

## Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung und qualitative/quantitative Elementanalyse

# Neues Tantal-Titan-Hybrid-Implantat unter der REM-Lupe

Seit vielen Jahren führt der BDIZ EDI im Rahmen der Arbeit des Q+R Ausschusses (Quality & Research Committee) materialtechnische Untersuchungen an dentalen Implantaten durch. Hierbei stehen insbesondere Fragen der mechanischen Präzision sowie der Qualität beziehungsweise Beschaffenheit der Implantatoberflächen im Vordergrund. Im Jahr 2008 hatte der BDIZ EDI erstmals die Oberflächen von 23 verschiedenen, steril verpackten Implantaten aus neun Ländern rasterelektronenmikroskopisch untersucht und nachfolgend einer qualitativen und quantitativen Elementanalyse zugeführt. Diese Studie hatte seinerzeit unerwartete Ergebnisse wie größere Reste des Strahlmittels Korund, organische Verunreinigungen und wenig präzise Gewindestrukturen bei einzelnen Herstellern gezeigt [7]. Von 2010 bis 2012 wurden abermals vergleichbare Analysen mit 58 verschiedenen Implantaten von 45 Herstellern durchgeführt. Dabei wurden nicht nur Implantate aus Titan und seinen Legierungen, sondern auch Implantate aus Zirkonoxid und erstmals ein neu entwickeltes Tantal-Titan-Hybrid-Implantat in die Studie aufgenommen.

Seit Per Ingvar Brånemark 1965 den ersten Patienten mit einem implantatgetragenen Zahnersatz versorgt hat, wurde die Oberfläche dentaler Implantate weiterentwi-

ckelt, um eine bessere und schnellere Integration in die knöcherne Umgebung zu realisieren. Seit langem ist bekannt, dass die Oberfläche eines Implantats maßgeblich die initiale Phase der biologischen Antwort auf das inserierte Implantat determiniert und damit einen großen Einfluss auf die Einbindung in umliegende Gewebestrukturen hat [5, 6].

Das Tantal-Titan-Hybrid-Implantat zeigt eine neuartige Oberflächen-topographie, denn es verfügt über einen porösen Mittelteil aus Tantal während die Implantatschulter und der apikale Bereich des Implantats eine Hydroxylapatit-gestrichelte Oberfläche aus Titan aufweisen (Abb. 1 und 2).

Das in der Orthopädie seit langem verwendete biokompatible und korrosionsbeständige [13] Element Tantal bildet die Grundlage für eine dreidimensionale, trabekelartige Struktur mit hoher Porosität (Abb. 3 bis 6). Mit diesem Werkstoff

wurde eine vollständig neue Oberflächenstruktur bei dentalen Implantaten eingeführt, die ein Einwachsen von Knochenzellen in die Tiefe der Struktur ermöglichen soll [21]. So findet sich in diesem Zusammenhang in der Literatur der Begriff „Osseoincorporation“, der Brånemarks Definition der Osseointegration um die dritte Dimension zu ergänzen versucht [2, 19].

Tatsächlich bietet das vom Hersteller als „Trabecular Metal“ vermarktete Implantat in seinem Mittelteil eine poröse, dem spongiösen Knochen nicht unähnliche Struktur. Grundlage dieser dreidimensionalen Struktur ist ein vollständig mit Tantal beschichtetes glasartiges Kohlenstoffgerüst.

Bei der industriellen Herstellung von Implantaten haben die unterschiedlichen Behandlungen des Werkstoffs Titan nicht nur Einfluss auf die Oberflächenbeschaffenheit des Implantats. Sie können auch organische oder anorgani-



Abb. 1 Tantal-Titan-Hybrid-Implantat (Trabecular Metal Implantat, Zimmer)

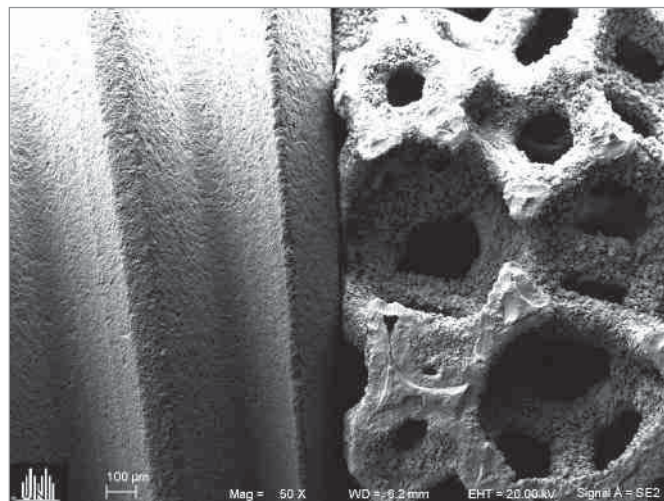


Abb. 2 Übergangsbereich Titan (li.) und Tantal (re.) (50x)

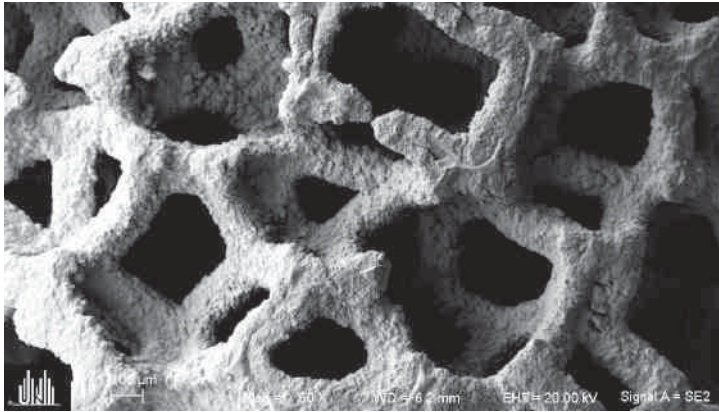


Abb.3 Dreidimensionale Struktur aus Tantal (50x)

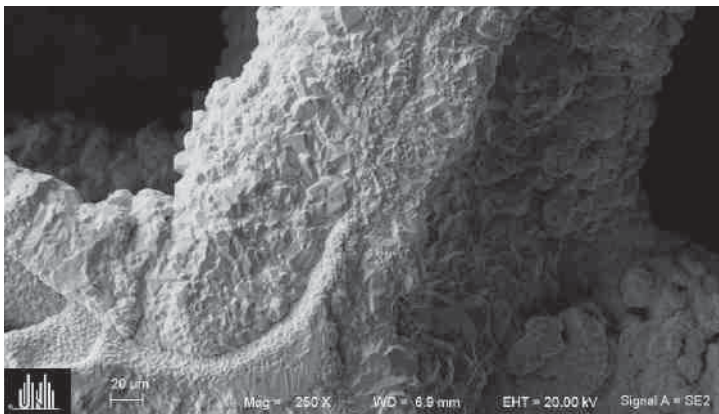


Abb.4 Tantal 250x

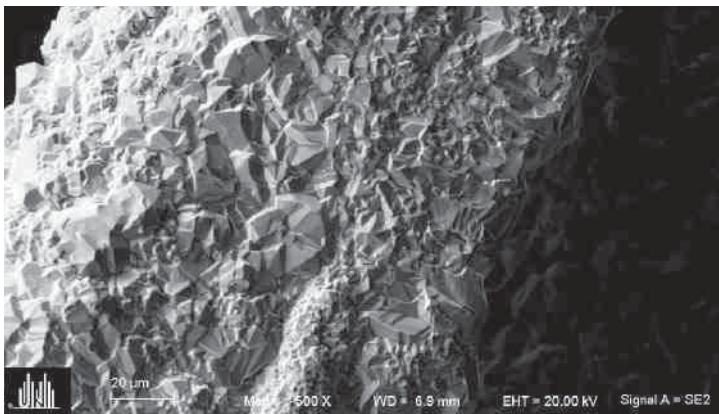


Abb.5 Tantal 500x

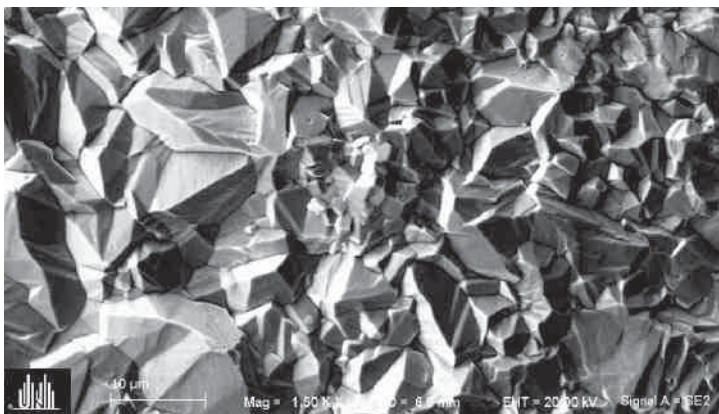


Abb.6 Tantal 1500x

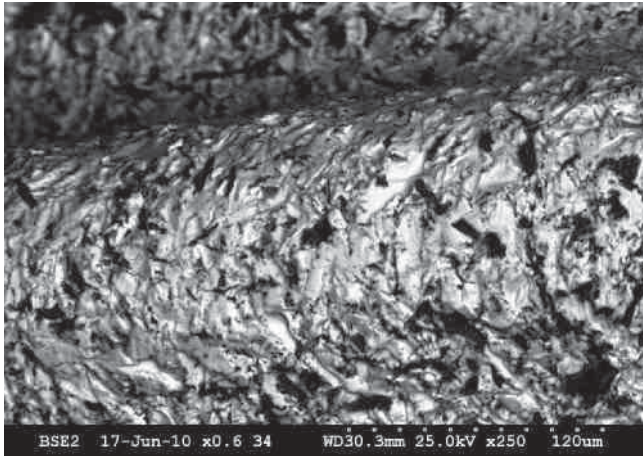


Abb. 7 Strahlgutrückstände auf bis zu 20 Prozent der Oberfläche (gestrahl-geätztes Implantat) (250x)

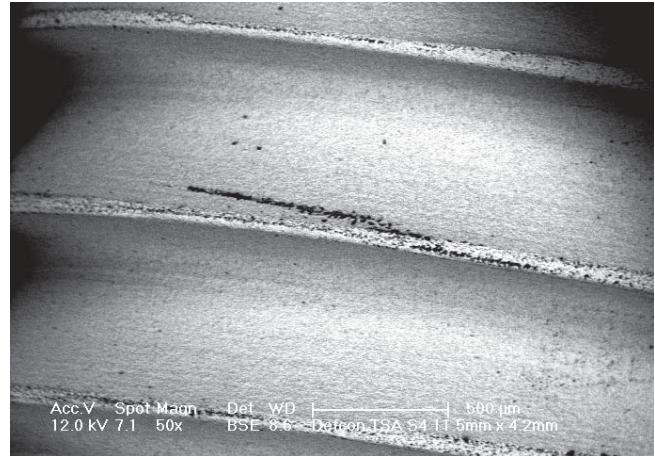


Abb. 8 Organische Verunreinigung auf einem geätzten Implantat (50x)

sche Rückstände auf den Oberflächen hinterlassen.

In der vorliegenden Untersuchung konnten mit dem Rasterelektronenmikroskop nicht nur hochauflösende Aufnahmen der Oberflächentopographie erstellt werden. Ein so genanntes Materialkontrastbild ermöglichte zudem Rückschlüsse auf die chemische Natur des Objektmaterials und Verteilung verschiedener Materialien in der Aufnahme. Im Materialkontrastbild erscheinen Elemente mit niedrigerer Ordnungszahl als Titan (und daher geringerer Elektronenrückstreuung) dunkler. So stellen sich Reste des Strahlgutes Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Abb. 7) ebenso wie organische Verschmutzungen (Abb. 8) als dunkle, in das Titan eingedrungene Partikel beziehungsweise dunkle oberflächliche Streifen dar.

Bei der qualitativen und quantitativen Analyse der Implantatoberflächen, der so genannten Energie Dispersiven Röntgenspektroskopie (EDX), wird über die von einer Probe emittierten Röntgenstrahlung die Elementzusammensetzung ermittelt. Die EDX-Analyse ermöglicht eine Identifizierung der gefundenen Elemente (qualitativ) und Angaben zur jeweiligen Konzentration (quantitativ). So lassen

sich sowohl einzelne Spots als auch flächenhafte Areale exakt analysieren.

Das untersuchte Hybrid-Implantat mit der Titanlegierung (Titan Grad 5) und Tantal zeigte im REM auch bei hohen Vergrößerungen eine mechanisch präzise Fertigung. Im Materialkontrastbild konnten keine unerwünschten Rückstände aus dem Fertigungsprozess gefunden werden (Abb. 9 und 12).

Dies bestätigte sich in den EDX-Analysen sowohl der HA-gestrahlten Bereiche aus Titan (Implantat-schulter und Apex) als auch im Mittelteil aus Tantal. So fanden sich in der qualitativen und quantitativen Elementanalyse im Titan-Anteil des Implantats lediglich die für Titan Grad 5 ( $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$ ) typischen Legierungsbestandteile Titan, Aluminium und Vanadium sowie Sauerstoff (Abb. 10 und 11).

Die Mittelsektion des Implantats aus Tantal zeigt in der EDX-Analyse lediglich Tantal an (Abb. 13 und 14). Der minimale Kohlenstoff-Peak könnte durch rückgestrahlte Elektronen aus dem tiefer liegenden Gerüst stammen. Zahlreiche Studien haben bestätigt, dass die Behandlung von Implantaten zur Vergrößerung der biologisch akti-

ven Oberfläche den Prozess der Osseointegration unterstützt und beschleunigt [5, 9]. So könnte der Einsatz von porösen Implantat-anteilen aus Tantal diesen Effekt verstärken. Aus materialtechnischer Sicht zeigte das Trabecular Metal Implant von Zimmer in der Untersuchung das, was es ist: ein präzise gefertigtes und rückstandsfreies dentales Implantat mit einer neuartigen Kombination von zwei biokompatiblen korrosionsbeständigen Materialien. Klinisch gehört der Werkstoff Tantal in der Orthopädie insbesondere bei Knie- und Hüftendoprothesen seit langem zum medizinischen Standardrepertoire [14]. Bislang vorliegende Ergebnisse aus dem klinischen Einsatz dieser Implantatmaterialien in der Mundhöhle zeigen, dass sich Werkstoffkombinationen von Tantal und Titan auch langfristig als Alternative zu Implantaten aus Titan und seinen Legierungen oder zu Zirkonoxid-Implantaten etablieren könnten [2, 11, 19].

Die Untersuchung wurde von der Uniklinik Köln im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem Q&R-Ausschuss des BDIZ EDI durchgeführt.



Literatur beim Verfasser

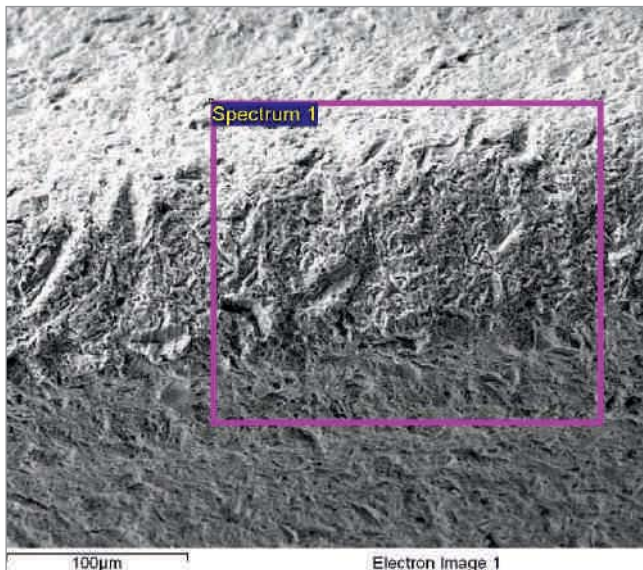


Abb. 9 Materialkontrastbild Trabecular Metal Implantat. HA-gestahlte Titan-Oberfläche im Apexbereich

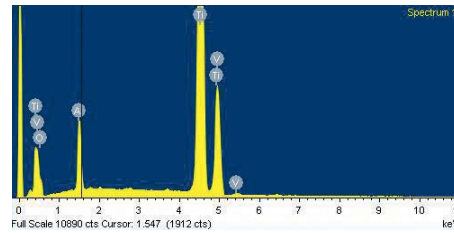


Abb. 10 Qualitative Elementanalyse Trabecular Metal Implantat Apex Bereich (Titan)

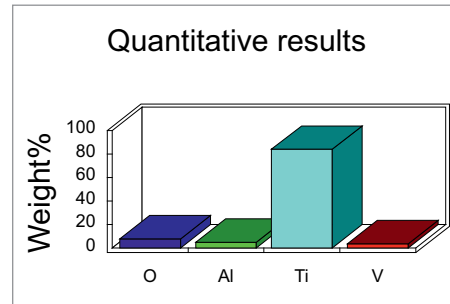


Abb. 11 Quantitative Elementanalyse Trabecular Metal Implantat Apex Bereich (Titan)

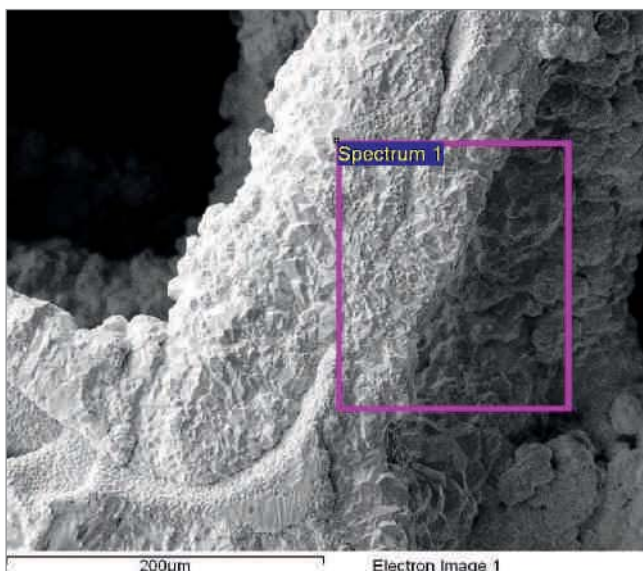


Abb. 12 Materialkontrastbild Trabecular Metal Implantat. Mittlerer Bereich aus Tantal

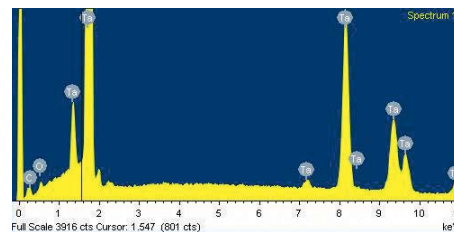


Abb. 13 Qualitative Elementanalyse Trabecular Metal Implantat. Tantal-Bereich

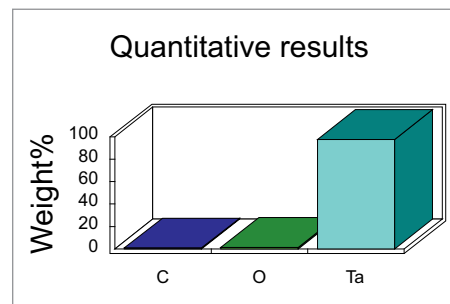


Abb. 14 Quantitative Elementanalyse Trabecular Metal Implantat. Tantal-Bereich

## Die Autoren

**Dr. Dirk Duddeck<sup>1,2</sup>, Schaghajegh Iranpour<sup>1</sup>, Dr. Hassan Maghaireh<sup>4</sup>, PD Dr. Jörg Neugebauer<sup>1,3</sup>, Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Interdisziplinäre Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln

Direktor: Univ.-Professor · Dr. Dr. J. E. Zöller · Kerpener Str. 62 · 50937 Köln · Telefon +49 171 5477991 · [duddeck@dedemed.de](mailto:duddeck@dedemed.de)

<sup>2</sup> Dentalforum Berlin · Westhafenstr. 1 · 13353 Berlin

[www.dentalforum-berlin.de](http://www.dentalforum-berlin.de) · [duddeck@dentalforum-berlin.de](mailto:duddeck@dentalforum-berlin.de)

<sup>3</sup> Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis Dres. Bayer, Kistler, Elbertzhagen und Kollegen

Von-Kühlmann-Str. 1 · 86899 Landsberg am Lech

[www.implantate-landsberg.de](http://www.implantate-landsberg.de) · [neugebauer@implantate-landsberg.de](mailto:neugebauer@implantate-landsberg.de)

<sup>4</sup> British Academy of Implant & Restorative Dentistry · Scientific Committee

[www.baird.uk.com](http://www.baird.uk.com) · [h.maghaireh@yahoo.co.uk](mailto:h.maghaireh@yahoo.co.uk)