

Ist die Zukunft der Implantologie weiß? Pro und Contra Titan

Von Jochen Mellinghoff

Im vorliegenden Artikel werden die beiden Materialien Titan und Zirkonoxid anhand einer Literaturrecherche hinsichtlich der wichtigsten Implantatkriterien miteinander verglichen. Ähnliche Ergebnisse in der Biokompatibilität und dem Osseointegrationsverhalten beruhen dabei auf der beiden Materialien eigenen Oxidoberfläche. Unterschiede in den Bereichen Weichgewebsverhalten, Materialstabilität, Ästhetik und Korrosion sind dagegen vor allem auf die grundsätzlich verschiedenen Materialeigenschaften von Metallen und Metalloxiden zurückzuführen.

Seit einigen Jahren ist Zirkonoxid in der dentalen Implantologie auf dem Vormarsch. Strahlend weiß kommen die einteiligen Dentalimplantate daher und sind zudem metallfrei. Diese beiden sicherlich sehr interessanten Eigenschaften legen zunächst einen Materialvorteil gegenüber Titan nahe. Aber wie schneiden die beiden Materialien insgesamt in einem Vergleich ab? Unter dieser Fragestellung wurde die bestehende Literatur hinsichtlich der wichtigsten Implantatkriterien gesichtet und die Ergebnisse in

einer vergleichenden Betrachtung gegenübergestellt.

Begriffsbestimmung

Generell ist für einen Vergleich zunächst eine exakte Begriffsbestimmung sinnvoll. Ein Blick in ein chemisches Periodensystem genügt, um festzustellen, dass die Elemente Zirkon und Titan zu der gleichen Hauptgruppe gehören und deshalb chemisch sehr eng miteinander verwandt sind. Um die großen Materialunterschiede der beiden



Implantatsysteme verstehen zu können, müssen deshalb unbedingt die folgenden beiden „Materialformen“ auseinandergehalten werden: In der Reinform sind Titan und Zirkon metallisch und besitzen folglich auch alle Eigenschaften der Metalle:

- Verformbarkeit
- Elektrische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Metallischer Glanz
- Korrosionsanfälligkeit

Liegen die Elemente dagegen in oxidiert Form vor, haben wir es mit Metalloxiden und nicht mit Metallen zu tun, denn diese besitzen eine andere chemische Struktur und haben entsprechend auch gänzlich andere Eigenschaften:

- Elektrisch neutral
- Große Härte
- Weiße Farbe
- Chemisch relativ inert

Es muss deshalb immer von „Zirkonoxid“ oder noch exakter von „Zirkonoxid-Implantaten“ gesprochen werden, da es sich hier um ein reines Metalloxid (Nichtmetall) handelt, dass zu einer Oxidkeramik aufbereitet wurde. Im Englischen existiert für Zirkonoxid zusätzlich noch die Bezeichnung „Zirconia“. Bei Titanimplantaten ist die Bezeichnung „Titanoxidimplantate“ sehr gebräuchlich, obwohl reines Titanoxid ebenso wie Zirkonoxid schneeweiß ist. Es handelt sich hier dennoch um keine komplette Falschbezeichnung, da mit der Umschreibung „Titanoxid“ dem

Umstand Rechnung getragen wird, dass sich auf der Oberfläche des Titanimplantats in Bruchteilen einer Sekunde eine 2-5 Millionstel-Millimeter „dicke“ Schicht aus Titanoxid bildet (siehe Abb.1). Diese hauchdünne Schicht hat für die Implantologie große biologische Bedeutung, da sie das darunterliegende Metall für alle integrativen Gewebeprozesse „maskiert“. Titan wird von den Körperzellen nicht als Metall erkannt und deshalb im Gewebe toleriert [16, 9].

Biologische Verträglichkeit

Betrachtet man die Studien, die sich mit der **Biokompatibilität** der beiden Materialien auseinandersetzen, überrascht es deshalb auch nicht, dass man



Abb. 1:
Implantate im Querschnitt/ Prinzip der Materialschichtung

hier relativ übereinstimmende Ergebnisse vorfindet, denn beide Implantattypen stellen sich chemisch gesehen äußerlich als Metalloxid dar. Schon Albrektsson et al. [1] fanden, dass beide Materialien gut vom Gewebe akzeptiert werden und sich keinerlei negative Gewebsreaktionen zeigen. Diese Ergebnisse wurden in den vergleichenden Studien von Dubruillé et al., [4] Kohal et al. [10] und Sennerby et al. [17] bestätigt.

Die **Osseointegrationseigenschaften** wurden ebenfalls für beide Materialien in vergleichenden Studien untersucht und auch hier konnte in den Arbeiten von Albrektsson et al. [1] und Kohal et al. [10] zunächst kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Erst in den Studien jüngerer Datums fand man Abweichungen, die jedoch auf die unterschiedliche Oberflächenrauigkeit der untersuchten Implantate zurück geführt wurden. (Siehe Abb. 2)

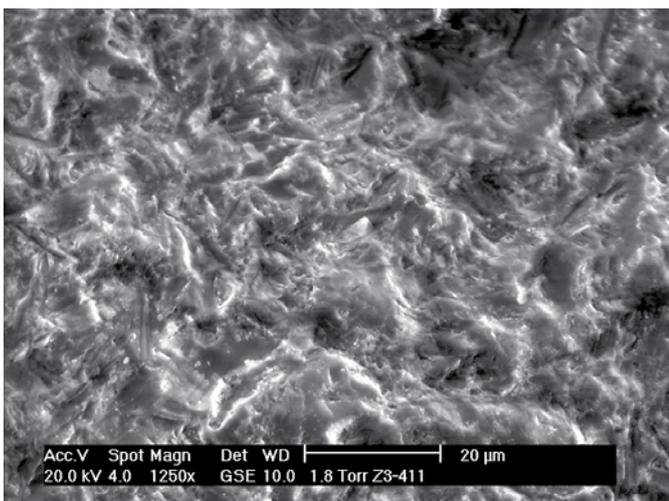


Abb. 2:
Mikroskopische Aufnahme einer angerauten Zirkonoxidoberfläche/ Quelle: Zirkonoxidhersteller Metoxit AG

Sennerby et al. [17] ermittelten bei vergleichbarer **Oberflächenrauigkeit** eine vergleichbare Osseointegration. Zirkonoxidimplantate mit glatter Oberfläche schnitten dagegen signifikant schlechter ab. Ähnliche Er-



Abb. 3:
Reizfreie Gingiva-situation

gebnisse erhielten auch Gahlert et al. [5]. Sie dokumentierten bei einer im Vergleich zum Zirkonoxid doppelt so

rauen Oberfläche des Titanimplantats, auch eine doppelt so gute Osseointegration. In dieser Studie schnitten die aufgerauten Zirkonoxidimplantate im Vergleich zu den unbehandelten Zirkonoxidimplantaten ebenfalls signifikant besser bezüglich der Osseointegration ab (siehe Abb.2). Man schlussfolgerte deshalb, dass generell eine Verbesserung der Osseointegration, durch eine Steigerung der Oberflächenrauigkeit zu erzielen sei.

Auch die potentiellen Einflüsse auf das **Entzündungsverhalten** der Gingiva wurden für beide Implantatmaterialien untersucht. In einer Studie von Scarano et al. [14] wurden kleine Scheiben beider Materialien mit gleicher Oberflächenrauigkeit in der Mo-

larenregion der Probanden befestigt. Nach 24 Stunden ermittelte man das Ausmaß der Keimbildung. Zirkonoxid schnitt hierbei mit einer signifikant niedrigeren Besiedlungsdichte besser ab. Wenn man davon ausgeht – so die Schlussfolgerung der Autoren– dass bakterieller Zahnbelag eine wichtige Voraussetzung für eine entzündliche Weichgewebereaktion darstellt, so legt im Umkehrschluss eine Zahnoberfläche bzw. Implantatoberfläche mit reduzierter Plaqueaffinität eine günstige Weichgewebsvoraussetzung nahe. Glauser et al. [6] und Sidharta [18] bestätigten das günstige Weichgewebsverhalten bei Zirkonoxid, das in beiden Arbeiten sogar etwas besser als an natürlichen Zahnoberflächen ausfiel. (Siehe Abb. 3)

Physikalische Eigenschaften

Vergleicht man die beiden Implantatmaterialien hinsichtlich ihrer Stabilität, so hat Titan als Metall sicherlich den Vorteil, dass es kaltverformbar ist und deshalb Spannungen durch Verbiegen in der Metallstruktur aufnehmen kann.

Aber auch dem Material Zirkonoxid bescheinigen einige Studien hervorragende physikalische Eigenschaften, die es befähigen den okklusalen Kräften durch eine ausreichend hohe Frakturresistenz zu trotzen [3, 20, 2, 15]. Auffällig ist hier insbesondere die für eine Oxidkeramik hohe Biegefestigkeit und Risszähigkeit (siehe Abb.4).

Eigenschaft	Einheit	Titan	Zirkonoxid	Aluminiumoxid
Dichte	g/cm ³	4.43	6.08	3.98
Härte	HV	200	1200	2100
Biegefestigkeit	MPa	400	1200	500
E-Modul	GPa	140	200	380
Risszähigkeit	K _{Ic}	-	8	4
Weibull Modul	m	-	16	1.8

Obwohl Titan von einer Oxidschicht überzogen ist, die genauso wie Zirkonoxid nicht korrodieren kann, so wurde doch unter bestimmten Milieubedingungen eindeutig Korrosion an Titanoberflächen nachgewiesen [21, 19]. Voraussetzung hierfür waren saure Fluorlacke und Fluorgele, wie sie z.B. in der Prophylaxe verwendet werden. Man geht davon aus, dass die Oxidoberfläche des Titans in einem sauren Milieu durch Fluorionen besetzt wird und es so zu einer Störung des Korrosionsschutzes kommt [21].

Klinische Anwendung

In **ästhetischer Hinsicht** kommt der Vorteil eines zahnfarbenen Implantatmaterials vor allem dann zum Tragen, wenn man es mit einer eher dünnen Gingiva zu tun hat oder mit den Jahren eine Retraktion der Weichgewebe eintritt. Das Durchsimmern des Titans beeinträchtigt hier häufig die natürliche rot-weiß-Ästhetik [11]. Junge [7]



Abb. 5: Prinzip der Gingiva- ausleuchtung nach Junge [7]

führt bläulich-gräuliche Verfärbungen der Gingiva bei Titanimplantaten vor

einteiligen Zirkonoxidimplantate zurückzuführen (siehe Abb.6).

Bei der Verwendung von Zirkonoxidimplantaten sind deshalb folgende Unterschiede für das OP-procedere zu berücksichtigen:

- Die supragingivale Implantatgestaltung erfolgt direkt im Mund mit Rotpunktdiamanten und unter ausreichender Wasserkühlung.
- Während der Einheilphase sind Schutzmaßnahmen erforderlich! (siehe Abb.7 und 8)
- kein zweiter chirurgischer Eingriff
- geringerer Netto-Zeitaufwand
- Kein Fehler beim Coping möglich
- Keine Abutmentröntgenkontrolle nötig
- Keine Gefahr durch Schraubenverluste

Abb. 4: Quelle: Zirkonoxidhersteller Me-toxite AG

allein auf eine fehlende Transmission des Lichts zurück, wodurch eine Aufhellung der Gingiva aus der Tiefe verhindert wird. (siehe Abb.5).

Auch bezüglich des **OP-Handlings** ergeben sich für beide Implantattypen trotz dem sehr ähnlichen Implantatdesign Unterschiede. Diese sind vor allem auf die transgingivale Einheilung der



Abb. 6: Einteiliges und zweiteiliges Implantatsystem



Abb. 7: Ein Muss: Schutzmaßnahme während der transgingivalen Einheilung von Zirkonoxidimplantaten.

Ausblick

Sicherlich ist der **klinische Erfolg** von Schraubenimplantaten aus Titan bisher in einer großen Anzahl von Studien belegt worden, während Zirkonoxid, als in der Zahnmedizin noch relativ junges Material, sich diesbezüglich noch in größer und länger angelegten Studien, als es bisher der Fall war, bewähren muss. Dennoch stimmen die bisher veröffentlichten Ergebnisse optimistisch (siehe Abb.9).

Ob die Zukunft der dentalen Implantologie weiß ist, lässt sich an dieser Stelle nicht abschließend beurteilen. Sehr wahrscheinlich ist allerdings, dass Zirkonoxidimplantate eine wichtige Rolle in der prothetischen Rehabilitation der ästhetisch wichtigen Frontzahnregion spielen werden. In der Versorgung von Patienten mit Materialunverträglichkeiten sind sie eine wertvolle Alternative zu den Titanimplantaten

Studie	Total [Implantate]	Ø Liegezeit [Monate]	Implantatloss [%]
Oliva et al. [13]	100	12	2
Sidharta [18]	92	30	2
Mellinghoff [12]	189	6,7	4,5

Abb. 9: Implantatloss von Zirkonoxidimplantaten

Literatur

1. Albrektsson T, Hansson H-A, Ivarsson B: Interface analysis of titanium and zirconium bone implants; Biomaterials 1985; 6: 97-101.
2. Att W, Stamouli K, Gerdts T, Strub J R: Fracture resistance of different zirconium dioxide three-unit all-ceramic fixed par-



Abb. 8: Schutzschiene / Quelle: Oral Bodensee Design

3. Cales B, Stefani Y, Lilley E: Long-term in vivo and in vitro aging of a zirconia ceramic used in orthopady; Journal of Biomedical Materials Research 1994; 28: 619-624.
4. Dubruielle JH, Viguier E, Le Naour G, Dubruielle MT, Auriol M, Le Charpentier Y: Evaluation of combinations of titanium, zirconia, and alumina implants with 2 bone fillers in the dog; Int. J. Oral Maxillofac. Implants 1999; 14(2): 271-7.
5. Gahlert M, Gudehus T, Eichhorn S, Steinhäuser E, Kniha H, Erhardt W: Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia implants with varying surface textures and a titanium implant in the maxilla of miniature pigs; Clin Oral Implants Res. 2007; 18(5): 662-8.
6. Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M, Schärer P: Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study; Int. J. Prosthodont.;17(3): 285-290.
7. Junge L.M.: Klinische Erfahrungen mit 2 vollkeramischen Wurzelstiftsystemen. Med. Dent. Diss., Aachen 2002
8. Kasemo B, Lausmaa J: Material-tissue Interfaces: The Role of Surface Properties and Processes; The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants 1988; 3 (4): 247-259.
9. Kasemo B, Lausmaa J: Material-tissue Interfaces: The Role of Surface Properties

- and Processes; Environmental Health Perspectives 1994; 102: 41 – 45.
10. Kohal R J, Weng D, Bächle M, Klaus G: Zirkonoxid-Implantate unter Belastung. Eine vergleichende histologische, tierexperimentelle Untersuchung; Z. Zahnärztl. Implantol. 2003; 19(2): 88-91.
 11. Kohal R J, Weng D, Bächle M, Strub J R: Loaded Custom-Made Zirconia and Titanium Implants Show Similar Oseointegration: An Animal Experiment; J. Periodontol. 2004; 75:1262-1268.
 12. Mellinghoff J: Erste klinische Ergebnisse zu dentalen Schraubenimplantaten aus Zirkonoxid; ZZI 2006; 22 (4): 288-293.
 13. Oliva J, Oliva JD: One-year follow-up of first consecutive 100 zirconia dental implants in humans: a comparison of 2 different rough surfaces; Int. J. Oral Maxillofac. Implants 2007; 22(3): 430-5.
 14. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A: Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study; J. Periodontol. 2004; 75(2): 292-6.
 15. Schäfer R, Ulrich D: Überprüfung der Ermüdungsfestigkeit beschliffener keramischer Dentalimplantate; Fraunhofergesellschaft/ Institut Werkstoffmechanik 2007; Testbericht V 19.
 16. Schmidt M: Spezifische Absorption organischer Moleküle auf oxidiertem Titan: „Bioaktivität auf molekularem Niveau“: Osteologie Band 1, Heft 4. Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle 1992, S. 222-2235.
 17. Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M: Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: A histomorphometric and removal torque study in the rabbit; Clin. Implant. Dent. Relat. Res. 2005; 7 (1): 13-20.
 18. Sidharta J: Klinische Nachuntersuchung von Zirkondioxidkeramik-Implantaten: Funktion als Kalzium-Kathode. Med. Dent. Diss., Konstanz 2007.
 19. Siirila H S, Kononen M: The effect of oral topical fluorides on the surface of commercially pure titanium; Int. J. Oral Maxillofac. Implants 1991; 6: 50-54.
 20. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H: Fracture Resistance of Lithium Disilicate-, Alumina-, and Zirconia- Based Three-Unit Fixed Partial Dentures: A Laboratory Study; The International Journal of Prosthodontics 2001; 14(3): 231-238.
 21. Tourmelin-Chemla F, Rouelle F, Burdairon G: Corrosive Properties of fluoride-containing odontologic gels against titanium; J. Dent. 1996; 24: 109-115.



Dr. med. dent.
**Jochen
Mellinghoff MSc**

Pfauengasse 14
89073 Ulm

Tel: 0731 62158, Fax: 0731 610196

praxis@dr-mellinghoff.de

www.dr-mellinghoff.de

- 1986 Niederlassung in eigener Praxis in Ulm
- 1990 bis heute Vortragstätigkeit in Prävention und Lebensführung, Praxismanagement, Medienverwaltung und Dokumentation, Kurse in Implantologie mit Live-Ops,
- 1997 Diplom als Zahnarzt für Naturheilkunde DAAAM
- 1998 Ausbildung Parodontologie IPI München
- 2002 Diplom für Orthomolekulare Medizin FOM
- Vorstands- und Referententätigkeit im Curriculum des FOM im In- und Ausland
- 2002 Gesundheits- und Mentaltrainer GGMB
- 2004 Abschluss Curriculum Implantologie bei der DGI
- 2005 Gastdozent an der Universität Krems
- 2006 Master of Science Orale Chirurgie an der Donau – Universität Krems