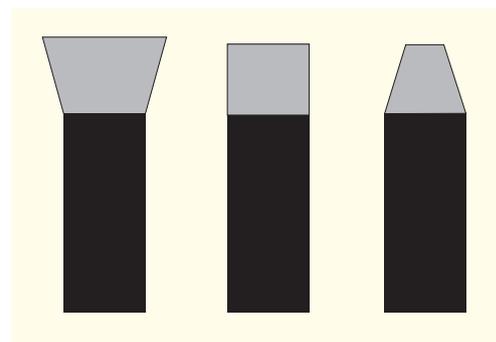
Unter den Faktoren, die der Behandler durchaus beeinflussen kann, kommt der fachgerechten Behandlungsplanung zur Festlegung der richtigen Anzahl und Positionierung der Implantate eine große Bedeutung zu. Sobald Anzahl und Positionierung der Implantate feststeht, kann die fachgerechte Sanierung und Anpassung des Aufbisses erfolgen; dabei wird gleichzeitig, zu einem großen Teil, der humanteknische Einfluss zugunsten eines Kieferknochenschwunds reduziert (Abb. 1 und 2).

Ein weiterer steuerbarer Faktor ist der technische Aspekt des Implantatsystems. Dabei müssen das krestale Modul

und die Verbindungen zwischen Implantat und Abutment berücksichtigt werden (Tada 2003). Obwohl es Belege dafür gibt, dass beide Designaspekte eine jeweils signifikante Rolle beim Knochenschwund um Implantate spielen, ist dieses Phänomen aufgrund seines multifaktoriellen Charakters bisher in Studien noch nicht ausreichend quantifiziert betrachtet und nachgewiesen worden. Die in den vorliegenden Artikeln beschriebenen Theorien stellen einen Zusammenhang zwischen dem Knochenschwund auf der einen Seite und dem Design des krestalen Moduls sowie den Implantat-Abutment-Verbindungen auf der anderen Seite fest. Diese Theorien stimmen qualitativ mit den Erkenntnissen zu verschiedenen Implantatdesigns im klinischen Alltag überein.

#### Biomechanik der krestalen Module

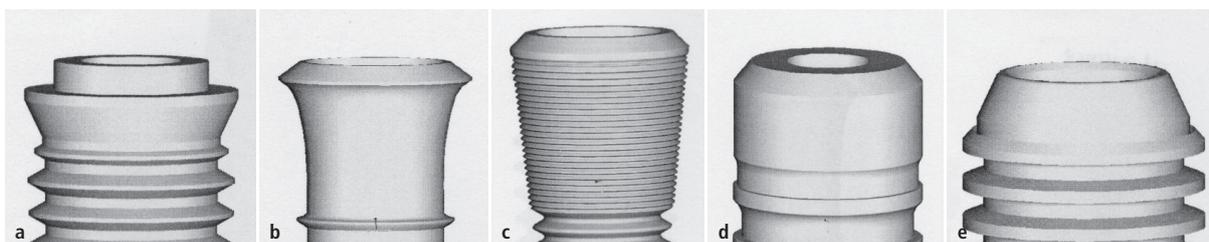
Es gibt derzeit drei handelsübliche Basismodelle, um die Geometrie eines Implantathalses (krestale Module/engl.: Crest Module) zu beschreiben (Bozkaya 2004), wie in Abbildung 3 erkennbar ist. Die handelsüblichen Implantatsysteme und die entsprechenden krestalen Module sind schematisch in Abbildung 4 dargestellt. Im vorliegenden Artikel werden die krestalen Module, deren Seiten sich koronal hin aufweiten, „vasenförmig“ genannt, die, deren Seiten parallel verlaufen, „zylindrisch“, und die, deren Seiten sich koronal hin verengen, „raketenförmig“. Die qualitative statistisch-mathematische Analyse für diese drei Systeme wurde in den späten 1980er-Jahren durchgeführt und wird in mehreren Handbüchern zur Implantationszahnmedizin erwähnt (Bidez 1992). Die bevorzugte Herangehensweise an diese Problematik wird über mecha-



**Abb. 3:** Die drei verschiedenen Designs im Implantathalsbereich von links nach rechts: „vasenförmig“, „zylindrisch“ und „raketenförmig“.

nische und mathematische Formeln mithilfe eines Computerprogramms (Finite-Elemente-Methode) bestimmt. Das qualitative Verständnis der Rolle der krestalen Module kann jedoch leicht durch folgende einfache Argumente zur Sanierung von Einzelzahnimplantaten erreicht werden:

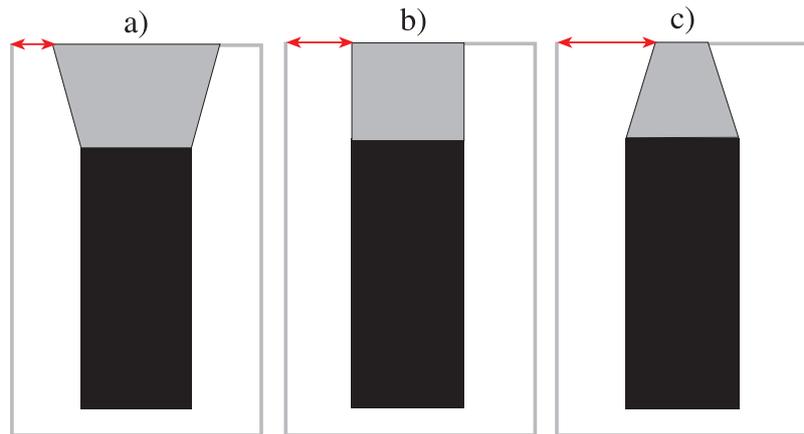
1. Die Kräfte, denen ein Implantat in seiner Funktion ausgesetzt ist, sind aufgrund der Schrägflächen, die eine Krone ausmachen, in ihrer Natur komplex. Die Schrägflächen machen diese Kräfte zu Schrägkräften und damit zu vertikalen und horizontalen Kraftkomponenten. Die vertikalen und horizontalen Kraftkomponenten verursachen in den meisten Fällen Moment-Effekte (Kraft mal Entfernung), die die auf das Implantat wirkende Last deutlich verstärken. Sofern die Last nicht vertikal und perfekt auf die Längsachse des Implantats ausgerichtet ist, existiert immer eine horizontale Kraftkomponente, die auf das Implantat einwirkt (Petries 2002).
2. Bei Betrachtung der schematischen Darstellung der vasenförmigen, zylindrischen und raketenförmigen Formen des krestalen Moduls in Abbildung 5a–c fällt zuerst auf, dass die Breite des Knochenbereichs bei



**Abb. 4a–e:** Handelsübliche Implantate mit verschiedenen krestalen Modulen.

allen Implantattypen dieselbe ist und dass sich die Implantate in vollem Umfang innerhalb dieses Bereiches befinden. Das bedeutet, dass das krestale Modul aller drei Typen komplett in den Knochen versenkt wurde. Ebenso ist zu beobachten, dass die Durchmesser der Implantate dieselben sind, so als wären sie für die Sanierung ein und desselben Bereiches gedacht.

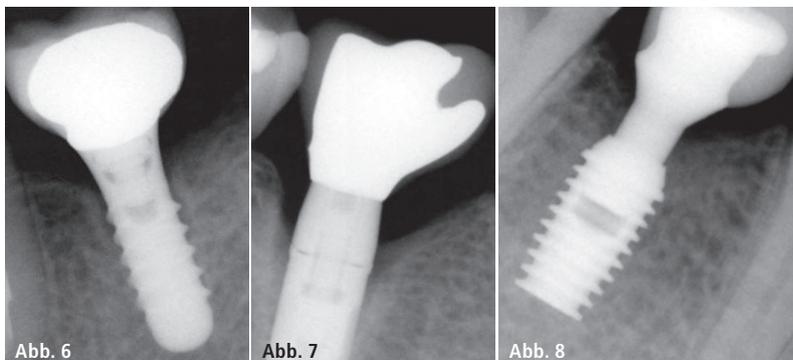
Es lässt sich hierbei erkennen, dass der horizontale Knochenanteil rund um den Halsbereich an Kieferkammhöhe (rote Pfeile) bei den vasenförmigen Implantaten geringer ist als bei den anderen beiden Formen. Damit ist beim vasenförmigen Implantat ein geringerer Knochenanteil für die Kraftverteilung vorhanden. Somit ist es bei dieser Form wahrscheinlicher als bei den anderen beiden, dass der Knochen um dieses krestale Modul aufgrund der prothetischen Aufbissfunktion überlastet und abgebaut wird (Lemons 2004). Dieser Zustand tritt klinisch in Form von messerscharfen Rillen an den Stellen betont hervor, an denen eine geringere Menge Knochen um das krestale Modul des Implantats vorhanden ist. Die Theorie stimmt qualitativ mit den klinischen Befunden überein, bei denen vasenförmige Implantate nach einiger Zeit einen langsamen, aber fortschreitenden Knochenschwund und raketenförmige (biomechanisch günstigere) Implantate im Lauf der Zeit keinen oder nur geringen Knochenschwund aufweisen (Venuleo 2008) (Abb. 6–8). Trotz des höheren Knochenanteils



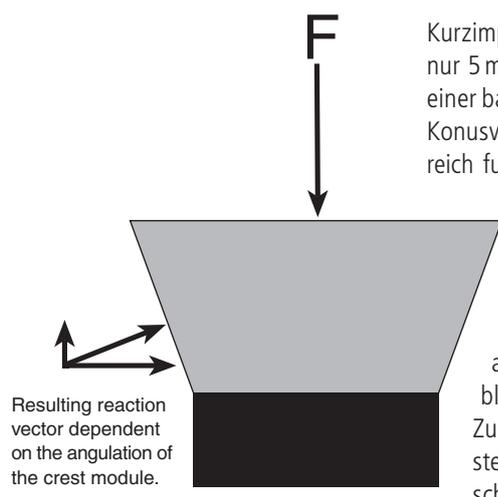
**Abb. 5:** Implantate in einem Knochenbereich mit derselben Größe. Beachten Sie den Knochenanteil im obersten Teil des Implantats (rote Pfeile). Der Knochenanteil um den Implantathals ist von fundamentaler Bedeutung für die Verteilung der okklusalen Kräfte.

um den Halsbereich des zylindrischen Kieferknochenimplantats im Vergleich zum vasenförmigen Implantat zeigen mathematische Modelle in Übereinstimmung mit den klinischen Beobachtungen, dass es bei Implantaten mit dieser Geometrie zu einem umfangreichen, fortschreitenden Knochenschwund um das Implantat kommt. Dies wird sehr wahrscheinlich durch die hohen Grenzflächen-Scherkräfte verursacht, die unter vertikaler Belastung auf das Implantat wirken. Bei den anderen beiden Implantatgeometrien tritt Knochenschwund nicht in demselben Umfang auf. Dies kann anhand einfacher mathematischer Berechnungen, in denen der (resultierende) Belastungsvektor in Bestandteile aufgebrochen wird, erklärt und nachvollzogen werden. Die Grenzflächen-Scherkräfte bei den vasen- und raketenförmigen krestalen Modulen sind, im Vergleich zu den zylindrischen, stärker.

Die Problematik verschlimmert sich weiter, wenn der progressive Knochenschwund um die Implantate auch trotz des Designs des krestalen Moduls auftritt. Wenn Knochenmaterial (aufgrund der ungünstigen biomechanischen Bedingungen) vom oberen Teil des krestalen Moduls abwärts schwindet, reduziert sich die Verankerung des Implantats und die Belastung des verbleibenden Knochens um das Modul ist, aufgrund des steigenden Momentwerts (die Kraftbelastung erhöht sich proportional zum Knochenschwund), höher. Diese Erkenntnis war Thema zahlreicher klinischer Untersuchungen und Laborstudien, insbesondere hinsichtlich der vasenförmigen Implantate, bei denen der Knochenabbau theoretisch solange fortschreitet, bis das Implantat endgültig seine Funktion verliert. Im klinischen Alltag ist dies jedoch nicht der Fall. Interessanterweise stoppt hier der Knochenabbau im Bereich des ersten Gewindes und zieht in den meisten Fällen keinen Defekt des Implantats nach sich. In den meisten Fällen bleiben diese Implantate ohne jegliche Komplikationen für sehr lange Zeit funktionstüchtig (Mericske-Stern 2001). Der plötzliche Verlust am ersten Gewinde könnte mit der bakteriologischen Verunreinigung zusammenhängen, die aufgrund des Mikrospalts in der Verbindung zwischen Implantat und Abutment entstehen kann (King 2002). All jene Fachärzte weltweit, denen dieses Phänomen bewusst ist, haben ihre Operations- und Sanierungsprotokolle



**Abb. 6 und 7:** Konischer Kieferknochenschwund um ein vasenförmiges (Abb. 6) und ein zylindrisches Implantat (Abb. 7) nach einer gewissen Belastungszeit. – **Abb. 8:** Beachten Sie die Erhaltung des Knochens um den Hals des raketenförmigen Implantats. Die abfallende Schulter sorgt für eine Plattform auf Höhe des Knochens, über die der Knochen über den Hals wachsen kann.

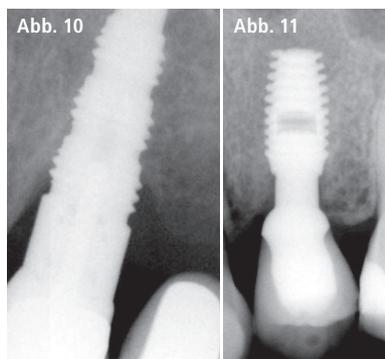


**Abb. 9:** Auflösung des Reaktionsvektors (abhängig von der Modulgeometrie), resultierend aus einer vertikalen Kraft  $F$ , die auf das Implantat wirkt.

so umgestellt, dass die Nachteile eines solchen Knochenschwundes umgangen und bessere Ergebnisse erzielt werden können, speziell in ästhetisch anspruchsvollen Bereichen, in denen Knochenschwund um das Implantat die Behandlung des Weichgewebes verkompliziert. Darüber hinaus wurde berichtet, dass die Mikrogewinde am Kammodul des Implantatsystems den Knochenschwund signifikant verringert haben (Abb. 10 und 11).

### Fazit

In der Vergangenheit wurde angenommen, dass Zahnimplantate mindestens 10 mm lang sein müssen, damit die ossär integrierten Implantate langfristig funktionell bleiben. Jüngere Studien zeigen jedoch, dass auch Kurzimplantate (< 10 mm) sehr gute Ergebnisse erzielen können. Insbesondere



**Abb. 10 und 11:** Vergleich eines vasenförmigen (Abb. 10) und raketenförmigen (Abb. 11) Implantats auf Knochenhöhe.

Kurzimplantate (mit einer Länge von nur 5 mm) mit Plateauesign und mit einer bakteriell versiegelten 1,5-Grad-Konusverbindung sorgen für erfolgreich funktionierende Zahnimplantate.

Weiterhin wurde gezeigt, dass bei den raketenförmigen Implantaten mit unverblockten Kurzimplantaten ein geringerer Knochenschwund auftritt als mit längeren verblockten Zahnimplantaten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Knochenschwund um das Kieferknocheniveau eines Implantates vom Charakter her multidisziplinär ist und, aus technischer Sicht, mit dem Design des Implantates

(Implantatdesign und Verbindungen innerhalb des Implantates) in engem Zusammenhang steht. Von einem rein medizinischen Standpunkt aus lässt sich die folgende Schlussfolgerung ziehen: Wenn Implantate mit demselben Durchmesser für alle drei erhältlichen Implantatformen in einem bestimmten Bereich eingesetzt werden, wird bei dem raketenförmigen Implantat, das theoretisch die Funktionslasten besser verteilt, aufgrund des höheren Knochenanteils um das krestale Modul wahrscheinlich weniger Knochenschwund auftreten (Li Shi 2007). Die langfristige Erhaltung des Kieferkammknochens ist für die erfolgreiche Implantation von größter Bedeutung und macht den Einsatz von Kurzimplantaten vorhersehbar, da diese in allen Knochendimensionen und -qualitäten eingesetzt werden können. Das raketenförmige Modell mit der konvergierenden Schulter wird als die ideale Form angesehen, um eine homogene Verteilung der Aufbisskräfte am Hals des Implantates und am Kieferkamm zu erreichen. Die reduzierte Präsenz einer Titanoberfläche am Kieferkamm ermöglicht es, diese Implantatgeometrien sehr nah aneinander zu platzieren, ohne der 3,0-mm-Abstand-Regel zu folgen. Ähnliches wiederfährt mit der Distanz zwischen einem natürlichen Zahn und einem raketenförmigen Implantat. Da diese Implantate ein Platform Switching am Implantat-



## CME-Fortbildung

### Die Bedeutung des Kieferknochenerhalts beim Einsatz von Kurzimplantaten

Prof. Dr. Mauro Marincola,  
Paulo Coelho, DDS, PHD,  
Vincent J. Morgan, DMD,  
Prof. Andrea Cicconetti

#### CME-ID 72972

Zum Beantworten dieses Fragebogens registrieren Sie sich bitte unter:  
[www.zwp-online.info/cme-fortbildung](http://www.zwp-online.info/cme-fortbildung)



Infos zur CME-Fortbildung auf ZWP online

hals besitzen, wird das Durchgangsprofil am Kieferkamm immer, im Verhältnis zum Durchmesser der Plateaus, reduziert sein. Dem Prinzip folgend, das zwei Objekte nicht gleichzeitig denselben Raum einnehmen können, ermöglicht dieses Implantatdesign dem Kieferkammknochen so viel wie möglich an Oberfläche, um dem aufliegenden Weichgewebe die ideale Stütze zu garantieren.

### Kontakt

**Prof. Dr. Mauro Marincola**  
Via dei Gracchi, 285  
00192 Rom, Italien  
[mmarincola@gmail.com](mailto:mmarincola@gmail.com)