

Aufgrund der bekannten hervorragenden Biokompatibilität von keramischen Werkstoffen haben sich zunehmend Implantatsysteme aus Zirkonoxid auf dem Markt etabliert. Positive klinische Erfahrungen über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren aus der Orthopädie mit Hüftgelenken aus Zirkonoxid lassen Erwartungen auch in der Zahnheilkunde wachsen. Viele ästhetische Probleme scheinen damit gelöst und Korrosionen sind bei diesem metallfreien Werkstoff nicht möglich.

# Vollkeramische Implantate – ein evidenzbasiertes Verfahren?

Autor: Dr. Sigmar Schnutenhaus



Abb. 1: Fraktur der Frontzahnbrücke. – Abb. 2: Zähne 12, 11 und 22 waren nicht erhaltungsfähig. – Abb. 3: Sofortimplantation mit zwei zit-z Implantaten, Fa. ziterion, Uffenheim.

Implantate sind in den letzten 40 Jahren zu einem ausgereiften Therapieverfahren in der zahnärztlichen Behandlung geworden. Hohe Erfolgsraten haben die Indikationen vom zahnlosen Kiefer ausgeweitet auf jegliche orale Rehabilitation nach Zahnverlust. Etabliert hat sich dabei der Werkstoff Reintitan, der sich neben einer gut dokumentierten biologischen Verträglichkeit auch aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften bewährt hat. Zahlreiche Studien haben sowohl mit großen Fallzahlen und langen Beobachtungszeiträumen die Eignung von Titanimplantaten hinreichend belegt. Dennoch werden auch Nachteile über Werkstoff Titan für enossale Implantate diskutiert. Ein Problem stellt die dunkle Farbe und die fehlende Transluzenz des Titans im ästhetischen Bereich dar. Bei dünn ausgeprägter Schleimhaut kann es zu einem störenden Durchschimmern des grauen Metalls kom-

men. Aus ästhetischer Sicht prothetisch nicht suffizient beherrschbar ist eine Situation, bei der der Implantatkopf durch Rezessionen, Gewebeschrumpfungen oder perimplantäre Entzündungen freiliegt. So können aus klinisch komplikationslos osseointegrierten Implantaten mit funktionell einwandfreiem Zahnersatz absolute prothetische Misserfolge werden, die nur mit enormen chirurgischen und prothetischen Maßnahmen ausgeglichen werden können oder die meist in einer Kompromissversorgung enden.

Weiterhin lehnen Patienten zunehmend die Verwendung von Metallen für die Versorgung ihrer Zähne ab. Diese oft mehr emotional vortragenen Befürchtungen von chemisch-toxischen, potenziell pathogenen Eigenschaften des Metalls werden von verschiedenen wissenschaftlichen Studien genährt. Die klinische Relevanz ist ungeklärt.

## Historische Entwicklung

Neben dem Werkstoff Titan für enossale Implantate wurde bereits in den 1960er-Jahren des letzten Jahrhunderts begonnen, Implantatsysteme aus keramischen Biomaterialien zu entwickeln. Der CBS-Anker (Crystalline bone screw) war eines der ersten auf dem Markt erhältlichen Systeme. Größere Anwendung erfuhr in Deutschland das sogenannte Tübinger Sofortimplantat. Ausgangsstoff für diese Implantattypen war hochreines  $Al_2O_3$ , das bei hohem Druck durch Sintern verdichtet wird. Diese Aluminiumoxidkeramiken zeigen die physikalische Eigenschaft eines sehr hohen Elastizitätsmoduls und damit einer ausgeprägten Materialsprödigkeit. So zeigte sich in der klinischen Praxis eine hohe Rate an Misserfolgen durch Brüche der Aluminiumoxidkeramik-Implantate unter Dauerbelastung. Die hohe Verlustrate des Tübinger

### KABELLOSER PROTHETIKSCHRAUBER mit Drehmoment-Kalibriersystem (TCS)

NSK präsentiert den kabellosen iSD900 Prothetikschrauber mit Drehmoment-Kalibriersystem (TCS) zum Festziehen von Halteschrauben. Der iSD900 trägt entscheidend zur Zeiteinsparung bei und ermöglicht dank seines einzigartigen, höchst einfach zu bedienenden Drehmoment-Kalibriersystems das präzise und risikofreie Befestigen von Abutment-Schrauben.

Darauf können Sie sich verlassen.



*new*

- Zeiteinsparung durch automatisches Befestigen von Halteschrauben
- Universell einsetzbar für große Implantatsysteme
- Drehmoment-Kalibriersystem
- Frei wählbare Drehmomente zwischen 10 und 40 Ncm
- Drehzahl wählbar (15, 20, 25 U/min)
- Ergonomischer An-/Aus-Schalthebel
- Benutzerfreundliche LCD-Digitalanzeige
- Fortschrittliche Akku- & Ladetechnologie

iSD900

**1.495,- €\***

\*Unverbindliche Preisempfehlung zzgl. MwSt.





Abb. 4



Abb. 5

Abb. 4: Der Knochen konnte optimal genutzt werden. – Abb. 5: Reizlose gingivale Situation nach vier Monaten.

Sofortimplantates durch Frakturen führte schließlich mit dazu, dass dieser Implantattyp vom Markt genommen wurde.

### Der Werkstoff Zirkonoxid

Zirkonoxid, genau genommen  $ZrO_2$ -Zirkondioxid, ist eine Hochleistungskeramik und im Bereich der Oxidkeramiken einzuordnen. Die größte Bedeutung in der Technik hat das teilstabilisierte, polykristalline, tetragonale Zirkonoxid (TZP – Tetragonal Zirconia Polycrystal). Y-TZP kennzeichnet die Stabilisierung auf Yttriumoxid-Basis. Untersuchungen an  $Y_2O_3$ -dotiertem Zirkonoxid haben ergeben, dass die mechanischen Eigenschaften von Zirkonoxidkeramiken mit dem Gehalt an verbleibender tetragonaler Phase linear gesteigert werden können. Dies führte zu einer Einwicklung von Zirkonoxidkeramiken mit weniger als 5 Gew.-%  $Y_2O_3$ , die vollständig aus tetragonaler Phase besteht.

Eine weitere Modifikation des Werkstoffes erfolgte durch die Erhöhung des  $Al_2O_3$ -Gehaltes auf 0,25%. Dabei konnten zwei Effekte erzielt werden. Zum einen konnte die Biegefestigkeit des Materials von 1.100 auf 1.200 MPa erhöht werden. Die weitere wichtige Verbesserung für den klinischen Einsatz liegt in der Erhöhung der Alterungsbeständigkeit, insbesondere bei erhöhten Temperaturen und wässriger Umgebung. Y-TZP-Keramik kann durch die Zugabe von 20–25 Gew.-%  $Al_2O_3$  zusätzlich verstärkt werden. Der Werkstoff wird als ATZ bezeichnet. Die  $Al_2O_3$ -Körner sind homogen verteilt im Gefüge und haben eine Korngröße von ca. 0,5  $\mu m$ . ATZ hat eine noch hö-

here Festigkeit als TZP, weist aber eine hohe Opazität und einen hohen Weißheitsgrad auf.

In der zahnärztlichen Prothetik hat Zirkonoxid bereits einen weiten Indikationsbereich erreicht. Von der Versorgung von Einzelkronen bis hin zu weitspannigen Seitenzahnbrücken haben sich Hochleistungskeramiken im klinischen Einsatz bewährt. Schritte in die zahnärztliche Implantologie wurden durch die Verwendung von Abutments aus Zirkonoxid gegangen. Zwischenzeitlich sind diese vorfabrizierten oder einzeln gefertigten Keramikabutments eine gleichwertige Alternative zu Titanaufbauten.

Aus diesen Anwendungen sind neben zahlreichen physikalischen Untersuchungen auch eine Anzahl von Veröffentlichungen zum Verhalten von Zirkonoxid in chemischer und biologischer Hinsicht in der Mundhöhle publiziert worden.

### Biokompatibilität und Osseointegration

Für den Ablauf der Osseointegration werden drei aufeinanderfolgende Stufen angegeben. Erstens die osteokonduktive Phase, bei der sich knochenbildende Zellen differenzieren und auf der Implantatoberfläche anlagern. Zweitens die Phase der Knochenneubildung und die dritte Phase des Knochenumbaus zu ausgereiften Knochen. Für die unterschiedliche Geschwindigkeit und Qualität dieser biologischen Prozesse werden die Implantatwerkstoffe und die Implantatoberfläche verantwortlich gemacht. Zirkonoxidkeramik hat sich in Untersuchungen sowohl als biokompatibel als auch als nicht abbaubar im Organismus bewiesen. Beide Eigenschaften sind Voraussetzung für den Einsatz als Werkstoff für dentale Implantate. Bei den vorgefundenen tierexperimentellen Untersuchungen



Abb. 6: Prothetische Versorgung mit einer vollkeramischen Brücke.

# Sinuslift Implantate

## Made in Germany



- Zertifikat: bakteriendichte Implantatverbindung
- Optimale Kraftverteilung bei FEM Test
- Sicherheit durch Safety-Stopp-Bohrer
- Zervikale Grooves verhindern Knochenabbau
- Beratung ausschließlich durch Implantat-Profis
- 10 Jahre Garantie auf Osseointegration
- Faire und stabile Preise

**NEU!**

**Mit Sicherheit besser bohren!**

Die neuen Safety-Stopp-Bohrer von Dentegris.



konnte als messbares Anzeichen anhand des mittleren Knochen-Implantat-Kontaktes durchgängig gezeigt werden, dass Implantate aus Zirkonoxidkeramik eine mindestens gleichwertige Osseointegration wie Titanimplantate aufweisen. Ein zusätzlicher Vorteil der Zirkonoxidkeramik im klinischen Einsatz ist die geringere Kolonisation von Bakterien im Vergleich zu Titan in der Mundhöhle. Insbesondere bei dem Durchbruch des Implantates durch die Gingiva kann dies unter Umständen ein Vorteil bei der Risikominimierung von



Abb. 7

### Die mechanische Belastbarkeit

Aus der Anwendung von Zirkonoxidkeramik in der prothetischen Zahnheilkunde als Kronen- und Brückengerüstmaterial ist die hohe Widerstandskraft unter Kaubedingungen bekannt. Mit der hohen Dauerfestigkeit von Zirkonoxidkeramiken im Vergleich zu Aluminiumoxidkeramiken scheinen die Probleme aus den Anfängen der keramischen Implantate überwunden zu sein. Auch die Widerstandsfähigkeit in alkalischen wie auch sauren Medien



Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11

Abb. 7: Minimalinvasiver Zugang durch Stanzung. – Abb. 8: Aufbereitung des Implantatbettes mit keramischen Bohrern. – Abb. 9: Insertion eines ZIRALDENT-Implantates, Metoxit, Thayngen (Schweiz). – Abb. 10: Der Kopf des Implantates muss nun noch gekürzt werden. – Abb. 11: Die provisorische Sofortversorgung soll kontaktfrei gestaltet werden.

periimplantären Entzündungen sein. Neben der erschwerten Anlagerung von Bakterien an Zirkonoxid zeigen Zirkonoxidkeramiken eine deutlich geringere Entzündungsreaktion im Weichgewebe als Titan. Rimondini et al. (2002) konnten eine deutlich geringere bakterielle Kolonisation von Zirkonoxidprüfkörpern im Gegensatz zu Titan feststellen. Zudem konnten sie bei den Proben aus Zirkonoxid keine Unterschiede für die bakterielle Besiedlung bei einem glatten Werkstück und einem rauen Prüfkörper nachweisen. Dieses Ergebnis grenzt sich damit deutlich von Untersuchungen von glatten und rauen Titanoberflächen ab.

lassen Zirkondioxid für die Anwendung im Milieu des Mundraumes geeignet erscheinen. Es liegen jedoch wenige Arbeiten über die mechanische Belastbarkeit von keramischen Implantaten vor. Kohal et al. (2002) untersuchten das Verhalten von Zirkonoxidkeramikimplantaten im Vergleich mit Titanimplantaten in einer Finite-Element-Analyse. Die Implantate mit einem gleichen Design zeigten ähnliche Spannungsverteilungen, sodass die Autoren Zirkonoxidkeramik als einen alternativen Werkstoff für Implantate betrachten. Eine experimentelle Untersuchung zur Kaubelastbarkeit von verschiedenen keramischen Kronen auf Titan- bzw. Keramikimplantaten zeigte

**Dentegris**  
DEUTSCHLAND GMBH  
DENTAL IMPLANT SYSTEM

Dentegris Deutschland GmbH

Tel.: +49 211 302040-0

Fax: +49 211 302040-20

www.dentegris.de

keinen Einfluss des Implantatmaterials auf die Belastbarkeit der verschiedenen Kronen. Offen ist jedoch die Auswirkung auf die Mikrostruktur der Zirkonoxidkeramik nach Beschleifen. Die einteiligen Implantate müssen regelmäßig im Mund nach der Implantation bzw. vor der prothetischen Versorgung durch Beschleifen formverändert werden. Diese Maßnahmen sind notwendig, um die Länge

tate, für die es die besten Langzeitstudien gibt, sind mittlerweile nicht mehr auf dem Markt erhältlich. Albrektsson und Wennerberg (2004b) fassen aus ihren Untersuchungen zusammen, dass neue Implantate mit modifizierten Makro- und Mikrodesign in der Regel ohne ausreichende klinische Untersuchungen auf den Markt gebracht werden. Die Implantathersteller beginnen

kann, müssen weitere Gründe bestehen, um einen klinischen Nutzen eines neuen Materials zu begründen.

Der Einfluss von Metall auf die Entwicklung von Autoimmunerkrankungen im menschlichen Organismus wird zwar strittig diskutiert, aber als möglicher relevanter Faktor erkannt. So werden Metalle als Co-Faktoren bei Entstehung von multipler Sklerose, rheumatoider Arthritis oder auch psychischen Erkrankungen, wie Erschöpfungszustände oder Depressionen und anderen psychosomatischen Symptomen aufgeführt. Als Erklärungen werden allergische und toxische Effekte auf das biologische System angeführt. Bei Titan und insbesondere Titanlegierungen sind vereinzelt allergische Reaktionen beschrieben worden, Hinweise für solche spezifischen Immunreaktionen sind auf Zirkondioxid bis jetzt nicht bekannt. Insbesondere wird bei metallinduzierten Erkrankungen die chronische gering dosierte Exposition von Metallen diskutiert. Es konnte gleichermaßen für Titanimplantate wie für Zirkonoxidkeramikimplantate im Tierversuch keine Karzinogenität oder chronische Toxizität nachgewiesen



Abb. 12



Abb. 13

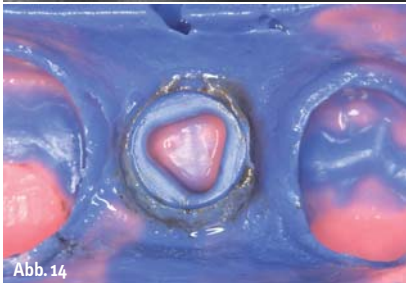


Abb. 14



Abb. 15

Abb. 12: Röntgenkontrolle nach Einbringen des Implantates. – Abb. 13: Komplikationslose Einheilung, Zustand nach drei Monaten. – Abb. 14: Konventionelle Abdrucknahme. – Abb. 15: Versorgung mit einer vollkeramischen Krone.

der Implantate zu reduzieren, die Inklination der Pfosten zu korrigieren, oder die Präparationsgrenze vor der prothetischen Versorgung epi- oder subgingival sind wissenschaftlich kaum untersucht. Hier liegen ausschließlich Empfehlungen der Hersteller vor.

### Weiterentwicklungen der Zirkonoxidkeramikimplantate

Die aufgeführten Untersuchungen über Zirkonoxidimplantate verweisen auf ein Entwicklungspotenzial bei der Modifikation der Oberflächen zu erhöhten Rauigkeiten. Eine Analogie zu der Entwicklungsgeschichte von Titanimplantaten von glatten maschinieren zu rauen strukturierten Oberflächen ist erkennbar. Bei Titanimplantaten konnte durch die rauere Oberfläche eine signifikante Erhöhung der Werte für Knochen/Implantat-Kontakt erzielt werden. Die Auswirkung verschiedener Oberflächenrauigkeiten und verschiedener Methodiken zur Oberflächenbearbeitung von Titanimplantaten sind jedoch kaum wissenschaftlich belegt. Die Implan-

oft erst nach der Markteinführung mit dem Erstellen von klinischen Dokumentationen. Die erhöhte Osseointegration von rauen oder porösen Zirkonoxidkeramiken im Vergleich zu glatten oder makrostrukturierten Keramikprüfkörpern konnte nachgewiesen werden. Mit diesem Anstieg der Fähigkeit zur Osseointegration könnten auch die besseren Überlebensraten von rauen Implantaten in der Untersuchung von Oliva et al. (2007) mit 98 % in Gegensatz zu den verwendeten Implantaten bei Mellinghoff (2006) mit 93 % und Lambrich und Iglhaut (2008) mit 84,4 % im Oberkiefer bzw. 98,4 % im Unterkiefer interpretiert werden.

### Zirkonoxidkeramikimplantate vs. Titanimplantate

Geht man davon aus, dass eine Osseointegration von Zirkonoxidimplantaten als gleichwertig zu den modernen oberflächenbehandelten Titanimplantaten erwartet werden

werden. Ein Vorteil von Zirkonoxidimplantaten im Gegensatz zu Titanimplantaten ist die helle, die Wurzel imitierende, Farbe. Insbesondere bei dünner periimplantärer Mukosa kann es bei Titanimplantaten und Titanaufbauten zum Durchscheinen des dunklen, grauen Metalls kommen. Bei Patienten mit dünnen Schleimhäuten konnten mit Zirkonoxidimplantaten und Abutments aus Zirkonoxid die geringste farbliche Veränderung festgestellt werden. Eine weitere ästhetische Verbesserung kann durch eingefärbte Implantate bzw. Aufbauten erreicht werden.

### Evidenz des klinischen Einsatzes

Das wissenschaftlich gesicherte Wissen über die Anwendung von Zirkonoxidkeramik als Werkstoff in der Medizin im Allgemeinen erscheint ausreichend, um einen klinischen Einsatz zu rechtfertigen. Die Bewährungsprobe in der orthopädischen Chirurgie oder in der zahnärztlichen Prothetik wurde erbracht. In diesen Feldern liegen inzwischen etliche Studien mit einem formal hochwertigen Stu-

diendesign vor, dass eine Umsetzung dieser neuen Erkenntnisse in die tägliche Praxis gerechtfertigt erscheint. Auf der anderen Seite sind dentale Implantate aus Titan hinreichend durch klinische kontrollierte Studien untersucht worden, dass auch ihr Einsatz in der zahnärztlichen Praxis als erfolgssicheres Verfahren gelten kann. Das Zusammenführen dieser beiden Erkenntnisse zu einem vollkeramischen Implantat ist jedoch noch nicht hinreichend belegt. Die Qualität der Studien ist noch nicht ausreichend. An kontrollierten Studien liegen nur wenige In-vitro-Untersuchungen vor und einige Tierversuche. Prospektive Studien für den klinischen Einsatz von Zirkonoxidimplantaten fehlen noch vollständig. Ein Vergleich mit herkömmlichen Titanimplantaten und damit auch eine mögliche Empfehlung für den praktischen Einsatz kann somit noch nicht getroffen werden. Keine Arbeit erfüllt die von Zarb und Albrektsson (1998) geforderten Determinanten für die Erfolgsbeurteilung von Implantaten. Auch sind Gesichtspunkte der prothetischen Versorgung, wie zum Beispiel bei ungünstigen Implantatpositionen oder Hybridprothetik und der Nachweis, dass es sich um ein mindestens gleich gutes Therapieverfahren wie die Implantation von Titanimplantaten handelt, noch nicht erbracht. Die Dominanz von Veröffentlichungen mit einer allzu großen Nähe zu den Implantatherstellern ist auffallend, ein Umstand, der in der Implantologie in toto bekannt ist und kritisiert wird (Walton 2006).

### Zusammenfassung

Aufgrund der in Methodik, Statistik, Studiendesign und Informationsgehalt stark divergierenden und der geringen Zahl an Veröffentlichungen können nur deskriptiv, auf einem niedrigen Evidenzniveau, folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Zirkonoxid ist ein bioinert, gewebeverträglicher Werkstoff, der in der Lage ist, mit dem Knochen und Weichgewebe ohne Fremdkörperreaktionen zu interagieren. Es findet eine Osseointegration der Zirkonoxidimplantate auf einem ähnlichen Niveau wie bei herkömmlichen Titanimplantaten statt.
- Es zeichnet sich eine Weiterentwicklung der Zirkonoxidimplantate ab, bei der durch Modifikationen der Oberfläche eine bessere

Osseointegration erreicht werden soll. Dies kann analog zu der Entwicklung der modernen Titanimplantate mit ihren rauen Oberflächen gesehen werden.

- Zirkonoxidimplantate zeigen deutliche Vorteile im ästhetischen Umfeld durch ihre weiße oder eingefärbte Farbe. Zudem bietet sich die Möglichkeit, auch die Suprastruktur in demselben Material mittels verblendeter Zirkonkronen zu gestalten. Der zunehmende Patientenwunsch nach metallfreien Versorgungungen kann damit erfüllt werden.
- Die Qualität und Quantität von klinischen Studien über Zirkonoxidimplantaten ist bedenklich niedrig. Verschiedene auf dem Markt erhältliche Implantatsysteme können keinerlei wissenschaftliche Untersuchungen vorlegen. Die wenigen klinischen Studien sind auf geringem Evidenzlevel und sie sind alle in mehr oder minder direktem Kontakt mit den Herstellerfirmen verbunden.
- Der Einsatz in der implantologischen Praxis kann daher noch nicht standardmäßig empfohlen werden. Werden solche vollkeramischen Implantate verwendet, bedarf es einer besonderen Aufklärung des Patienten.
- Das mögliche Potenzial von Zirkonoxidimplantaten ist als hoch einzuschätzen. Es bedarf jedoch weiterer klinischer Forschung und vor allem wissenschaftlich gut angelegter Studien mit klarem Studiendesign. ◀

ZWP online

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

### autor



Dr. Sigmar Schnutenhaus  
Master of Science Implantologie  
Master of Science Parodontologie  
Breiter Wasmen 10  
78247 Hilzingen  
Tel.: 0 77 31/18 27 55  
E-Mail: [info@schnutenhaus.de](mailto:info@schnutenhaus.de)

# Das Original

nur aus Bad Nauheim



## K.S.I.

20 Jahre Langzeiterfolg

**K.S.I. Bauer-Schraube**

Eleonorenring 14 · 61231 Bad Nauheim  
Tel. 06032/31912 · Fax 06032/4507