

Implantatdesign und Knochenresorption

# Einflussfaktoren des peri-implantären Knochenabbaus

| Dr. Dr. Norbert Enkling, Dr. Stefan Bayer, Dr. Martin Hagner

Das Implantatüberleben wird vom Implantaterfolg unterschieden. Als Kriterium für das Implantatüberleben gilt einzig das reine Verbleiben des Implantates in der Mundhöhle, jedoch ohne Aussage zur Implantatgesundheit und zur weiteren Prognose des Implantates. Sinnvoller erscheint daher die Unterscheidung in Implantaterfolg und Implantatmisserfolg.

Die Wertung eines Implantates als Erfolg ist jedoch wesentlich komplexer als das reine Implantatüberleben. In der Vergangenheit sind daher von verschiedenen Autorengruppen Kriterien definiert worden, die als Entscheidungsgrundlage bezüglich der Einschätzung „Implantaterfolg“ dienen sollen. Ein wichtiger Parameter für den Implantaterfolg ist der radiologisch nachverfolgte periimplantäre Knochenabbau. Der als physiologisch anzusehende Knochenabbau ist im Ausmaß jedoch implantatsystemspezifisch unterschiedlich und auch von verschiedenen anatomischen Faktoren und vom chirurgisch-prothetischen Vorgehen abhängig. In diesem Beitrag wird die historische Entwicklung der Kriterien für einen Implantaterfolg aufgezeichnet und dies in Bezug gesetzt zu den aktuellen Implantatstudienresultaten zum periimplantären Knochenabbau.

## Historische Entwicklung

Die derzeit allgemein anerkannten Mindestkriterien für einen Implantaterfolg sind erstmals in der vielzitierten Publikation von Albrektsson et al. aus dem Jahre 1986 veröffentlicht worden: Zu der damaligen Zeit war eine große Vielfalt von Implantatdesigns auf dem Dentalmarkt vorhanden, und in dieser Publikation wurde der Versuch gestartet, Empfehlungen auszusprechen,

welches Implantatdesign und welches Implantatmaterial im Hinblick auf den langfristigen Implantaterfolg am günstigsten sei. Das rotationssymmetrische Schraubenimplantat aus Titan zeigte sich damals den anderen Designs, wie z.B. den Blattimplantaten oder den subperiostalen Implantaten, hinsichtlich der postulierten Implantaterfolgs-kriterien überlegen. Als notwendige Kriterien wurden formuliert, dass 1) die Implantate fest und nicht mobil sind, 2) im Röntgenbild keine periimplantären Aufhellungen zu erkennen sind, 3) nach dem ersten Jahr prothetischer Belastung das Implantat in Folge nur einen jährlichen Knochenabbau von maximal 0,2 mm zeigt, 3) die Patienten keinen Schmerz in der Implantatregion verspüren, das periimplantäre Gewebe nicht entzündet ist und die umgebenden anatomischen Strukturen durch das Implantat nicht beeinträchtigt werden, wie z.B. Schädigung des Alveolarkanal/Neuropathien/Parästhesien, 5) die Kriterien 1–4 in einem Fünf-Jahres-Zeitraum von 85% und nach zehn Jahren von 80% der inserierten Implantate erfüllt werden sollten. Diese für uns heute vollkommen selbstverständlichen Kriterien waren 1986 noch umstritten, da von manchen Implantologen die Existenz eines Pseudodesmodonts um das Implantat, also einer fibröse Osseointegration mit einer Weichgewebsschicht zwischen

Implantatkörper und Knochen, als ideal angesehen wurde. Deswegen waren die Kriterien von Schnitman und Shulman aus dem Jahre 1979 noch weniger strikt: 1) das Implantat durfte maximal eine Beweglichkeit von 1 mm aufweisen, 2) der periimplantäre Knochenabbau sollte nicht mehr als 1/3 der Implantatlänge betreffen, 3) die Weichgewebsentzündung um das Implantat sollten behandelbar sein und 4) 75% der inserierten Implantate sollten nach fünf Jahren noch in Funktion sein. Die Kriterien von Schnitman und Shulman (1979) sind aus heutiger Sicht natürlich inakzeptabel, zeigen jedoch die positive Entwicklung der letzten Jahre in Bezug auf die Erwartungen an ein erfolgreiches Implantat auf.

## Aktuelle Entwicklung

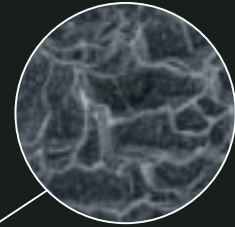
Das heutige Ziel ist unbestritten, eine Ankylose des Implantates im Knochen, die Osseointegration (Brånemark et al. 1977), und ein möglichst geringer periimplantärer Knochenabbau. Das standardisierte Röntgenbild ist daher ein gutes Hilfsmittel, um klinisch den Implantaterfolg zu beurteilen (Smith und Zarb, 1989). In Langzeitstudien konnten Implantate exzellente Ergebnisse erzielen. Nicht nur Überlebensraten der Implantate von 98% nach 15 Jahren sind bekannt (Lambert et al. 2009), sondern auch Überlebensraten der Suprakonstruktionen zeigen Ergebnisse von

# Certain® PREVAIL® Tapered

Primärstabilität für Implantate beginnt mit dem BIOMET 3i-System für zahnwurzelförmige Implantate



**Integriertes Platform Switching**  
Das zahnwurzelförmige NanoTite PREVAIL-Implantat weist zur Erhaltung des Knochenkammes rund um das Implantat ein eingebautes Platform Switching auf.



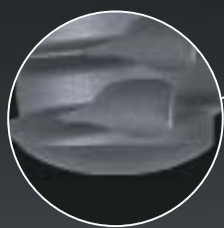
**Das zahnwurzelförmige NanoTite-Implantat – Eine Bone Bonding®-Oberfläche**  
Die komplexe Struktur im Nanometermaßstab erzeugt beim NanoTite-Implantat den sogenannten Bone Bonding-Effekt, d.h. einen form-schlüssigen Verbund der Knochen-zementlinie mit der Implantatoberfläche.



**Einzigartiges Gewinde**  
Winkel, Tiefe und Steigung des Gewindes sorgen für ein „Verbeißen“ im Knochen zum Zeitpunkt der Implantatinsertion, um eine initiale mechanische Stabilität des Implantats zu erzielen.



**Spanräume**  
Dienen als Sammelzonen für Knochen-späne, Blut und Wachstumsfaktoren, welche potenziell die Osseointegration fördern.



**Abgerundeter Apex**  
Verminderte Gefahr eines Trauma bei der Annäherung an anatomische und vitale Strukturen.



**Progressive Schneiden**  
in einer spiralförmigen Anordnung mit leichtem Hinterschliff des nachlaufenden Gewingegangs machen das Implantat selbstschneidend und tragen zu einem geringeren Drehmoment und damit einer leichteren Insertion bei.

**Um mehr über die Primärstabilität bei Implantaten mit dem BIOMET 3i-System für zahnwurzelförmige Implantate zu erfahren, kontaktieren Sie noch heute Ihren BIOMET 3i Gebietsverkaufsleiter oder unseren Customer Service unter 0721-255 177 10. Oder besuchen Sie uns online auf [www.biomet3i.com](http://www.biomet3i.com)**

92,1 % nach zehn Jahren (Lambert et al. 2009).

Die Bewertung des Knochenabbaues innerhalb des ersten Jahres nach Implantatinsertion wurde erst in den Veröffentlichungen aus den 1990er-Jahren in die Implantaterfolgskriterien aufgenommen. Roos et al. (1997) formulierten aufbauend auf die Definitionen von Albrektsson et al. (1986, 1993a, 1993b), dass ein Implantat im ersten Jahr weniger als 1 mm und in den folgenden Jahren weniger als 0,2 mm marginalen Knochen verlieren sollte. In klinisch kontrollierten Studien wurden Unterschiede hinsichtlich des Ausmaßes des durchschnittlichen periimplantären Knochenabbaues zwischen verschiedenen Implantatsystemen festgestellt (Esposito et al. 2009).

### Mikrostruktur des Implantates

Als „Goldener Standard“ sind derzeit rotationssymmetrische Schraubenimplantate aus Titan anzusehen. Dabei ist eine angeraute Implantatoberfläche einer glatten oder maschinierten Oberfläche vorzuziehen. Bezüglich der rauen Oberflächen werden mittelraue von stark angerauten Oberflächen unterschieden. Bezüglich der Knochenanlagerung haben sich die mittelrauen Oberflächen den stark rauen Oberflächen als überlegen erwiesen (Albrektsson und Wennerberg 2004). Auch in Bezug auf die Therapieprognose einer eventuell später entstehenden Periimplantitis scheint die mittelraue Oberfläche einer stark rauen Oberfläche überlegen zu sein (Mouhyi et al. 2009). Mittelraue Oberflächen werden in der Regel über eine Oberflächenätzung oder über eine Kombination durch eine Strahlung der Oberfläche mit Korund oder Zirkonoxid sowie einer anschließenden Ätzung erzeugt. Eine Beschichtung der Implantatoberfläche mit Hydroxylapatit oder mit einem Titanplasma-spray erzeugen stark angeraute Implantatoberflächen.

Die Konditionierung der Oberfläche sollte den gesamten Implantatanteil umfassen, der in den Knochen eingebracht werden soll. Dies bedeutet, dass bei einteiligen Implantaten die Grenze rau-glatt epikrestal positioniert werden sollte. Für zweiteilige Implantate, bei denen die Implantatschulter auf

Knocheniveau positioniert wird, erscheint es in Bezug auf den postoperativen Knochenabbau vorteilhaft zu sein, wenn die Oberflächenkonditionierung die gesamte Implantataußenfläche bis zur Implantatschulter umfasst (Albrektsson und Wennerberg 2004, Zechner et al. 2004). Aus diesem Grund wird z.B. auch beim ANKYLOS Implantat (Friudent, Mannheim, Deutschland), welches leicht infrakrestal gesetzt werden sollte, die Implantatschulter angeraut. Seit Jahren wird untersucht, ob durch eine zusätzliche Aktivierung der Implantatoberfläche z.B. mit Knochenwachstumsfaktoren die Implantaterfolgsrate verbessert werden könnte. Nur wenige Ansätze haben bisher Marktreife erlangt: Ein Beispiel ist dafür die SLActive Oberfläche (Institut Straumann, Basel, Schweiz), bei der die Titanoberfläche durch eine Stickstoffbehandlung und eine Lagerung in physiologischer Kochsalzlösung hydrophiler wird und die nach Herstellerangaben die Osseointegrationzeit auf drei bis vier Wochen reduziert (Schwarz et al. 2007). Die klinische Datenlage zu den Oberflächenaktivierungssystemen ist derzeit jedoch noch gering, so dass ein klinisch messbarer Vorteil, der die Mehrkosten rechtfertigt, erst in Zukunft gezeigt werden muss (Morton et al. 2009, Lang und Jepsen 2009).

### Makrostruktur der Oberfläche

Die Oberflächenkonditionierungen betreffen die Mikrostruktur der Implantate. Aber auch hinsichtlich der Makrostruktur der Oberfläche, d.h. dem Design des Gewindes, bestehen deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Implantatsystemen. Derzeit liegen keine wissenschaftlichen Studienergebnisse vor, die hinsichtlich des periimplantären Knochenabbaus signifikante Unterschiede zwischen den Gewindedesigns der verschiedenen Implantatsysteme aufzeigen (Abrahamsson und Berglundh 2006, Shin et al. 2006). Die Tendenz ist jedoch ähnlich wie bei der Frage, welche Außenform der Implantate vorteilhafter sein könnte – zylindrisch, zylindrokönisch oder eine konische Form: Ein übermäßiges Eindrehmoment sollte vermieden werden, da dadurch die Gefahr steigt, über einen zu starken Druck auf das Knochenlager

eine Minderversorgung und folgend eine Nekrose mit Wundheilungsstörungen zu provozieren. Beim Einbringen der Implantate sollte daher das chirurgische Protokoll der Implantathersteller eingehalten werden. Bis auf wenige Ausnahmen wird hier ein maximales Eindrehmoment von ca. 35–45 Ncm als optimal angesehen.

### Implantat-Abutment-Verbindungen

Bei verschiedenen Implantatsystemen, bei denen die Implantatschulter epikrestal positioniert werden soll, konnten Unterschiede hinsichtlich des periimplantären Knochenabbaus festgestellt werden. Diskutiert werden als Ursache hierfür Unterschiede in der Implantat-Abutment-Verbindung (Hermann et al. 2001, King et al. 2002, Zipprich et al. 2007). Eine Innenverbindung scheint vorteilhafter zu sein als eine Außenverbindung, und bei den Innenverbindungen scheinen die stärker abdichtenden Innenkonusverbindungen den Innenverbindungen mit Spielpassung überlegen zu sein. Die Verbindung zwischen Implantat und Aufbau ist bei einer Innenkonusverbindung starrer als bei den anderen Verbindungsvarianten, wodurch das Implantat mit einer Innenkonusverbindung aus mechanischer Sicht fast wie ein einteiliges Implantat funktioniert. Ein gleich großer Mikrospace bei einer starren Verbindung und bei einer mit einer Verbindung mit Spiel führt zu unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich des Knochenabbaus: King et al. (2002) konnten zeigen, dass ein Implantat, an dem das Abutment über einen Schweißvorgang starr befestigt war, kaum Knochenabbau aufweist. Das Kontrollimplantat ohne die Versteifung durch die Schweißung zeigte bei gleich großem Mikrogap jedoch einen deutlich messbaren Knochenabbau. Die Beweglichkeit in der Abutment-Implantat-Verbindung und der einwirkende Hebelarm, d.h. die Länge der Implantatkronen, scheint daher neben den Spannungsspitzen im Knochen auch bezüglich eines anderen Effektes von Bedeutung zu sein: Die Bewegungen zwischen dem Abutment und dem Implantatkörper lassen eine Pumpbewegung resultieren, die zu einem Austausch des Implantatinnenraumillieus mit dem pe-

riimplantären Gewebe führt (Zipprich et al. 2007).

Die Verbindung zwischen Implantat und Aufbau ist beim Innenkonussystem nicht nur starrer, sondern auch stärker abgedichtet, sodass der Implantatinnenraum weniger leicht mikrobiell besiedelt werden kann. Am zweiseitigen Implantat gibt es zwei Zonen, an denen der Körper Abwehrarbeit gegen Bakterien zu erbringen hat: zum einen direkt an der marginalen Mukosa im Plaque assoziierten entzündlichen Zellinfiltrat (Plaque ICT) und zum anderen am Mikrogap, also am Übergang zwischen Implantatkörper und Abutment, im Abutment assoziierten entzündlichen Zellinfiltrat (Abutment ICT). Der Implantatinnenraum wird eigentlich bei allen Implantatsystemen grundsätzlich mikrobiell besiedelt, eine Ausnahme davon bilden vielleicht die Implantatsysteme mit einem Innenkonus Abutmentdesign, welches dicht schließt. Die Qualität und Quantität der mikrobiellen Besiedlung des Implantatinnenraumes, des Mikrogaps sowie des periimplantären marginalen Sulkus scheinen einen Einfluss auf den periimplantären Knochenabbau zu haben. Einige Autoren fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen periimplantärem Knochenabbau und dem Vorhandensein von parodontalpathogenen Keimen im Parodontalspalt (Apse et al. 1989; Augthun und Conrads, 1997; Hultin et al. 2000; Salcetti et al. 1997). Es ist allerdings auch bekannt, dass das Vorhandensein parodontalpathogener Keime nicht zwangsläufig zu Attachmentverlust und Periimplantitis führt (Heydenrijk et al. 2002; Koka et al. 1993; Leonhardt et al. 1993; Leonhardt et al. 2002). Das Abutment assoziierte entzündliche Zellinfiltrat benötigt Platz: in koronoapikaler Richtung etwas mehr als 1 mm und in die Breite ca. 0,5 mm, sodass sich in dieser Dimension das entzündliche Zellinfiltrat wie ein Rettungsring um den Mikrogap ausbildet. Dort, wo dieses Zellinfiltrat ist, kann kein Knochen sein. Dementsprechend konnte in Tierstudien gezeigt werden, dass durch ein Tieferlegen des Mikrogaps unter die krestale Knochenkante ein Knochenabbau induziert wird, der dem Körper ermöglicht, eine Abutment ICT auszu-

bilden (Todescan et al. 2002). In der Studie von Astrand et al. (2004) zeigt sich der typische Verlauf dieses Knochenab- und -umbaus. Der Knochenabbau setzt direkt nach der Insertion des Implantates ein, beschleunigt sich nach Abutment-Konnectierung und verlangsamt sich in der prothetischen Belastungsphase. Nach einer gewissen Zeit kann es sogar zu einem Wiederaufbau des Knochens kommen. Prinzipiell ist die Situation im Oberkiefer immer schlechter als im Unterkiefer. Im Oberkiefer tritt durchschnittlich 0,5 mm mehr Knochenabbau auf verglichen mit dem Unterkiefer. In dieser Studie wurden Astra Implantate mit Platform Switching mit Bränemark Implantaten ohne Platform Switching verglichen. Die Bränemark Implantate zeigen sowohl im Ober- wie auch im Unterkiefer durchschnittlich 0,5 mm mehr Knochenabbau als die Astra Implantate. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass ein Platform Switching von Vorteil ist. Astra und Bränemark Implantate sind jedoch vom Design deutlich unterschiedlich: sie weisen unterschiedliche Innenverbindung, andere Implantatoberflächenstrukturen etc. auf. Somit sind sicherlich mehrere Faktoren in die Analyse mit einzubeziehen, wodurch die Unterschiede im Knochenabbau bedingt sein könnten.

#### Ursache für den Knochenabbau

Im Verdacht steht somit als Hauptursache für den Knochenabbau an zweiseitigen Implantaten der Mikrogap: zum einen wegen der mikrobiologischen Belastung und zum anderen wegen der dort stattfindenden mechanischen Belastungen. Die Implantatkrone samt Abutment wirkt als Hebelarm, welcher an der Implantatschulter ansetzt. Je länger die Krone, desto größer auch der Hebelarm. Die mechanischen Spannungen am Mikrogap werden auf den periimplantären Knochen übertragen, wobei Spannungsspitzen direkt am krestalen Knochen entstehen. Diese Spannungen am krestalen Knochen müsse aber nicht zwangsläufig zu Knocheneinbrüchen führen. In Hundestudien konnte kein Zusammenhang zwischen mechanischer Belastungen und zirkulären Knocheneinbrüchen festgestellt werden: In der Studie von Berglundh et al. (2005)



Zeit für  
frisches  
Denken.

Praxiscoaching  
08166-99 57 20

**Hygienemanagement**  
**Praxismanagement**  
**Kommunikation**  
**Prophylaxe**  
**Marketing**



**Unternehmensberatung  
für Dentalpraxen**

info@dent-x-press.de  
www.dent-x-press.de

konnte histologisch am Knochen kein Unterschied hinsichtlich des Knochenabbaus in Abhängigkeit, ob die Implantate belastet worden waren oder nicht, festgestellt werden. Unterschiede bestanden jedoch erneut zwischen dem Astra Tech Implantat System (Astra Tech AB, Mölndal, Schweden) und dem Brånemark System (Nobel Biocare, Göteborg, Schweden): wiederum stärkere Einbrüche um das Brånemark, kaum Knochenabbau beim Astra. Dies könnte auf einen knochenresorptionsprotektiven Effekt des Platform Switching hindeuten. Hinter der Methodik des Platform Switching verbirgt sich folgende Überlegung: Beim konventionellen Implantatdesign setzt sich an der Implantatschulter der Aufbau kontinuierlich von der Implantatkörperaußenkontur fort, sodass sich auf dem Röntgenbild eine einheitliche Silhouette abbildet. Beim Platform Shifting bzw. Platform Switching ist diese Verbindung nach innen versetzt, sodass zwischen Implantatschulter und dem Aufbau eine zirkuläre Stufe entsteht. Auf dem Röntgenbild erscheint zwischen Implantat und Aufbau ebenfalls diese Stufe, sodass der Eindruck entstehen kann, dass ein zu kleines Abutment auf das Implantat geschraubt wurde. Durch diese zirkuläre Stufe wird der bakteriell besiedelte Spalt weiter nach innen, weiter von der Implantat-Knochenkontaktzone entfernt als im Vergleich zum konventionellen Vorgehen verlegt. Man verspricht sich von diesem Vorgehen, dass sich das bindegewebige Attachment mit dem Abutment-ICT im Bereich dieser Stufe ausbildet und es zu keinem bzw. zu einem verminderten postoperativen periimplantären krestalen Knochenabbau kommt (Cappiello et al. 2008, Prosper et al. 2009, Vela-Nebot et al. 2006). Beim Platform Switching spricht man daher auch von einer Horizontalisierung der biologischen Breite (siehe Abb. 1: Situation mit Platform Switching; Abb. 2: Situation ohne Platform Switching). Canullo et al. (2010) konnten sogar zeigen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen dem unterschiedlichen Größenverhältnissen von Abutment und Implantat besteht. Je größer die Implantatschulter bei kleinerem Abutment war,

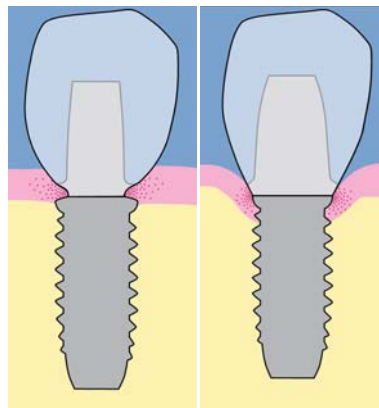


Abb. 1: Implantat mit Platform Switching: das entzündliche Zellinfiltrat um den Implantat-Abutment-Spalt (rote Punkte) befindet sich auf der Implantatschulter – ein periimplantärer Knochen ist daher reduziert. – Abb. 2: Implantat mit konventioneller Versorgung, ohne Platform Switching: das entzündliche Zellinfiltrat um den Implantat-Abutment-Spalt (rote Punkte) befindet sich zirkulär um das Implantat – der periimplantäre Knochenabbau ist daher erhöht.

umso geringer fiel der Knochenabbau aus.

Die Größe des Implantates scheint bei entsprechendem Knochenangebot von untergeordneter Bedeutung zu sein. Ein Einfluss der Implantatlänge auf den periimplantären Knochenabbau konnte bislang nicht gezeigt werden, hinsichtlich des Implantatdurchmessers könnten dickere Implantate dünneren Implantaten überlegen sein (Friberg et al. 2002, Vigolo und Givani 2009): Implantate mit größerem Durchmesser erfahren bei der exzentrischen Belastung des Implantataufbaus weniger Verformung und übertragen somit weniger Stress auf den periimplantären krestalen Knochen.

### Vermeidung des Knochenabbaus

Zusammenfassend erscheint nach Auswertung der derzeitigen Studienlage bei den zweiteiligen Implantaten eine Titanschraube mit mittelrauer Oberfläche, die bis zur Implantatschulter reicht und mit einer Innenverbindung evtl. in Kombination mit einem Platform Switching und einer Innenkonusverbindung ausgestattet ist, den geringsten postoperativen periimplantären Knochenabbau zu bedingen. Diese Kriterien erfüllt z.B. das Bone Level Implantat (Institut Straumann AG, Basel, Schweiz) (Abb. 3). In diesem Implantatsystem werden Platform Switching mit Innenkonus und moderat rauer SLActive-Oberfläche in einer zylindri-

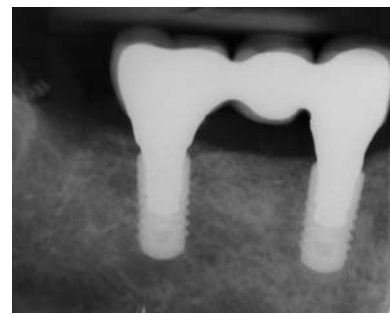


Abb. 3: Röntgenaufnahme eines Patienten nach Eingliederung des Zahnersatzes 45–47: Selbst nach Abformung und Einsetzen der Abutments befindet sich der Knochen oberhalb der Implantatschulter.

sehen Außenform und einem Gewinde mit knochenverdichtender Funktion verbunden. Wie die Röntgenaufnahme eines Patientenbeispiels nach Eingliederung des Zahnersatzes 45–47 zeigt, ist der Knochen nach Implantatinsertion über das Implantat und die Verschluss-Schraube gewachsen. Selbst nach Abformung und Einsetzen der Abutments befindet sich der Knochen oberhalb der Implantatschulter. Ebenso stabile periimplantäre Knochenverhältnisse zeigt das Röntgenbild des zweiten Patientenbeispiels (Abb. 4).



Abb. 4: Stabile periimplantäre Knochenverhältnisse, die mit modernen Implantatdesigns erreichbar sind: Beispiel Straumann Bone Level Implantat (Institut Straumann, Basel, Schweiz).

Prinzipiell muss jedoch nach jeder Implantation mit einem dezenten Knochenabbau gerechnet werden. Die implantologische Erfahrung und das Können des Chirurgen und des Prothetikers sind Einflussfaktoren, die sich jedoch wahrscheinlich stärker auf den Implantaterfolg auswirken als die Unterschiede zwischen den Implantatsystemen (Albrektsson et al. 2001).

### Unterschiede im Knochenabbau

In eine kürzlich veröffentlichten Metaanalyse zum radiologisch nachverfolg-

ten marginalen Knochenverlust um Implantate konnten jedoch nur drei Implantatsysteme einbezogen werden, da nur diese die Kriterien von mindestens zwei veröffentlichten, klinisch kontrollierten, prospektiven Studien von zwei unabhängigen Forschergruppen mit Fünf-Jahres-Daten erfüllten (Laurel und Lundgren 2009). Zwischen diesen drei Implantatsystemen konnten statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Knochenverlustes im Zeitraum nach der prothetischen Belastung bis zur Fünf-Jahres-Nachkontrolle ausgemacht werden, wobei das Astra Tech Implant System (Astra Tech AB, Mölndal, Schweden) mit  $-0,24$  mm (95% CI  $-0,345$ ,  $-0,135$ ) weniger Knochenverlust zeigte als das Straumann Dental Implant System – Tissue Level (Institut Straumann AG, Basel, Schweiz) mit  $-0,48$  mm (95% CI  $-0,598$ ,  $-0,360$ ) und das Brånemark System (Nobel Biocare AB, Göteborg, Schweden) mit  $-0,75$  mm (95% CI  $-0,802$ ,  $-0,693$ ). Als Baseline wurde die Knochenhöhe zum Zeitpunkt der prothetischen Belastung gewählt. Dies bedeutet, dass in dieser Studie nur die Unterschiede hinsichtlich des Knochenverlustes ab der prothetischen Belastung verglichen, jedoch nicht der Knochenverlust innerhalb der Implantateinheilzeit von der Implantatinsertion bis zur prothetischen Versorgung. Aus zahlreichen klinischen Studien ist jedoch bekannt, dass ein Großteil des als physiologisch einzustufenden periimplantären Knochenabbaues innerhalb der Monate bis zur prothetischen Belastung stattfindet und dass es hier auch Unterschiede zwischen den Implantatsystemen gibt (Astrand et al. 2004): In diesem Zeitraum muss abhängig vom Implantatsystem mit einem Knochenverlust von 1–2 mm gerechnet werden (Jung et al. 2008). Ein Großteil des marginalen Knochens geht zwischen Implantation und prothetischer Belastung verloren (Nickenig et al. 2008), durch Implantatfreilegung oder Remodeling der knöchernen Strukturen (Berglund et al. 2005). Wenn man daher die veröffentlichten und in der Werbung verbreiteten Knochenverluststraten verschiedener Implantatsysteme miteinander vergleichen möchte, muss man genau darauf achten, welcher Zeitpunkt als Baseline,

also als Ausgangswert, benutzt wurde: hier kann der Zeitpunkt Implantatoperation, der Zeitpunkt Einsetzen der prothetischen Rekonstruktion oder der Zeitpunkt ein Jahr nach Insertion des Implantates Verwendung finden. Die Unterscheidung dieser Zeitpunkte ist sehr wichtig, da nach den unterschiedlichen Baseline-Definitionen verschiedene Knochenabbauraten zu erwarten sind.

Für den einzelnen Patientenfall ist der Gesamtknochenverlust nach der Implantatinsertion am interessantesten: Als Baseline sollte somit die Implantat-OP gewählt werden. Der Knochenabbau, der nach der Implantatoperation eintritt, ist jedoch von zahlreichen Faktoren abhängig. Neben den oben beschriebenen Implantat-Design-Einflüssen sind patientenspezifische, anatomische Faktoren und das chirurgisch-prothetische Vorgehen von Bedeutung.

#### **Einflussfaktoren des Knochenabbaus**

Aus den Studien zur Größe der Abutments ICT um zweiteilige Implantate wurde gefolgert, dass der Implantatdurchmesser so gewählt bzw. das Implantat so gesetzt werden sollte, dass der zirkuläre Knochenabbau keine negativen Folgen für die periimplantäre Knochenunterstützung hat. Wenn die Implantate nach diesen Regeln gesetzt werden, kann periimplantär ca. in 1,5 mm Abstand die Knochenhöhe gehalten und das Weichgewebe gestützt werden (Buser et al. 2000; Grunder et al. 2005). Dies bedeutet, dass das Knochenangebot bzw. der Implantatdurchmesser derart sein sollte, dass das Implantat zirkulär von 1,5 mm Knochen umgeben ist und somit zwischen zwei Implantaten ein Mindestabstand von 3 mm eingehalten wird. Wenn diese Mindestanforderungen an das Knochenangebot nicht erfüllt werden, muss mit einem verstärkten, periimplantären Knochenabbau und einer verschlechterten Rotästhetik gerechnet werden (Tarnow et al. 2000). Eine geringere Knochenmenge und Knochenqualität begünstigen somit den Knochenabbau (Esposito et al. 1998, Truhlar et al. 1997): Implantate im Oberkiefer zeigen mehr Knochenabbau als im Unterkiefer (Astrand et al. 2004). Darüber hinaus neigt ein dünner Gingi-

pay less.  
get more.



Mit Semperdent  
Prämienmeilen sammeln.

**Miles & More**  
Lufthansa

Wir sichern  
Ihr  
Standbein  
Zahnersatz

Mehr Gewinn  
durch den  
"Einsatz" von  
Semperdent!



Zahnersatz  
seit 1989...

Semperdent GmbH  
Tacklenweide 25  
46446 Emmerich

Tel. 0800. 1 81 71 81  
Fax 0 28 22. 9 92 09  
info@semperdent.de

www.semperdent.de

vatyp zu mehr Knochenabbau als ein dickerer Gingivatyp (Kan et al. 2003). Das Vorhandensein eines angewachsenen keratinisierten Mukosastreifens um das Implantat in einer Größe von mindestens 2 mm wirkt sich ebenfalls günstig auf die Stabilität der periimplantären Hart- und Weichgewebe aus (Bori et al. 2008). Die Zeit nach der Extraktion des Zahnes bis zur Implantation, also die Zeit des Bone Remodelings nach der Extraktion, ist ebenfalls von großer Bedeutung: Sofortimplantationen zeigen mehr Knochenabbau als Spätimplantationen (Araujo et al. 2005, Chen und Buser 2009). Ebenfalls wird diskutiert, dass das Implantat-Aufbau-Verhältnis relevant sein könnte, demnach könnten längere Aufbauten mit mehr Knochenabbau verbunden sein, die Evidenz für diese Theorie ist jedoch sehr gering (Gentile et al. 2005, Schulte et al. 2007). Darüber hinaus ist von Bedeutung, ob der Patient eine Parodontitis hatte oder nicht: parodontal anfällige Patienten neigen zu mehr Knochenabbau und ebenso scheint die Qualität und Quantität der mikrobiellen Besiedlung der Mundhöhle, welche Einfluss auf die Besiedlung des periimplantären Sulkus und der Implantatinnenräume hat, relevant zu sein (Fransson et al. 2009).

Auch die chirurgisch-prothetische Technik beeinflusst den Knochenabbau: die Periostablösung beim Lappendesign führt zu einer Minderversorgung der Kortikalis und damit zu einem verstärkten Knochenabbau – wohingegen ein Flapless-Vorgehen oder ein Split-Flap-Lappendesign zu weniger Knochenabbau führt (Araujo u. Lindhe 2009, Wilderman et al. 1970, Jensen et al. 2009). Flapless-Operationsverfahren erfordern jedoch eine aufwendige präoperative Diagnostik mit dreidimensionalen bildgebenden Verfahren und exakter Umsetzung der präoperativen Planung – ein Verfahren, das somit vornehmlich erfahrenen Chirurgen empfohlen werden sollte (Brodala 2009). Ein infrakrestales Positionieren der Implantatschulter bei zweiteiligen Implantaten führt zu mehr Knochenabbau als ein epi- oder suprakrestales Positionieren (Cochran et al. 2009, Hermann et al. 2000). Häufig ist das Knochenangebot jedoch für eine reguläre Implantation nicht aus-

reichend, sodass verschiedene Augmentationsstechniken angewendet werden müssen. Dazu stehen zahlreiche und zum Teil sehr unterschiedliche Techniken zur Verfügung, die nur schwer miteinander verglichen werden können (Jensen und Terheyden 2009). Langzeitergebnisse von Implantattherapien im augmentierten Knochen sind in der Regel jedoch denen von Implantaten im ortsständigen Knochen unterlegen. Evidenz gibt es derzeit nur zum Sinuslift-Verfahren und zur lateralen Kieferkammaugmentation (Tonetti und Hämmerle 2008). Eine Implantation in ein vertikales Augmentat ist immer mit einer erhöhten periimplantären Knochenresorptionsrate verbunden (Schlegel et al. 2007). Ein offenes oder geschlossenes Einheilprotokoll hat hingegen keinen Einfluss (Fiorellini et al. 1999, Hermann et al. 1997). Ein häufiges Manipulieren an der periimplantären Weichgewebemanschette durch ein häufiges Lösen des Abutments führt zu einem Epitheltiefenwachstum und damit zu einem verstärkten Knochenverlust (Abrahamsson et al. 1997, do Nascimento et al. 2009). Das Material des Abutments beeinflusst ebenso das Weichgewebe und damit indirekt auch den Knochen: Titan- und Zirkondioxidabutments sind Goldlegierungen vorzuziehen (Welander et al. 2007).

Die prothetischen Parameter in Form von mechanischer Belastung spielen eine eher untergeordnete Rolle bzgl. des periimplantären Knochenabbaus (Miyata et al. 1998). Erst bei extremen Kräften kann Knochenabbau indiziert werden, selbst wenn keine bakteriellen Beläge als Kofaktoren für einen entzündlichen Knochenabbau vorhanden sind (Miyata et al. 2000). Im Hinblick auf den prothetischen Belastungszeitpunkt besteht ein erheblicher Einfluss auf den periimplantären Knochen. Esposito et al. (2009) zeigten in einem systematischen Cochrane Database Literaturreview, dass konventionelle Belastungszeitpunkte zwei Monate nach Implantation die besten Langzeitergebnisse hatten. Sofortbelastungen bei Implantation erreichten bessere Ergebnisse als frühe Belastungen der Implantate im Zeitraum von einer Woche bis zwei Monaten nach Implantation.

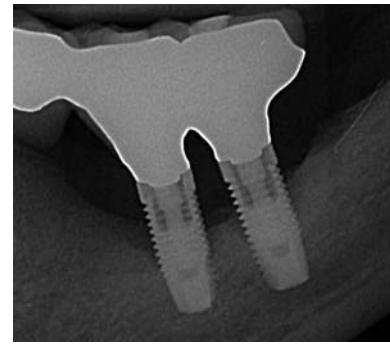


Abb. 5: Beispiel für pathologisch erhöhten periimplantären Knochenabbau.

### Fazit

Erst die individuelle Betrachtung jedes Patientenfalles, welche anatomische Faktoren und das chirurgisch-prothetische Vorgehen mit einschließt, ermöglicht es, den um das Implantat eingetretenen Knochenabbau als zu erwarten und damit physiologisch oder als nicht zu erwarten und damit als eventuell pathologisch einzuschätzen (s. Abb. 5).

Ross et al. (1997) unterstrich, dass zu strikte Regeln für den Implantaterfolg mit Knochenabbaumessungen auf dem Röntgenbild in 0,01-mm-Schritten im täglichen Praxisalltag nicht angewendet werden könnten, dass jedoch bei der Einführung eines neuen Implantatsystems oder bei einer Indikationsveränderung eines etablierten Implantatsystems besonders sorgfältig das klinische Resultat in wissenschaftlichen Studien nachverfolgt und beurteilt werden müsste. Ross et al. teilten den Implantaterfolg in drei Kategorien ein, wobei Grad 1 und 2 nur 1 mm Knochenabbau im ersten Jahr und folgend nur bis 0,2 mm pro Jahr und Grad 3 mehr als 1 mm Knochenabbau im ersten Jahr, jedoch nur 0,2 mm Knochenabbau im letzten Nachuntersuchungsjahr aufweisen dürfen. In der Fünf-Jahres-Nachuntersuchung von Brånemark Implantaten durch Ross et al. waren 73,8% als Grad 1 oder 2 und 3% als Grad 3 einzuschätzen, 23,2% der Implantate erreichten somit diese Erfolgskriterien nicht. Dies zeigt, dass ein Implantatsystem im Durchschnitt strenge Erfolgskriterien erfüllen kann – jedoch einzelne Implantatversorgungen dieses Systems auch ohne Vorliegen eines pathologischen Geschehens, wie z.B. einer Periimplantitis, schlechtere Ergebnisse aufweisen können.

Alle namhaften Implantatsysteme können heute im Durchschnitt die von Albrektsson (1986, 1993) aufgeführten Implantaterfolgsriterien erfüllen. Die Kriterien von Albrektsson helfen somit heute nicht mehr, Unterschiede zwischen den Implantatsystemen aufzudecken. Daher wird diskutiert, die Erfolgskriterien hinsichtlich des periimplantären Knochenabbaus zu verändern und als Erfolg nur noch Knochenabbauraten von deutlich unter 2 mm zu akzeptieren. Die Diskussion dazu ist jedoch aufgrund der großen Zahl von Faktoren, welche Einfluss auf den periimplantären Knochenabbau nehmen, noch nicht abgeschlossen (Lang und Jepsen 2009). Die Verwendung eines rotationssymmetrischen Titanimplantates mit einer mittelrauen Oberfläche bis zur Implantatschulter erscheint gemäß der aktuellen Studienlage die beste Langzeitprognose für den Erhalt des periimplantären Knochens zu liefern. Die Unterschiede hinsichtlich des Knochenverlustes zwischen den Implantatsystemen, die diese Charakteristika erfüllen, betragen jedoch lediglich ca. 0,5 mm und sind daher wahrscheinlich nur von eingeschränkter klinischer Relevanz.

**ZWP online**

Die **Literaturliste** steht zum Download unter [www.zwp.online.info/fachgebiete/implantologie](http://www.zwp.online.info/fachgebiete/implantologie) bereit.

## autoren.

**Dr. Dr. med. dent. Norbert Enkling**

Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Universität Bern, Schweiz

**Dr. med. dent. Stefan Bayer**

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik und Werkstoffwissenschaften, Universität Bonn

**Dr. med. dent. Martin Hagner**

Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde, Universität Bonn

## kontakt.

**Dr. Dr. med. dent. Norbert Enkling**

Oberarzt und stellvertretender Klinikdirektor  
Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Universität Bern  
Freiburgstr. 7, 3010 Bern, Schweiz  
Tel.: +41-31/632 87 05  
Fax: +41-31/632 49 33  
E-Mail: [norbert.enkling@zmk.unibe.ch](mailto:norbert.enkling@zmk.unibe.ch)

einfach, erfolgreich & bezahlbar  
minimal-invasiv statt kostenintensiv



made in Germany **69€**

- Champions<sup>®</sup> begeistern in allen Indikationen
- Sparen Sie am Preis, nicht an der Qualität
- beste Primärstabilität durch kristales Mikrogewinde -> sichere Sofortbelastung
- Geniales Prothetik-Konzept
- Bereits über 1000 Champions<sup>®</sup>-Praxen/Kliniken in Deutschland
- Servicegarantie: Gutschrift & Austausch von Champions<sup>®</sup>, die zum Kondensieren benutzt werden
- Kommissionslieferungen für die ersten zwei Fälle
- Spaß und Erfolg bei der Arbeit

## Fortbildungs-Highlight 2010

„Innovation, Erfolg & Visionen“ vom 13.-16. Mai  
in Mainz und im Flugzeug ...

**Dr. Armin Nedjat**

Zahnarzt,  
Spezialist Implantologie,  
Diplomate ICOI,  
Entwickler & Referent

**Mehr Infos & Kurstermine:**  
**Service-Telefon: 06734 - 6991**  
**Fax: 06734 - 1053**

**INFO & Online-Bestellung:**  
[www.champions-implants.com](http://www.champions-implants.com)

