

Constanze Olms, Lisa Charlott Behrendt, Rainer Haak

# Vergleich zur Verbundfestigkeit von Resin-Nano-Keramikkronen auf einteiligen ZrO<sub>2</sub>- und Ti-Implantaten – eine Pilotstudie

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten?

Eine Sandstrahlung der Oberflächen einteiliger Implantate vor adhäsiver Befestigung der Restaurationen kann die Verbundfestigkeit in vitro erhöhen und somit die klinische Lebensdauer möglicherweise positiv beeinflussen.

## Einführung:

Resin-Nano-Keramiken haben eine duale Netzwerkstruktur und vereinen potenziell die Vorteile von Keramiken und Kompositen. Sie können nur adhäsiv befestigt werden. Es gibt in der Literatur bislang keine Studien, die sich mit dem Verbund von Komposit-Matrix-Keramiken auf einteiligen Implantaten befassen. Ziel dieser Studie war es, die Wirksamkeit der Vorbehandlung von Implantatoberflächen bezüglich des adhäsiven Verbundes mit einer Resin-Nano-Keramik zu untersuchen.

## Material und Methode:

20 einteilige Versuchsimplantate (VI) (ZrO<sub>2</sub> n = 10/Ti n = 10) wurden randomisiert in 4 Gruppen aufgeteilt. Je 5 VI beider Materialgruppen wurden sandgestrahlt (sb) ( $\leq 30 \mu\text{m}$ , 1 bar) und alle mit einer Krone aus Lava Ultimate (LU, 3M Espe) versorgt. Alle Kronen (Zahn 14) wurden mittels CAD/CAM-Verfahren identisch hergestellt und adhäsiv mit RelyX Ultimate (3M Espe) befestigt. Nach den Abzugsversuchen (Z010, Zwick GmbH & Co.KG) wurden bei 0,65-facher Vergrößerung lichtmikroskopische Abbildungen zur Verteilung des adhäsiven Befestigungsmaterials auf den Kroneninnenflächen und der Implantatoberflächen angefertigt. Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv.

## Ergebnisse:

Die Haftfestigkeit an sb-Implantatoberflächen war höher als an nsb. Bei Ti (sb) lag der Mittelwert bei  $M = 589,51 \pm 87,8 \text{ N}$ . Bei ZrO<sub>2</sub> (sb) war  $M = 731,41 \pm 93,7 \text{ N}$ . Die nsb-Implantatoberflächen zeigten für Ti  $M = 157,55 \pm 36,4 \text{ N}$  und für ZrO<sub>2</sub>  $M = 44,69 \pm 13,51 \text{ N}$ . Das Befestigungsmaterial befand sich nach dem Abziehen fast ausschließlich in den Kroneninnenflächen.

## Schlussfolgerung:

Sandgestrahltes Zirkoniumdioxid zeigt einen festeren Verbund zur Resin-Nano-Keramik. Somit führt die Vorbehandlung der Implantatoberflächen von einteiligen Implantaten insgesamt zu einer höheren Haftkraft der Restaurationen und sollte im klinischen Einsatz berücksichtigt werden.

**Schlüsselwörter:** einteilige Implantate; Resin-Nano-Keramik; Verbundfestigkeit; adhäsive Befestigung

Universitätsklinikum Leipzig AÖR, Department für Kopf- und Zahnmedizin, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Leipzig: PD Dr. Constanze Olms, MME, Lisa Charlott Behrendt

Universitätsklinikum Leipzig AÖR, Department für Kopf- und Zahnmedizin, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Leipzig: Prof. Dr. Rainer Haak, MME

**Zitierweise:** Olms C, Behrendt LC, Haak R: Vergleich zur Verbundfestigkeit von Resin-Nano-Keramikkronen auf einteiligen ZrO<sub>2</sub>- und Ti-Implantaten – eine Pilotstudie. Dtsch Zahnärztl Z 2019; 74: 28–34

**Peer-reviewed article:** eingereicht: 13.04.2017, revidierte Fassung akzeptiert: 12.09.2017

**DOI:** org/10.3238/dzz.2018.5078

## Bonding strength of resin nano ceramic crowns on zirconia and titanium one-piece dental implants – a pilot study

**Introduction:** Resin nano ceramics have a dual network structure and combine the advantages of both, composites and ceramics. They can only be attached adhesively. Since now, there are no available studies that question the bonding strength of these modified ceramics on one-piece dental implants. Aim of this study was to evaluate the efficiency of pretreating the surface of one-piece dental implants concerning the adhesive bond towards a resin nano ceramic.

**Material and methods:** 20 experimental one-piece dental implants (VI) (ZrO<sub>2</sub> n = 10/Ti n = 10) were randomized split into 4 groups. Five VI of both materials were sandblasted (sb) ( $\leq 30 \mu\text{m}$ , 1 bar) and all implants received crowns out of Lava Ultimate (LU, 3M Espe). Every crown (tooth 14) has identically been produced using CAD/CAM-technology and was bonded with RelyX Ultimate (3M Espe). After measuring the retention strength (Z010, Zwick GmbH & Co.KG) light microscopically illustrations in 0.65 $\times$  examination were taken to visualize the bonds spreading on implants and crown insides. The statistical analysis was made descriptively.

**Results:** The retention strength on sandblasted implant surfaces was higher than on not sandblasted surfaces. Ti (sb) had an average amount of  $589.51 \pm 87.8 \text{ N}$ , zirconia (sb) of  $731.41 \pm 93.7 \text{ N}$ . Not sandblasted surfaces showed following averages: Ti M =  $157.55 \pm 36.4 \text{ N}$  and ZrO<sub>2</sub> M =  $44.69 \pm 13.51 \text{ N}$ . The bond could mostly be found on the crowns insides.

**Conclusion:** Sandblasted zirconium indicated a firmer bonding strength towards resin nano ceramics. In total a pretreatment on the surfaces of one-piece dental implants leads to higher bond strength and has to be considered during clinical daily routine.

**Keywords:** one-piece dental implant; resin nano ceramics; retention strength; adhesive cementation

### Einleitung

Zweiteilige Titanimplantate sind standardisiert und alltäglicher Begleiter in zahnärztlichen Praxen weltweit. Sie sind aus einem intraossär verankerten Implantatkörper und dem intraoralen Abutment aufgebaut. Nachteile ergeben sich in Bezug auf die Besiedlung des Mikrospalts sowie gelegentlich der Ästhetik. Auch können zweiteilige Implantatsysteme mit mehreren chirurgischen Eingriffen einhergehen, welche zusätzliche Behandlungstermine verlangen.

Obwohl einteilige Implantate immer auf dem Markt waren, ist ihre Indikation stark eingeschränkt. Bei diesem System handelt es sich um einen Implantatkörper mit Aufbauelement in einem. Insbesondere für Einzelzahnlücken und ein geringes Knochenangebot ist diese Implantatform entwickelt worden. Aufgrund der nicht vorhandenen Mikrospalt-Problematik ist ihre intraossäre Einheilung optimiert [1], die Remodellierungsprozesse laufen schneller ab und die biologische Breite ist zahnähnlich. Auch wenn nach Insertion

des Implantats am Abutment nachpräpariert werden muss, hat das auf die Überlebensrate des Implantats keinen Einfluss [24].

Keramikimplantate sind in ihrer Indikation lange Zeit zurückgestellt worden, was an der fehlenden wissenschaftlichen Studienlage liegt [23]. Sowohl aus ästhetischen Gründen als auch für Patienten mit chronischen Erkrankungen, Rheuma und/oder Allergien sind metallfreie Restaurationen von Interesse. Während einer einjährigen Studie, die die klinische Relevanz von einteiligen Zirkoniumdioxidimplantaten verfolgte, konnte die Gleichwertigkeit zu zweiteiligen Titanimplantaten deutlich herausgearbeitet werden [12]. Allerdings muss auch aufgezeigt werden, dass in einer Studie die Einheilung von Zirkonoxidimplantaten als Pfeiler einer dreispännigen Brücke schlechter und mit erhöhtem Knochenverlust ( $\pm 2 \text{ mm}$ ) innerhalb eines Jahres einherging [15]. Die osäre Einheilung, bei geätzter Oberfläche des Implantatkörpers sowie die Bruchkraft sind mit Titanimplantaten vergleichbar [7, 13, 21], verlaufen jedoch in der Anfangsphase etwas verlangsamt ab [14].

Hypersensibilitäten gegenüber Titan [5, 11] können bis heute nicht ausgeschlossen werden, sind aber weitaus seltener als zu anderen potenziellen Allergenen. Zirkoniumdioxid hingegen weist eine bioinerte Oberfläche auf, gibt also keine Ionen an sein Umfeld ab, wodurch allergische Reaktionen ausgeschlossen werden können [20].

Untersuchungen zur generellen Vorbehandlung sowie der Art der Vorbehandlung von Abutmentoberflächen für den bestmöglichen Verbund prothetischer Arbeiten auf einteiligen Implantaten stehen noch aus. Das Abutment zweiteiliger Implantate kann präprothetisch im zahntechnischen Labor sandgestrahlt und anschließend mit dem inserierten Implantat verschraubt werden. Da dies bei einteiligen Implantaten nicht möglich ist, kann die Vorbehandlung nur intraoral stattfinden. Die prothetische Versorgung innerhalb dieser In-vitro-Studie erfolgte mit Kronen aus Lava Ultimate. Diese Resin-Nano-Keramik, auch als Resin-

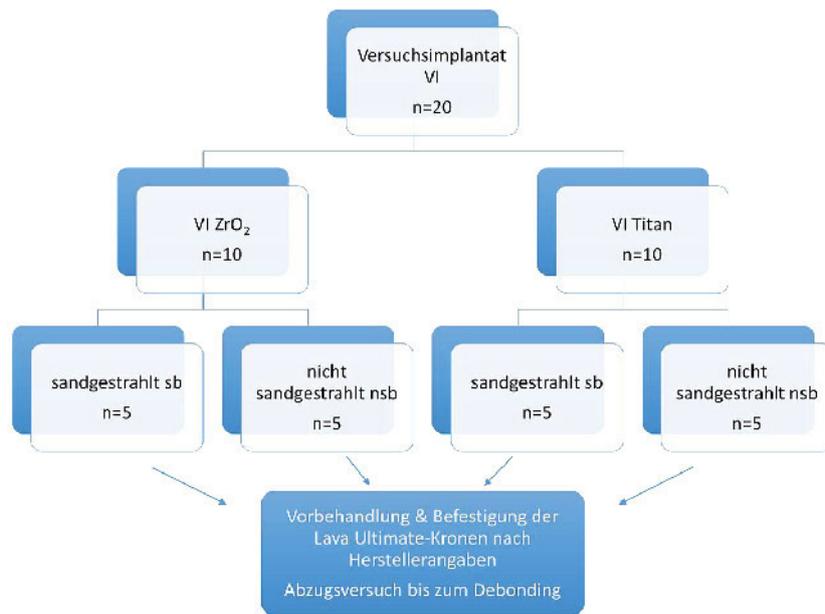


Abbildung 1 Verteilung der Versuchsimplantate (VI) im Versuchsaufbau

Lava nsb Titan	N	Mittelwert	Lava nsb Zirkon	N	Mittelwert
1	190,81	MW 157,55 SD 36,4	1	30,17	MW 44,69 SD 13,51
2	157,6		2	57,09	
3	93,61		3	36,01	
4	150,94		4	35,68	
5	194,81		5	64,50	
<b>Lava sb Titan</b>					
1	582,44	MW 589,51 SD 87,8	1	637,88	MW 731,41 SD 93,7
2	634,14		2	791,41	
3	637,43		3	826,22	
4	423,17		4	599,07	
5	670,36		5	802,46	

Tabelle 1 Abzugskräfte im Zwick-Versuch in Newton (MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; nsb: nicht-sandgestrahlt; sb: sandgestrahlt)

Matrix- oder Komposit-Matrix-Keramiken bezeichnet, ist bis heute in nur wenigen wissenschaftlichen Artikeln erwähnt [3, 9, 21]. Der Begriff Resin-Nano-Keramik umfasst die Verbindung von Keramik und Kunststoff zu

einem eigenen Werkstoff und vereint somit ihre positiven Eigenschaften, wie hohe Bruchzähigkeit und Biegefestigkeit [5, 16]. Dies führt insgesamt zu einer hohen Elastizität, die auf einteiligen Implantaten als starre Ver-

bindung und zur Umsetzung der kaudynamischen Prozesse im Mund, einen entscheidenden Vorteil bietet. Resin-Nano-Keramiken können nur adhäsiv befestigt werden.

Ziel dieser Studie war es, die Wirksamkeit der Vorbehandlung von Implantatoberflächen bezüglich des adhäsiven Verbundes mit einer Resin-Nano-Keramik zu untersuchen. Die Nullhypothesen lauteten: Es gibt keinen Unterschied im adhäsiven Haftverbund zwischen sandgestrahlten und nicht-sandgestrahlten Implantatoberflächen. Es gibt keine Unterschiede im Haftverbund zwischen Titan- und Zirkoniumdioxid-Oberflächen.

**Material und Methoden**

Insgesamt setzt sich der Versuchsaufbau aus 20 einteiligen Versuchsimplantaten (VI), n = 10 aus Titan (Ti, Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V, Rund-Titan, Valbruna Edel Inox GmbH, Dormagen, Germany) und n = 10 aus Zirkoniumdioxid (VITA In-Ceram 2000; YZ-55, Y-TZP, Bad Säckingen, Germany) zusammen. Die Versuchsimplantate wurden aus Titanblöcken und vorgesinterten Zirkoniumdioxid-Blöcken in ihrer Grundform gedreht (Werkstatt für Feinmechanik, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Universität Leipzig). Die Zirkoniumdioxid-Versuchsimplantate wurden anschließend im zahntechnischen Labor nach Herstellerangaben gesintert. Dabei handelt es sich um einheitliche Versuchsimplantate mit einem Konuswinkel von 3 Grad im Aufbauelement und einer Gesamtlänge von 21,5 mm, wobei das Abutment 6 mm in der Länge betrug. Das Gewinde wurde rein schematisch konstruiert. Die zirkuläre Stufe (Hohlkehle) wurde mit 1 mm so gestaltet, dass die Konstruktion einer Prämolarenkrone mit ausreichender Schichtstärke (okklusal 1,5 mm) möglich war. Da es sich um eine In-vitro-Studie handelte, wurde auf eine Modifikation der Oberflächen der Implantatkörper verzichtet.

Die Einbettung der Implantate erfolgte, mit individualisierter Vorrichtung im Parallelometer, direkt in die Probenhalter der Zwickmaschine mit einem kaltpolymerisierenden Kunststoff (Technovit 4000, EM, Heraeus Kulzer).

Die prothetische Versorgung der Versuchsimplantate erfolgte mit einer Prämolarenkrone aus Lava Ultimate (LU, 3M Espe, Seefeld, Germany). Alle Kronen wurden mittels CAD/CAM-Verfahren identisch als Krone 14 am virtuellen Modell hergestellt. Mittels des Cerec 3D-Systems erfolgte der Scanvorgang. Mit dem anschließenden Schleifprozess (Cerec-MC-XL Schleifeinheit) und der Politur der Kronen (Lava Ultimate Polishing Set, Meisinger, 3M Espe) war die Vorbereitung abgeschlossen.

Alle 20 Versuchsimplantate wurden randomisiert in 4 Gruppen eingeteilt, von denen je die Hälfte der beiden Materialgruppen sand-

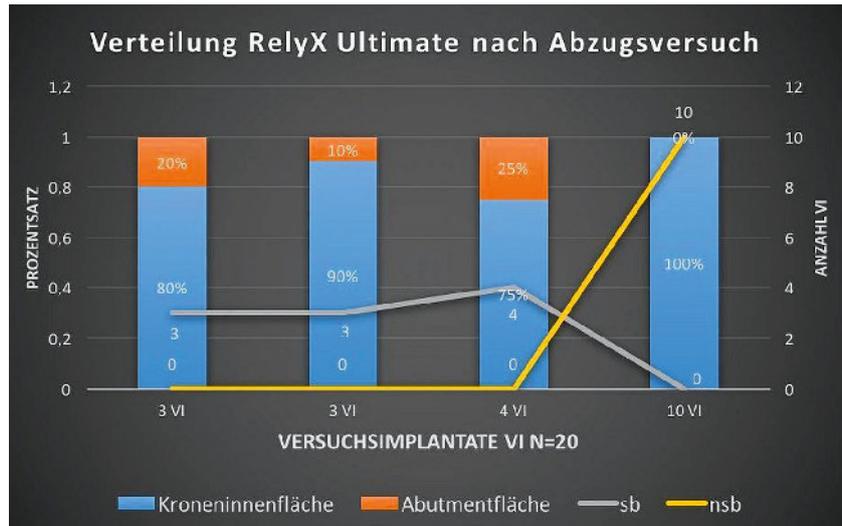
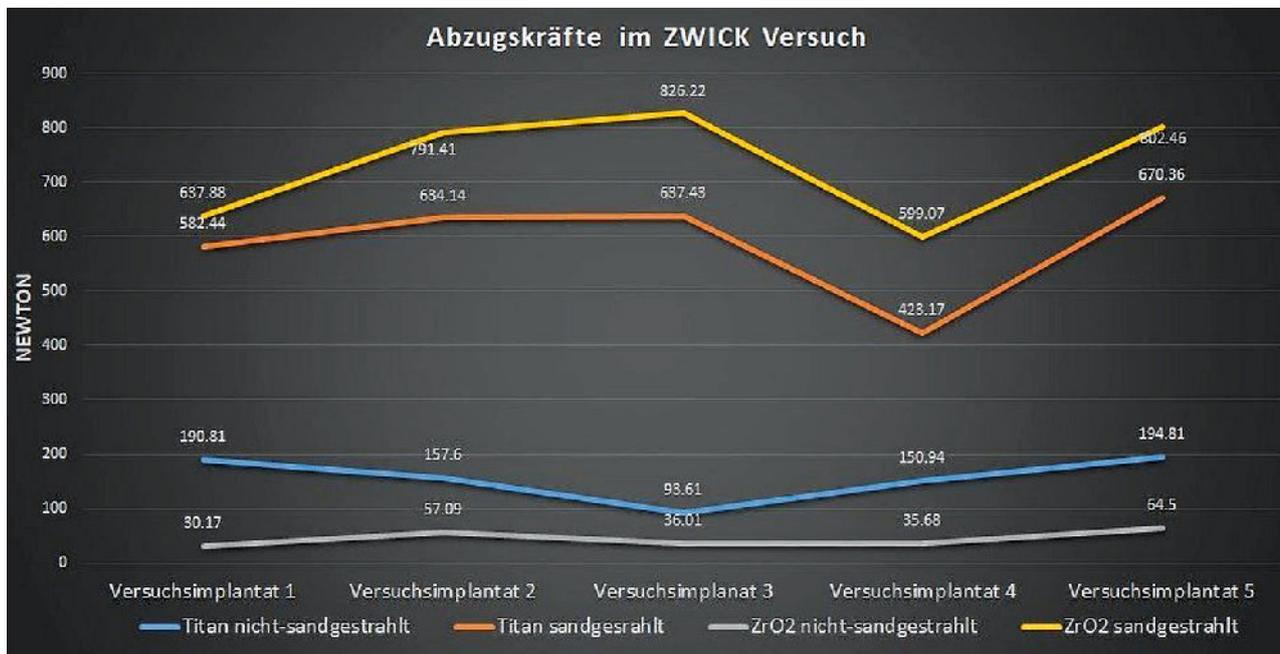


Abbildung 2 Verteilung RelyX Ultimate nach dem Abzugsversuch (Angaben in Prozent)



(Tab. 1 und Abb. 1–3: C. Olms)

Abbildung 3 Abzugskräfte im Zwick-Versuch in Newton (Gesamtübersicht aller 20 Versuchsimplantate)

gestrahlt (sb) wurde (Abb. 1). In einem Abstand von circa 10 mm wurden mit 1 bar die vorher markierten Stellen (30 µm, Rocatec Soft, 3M Espe AG, Seefeld) abgestrahlt. Die tribochemische Vorbehandlung wurde außerdem an allen Kroneninnenflächen durchgeführt. Nach Herstellerangaben erfolgte die adhäsive Befestigung der Kronen auf den Implantaten. Das Adhäsiv (Scotchbond Universal, SU, 3M Espe, Seefeld, Germany) wurde an den Kroneninnenflächen und Implantataufbauten aufgetragen, wirkte 20 sec ein, wur-

de danach 5 sec im seichten Luftstrom verblasen und bei Überschussansammlungen mit einem Microbrush abgetupft. Anschließend wurden die Kronen mit RelyX Ultimate (3M Espe, Seefeld, Germany) benetzt, auf den Implantaten platziert und überschüssiges Material mit Schaumstoffpellets abgestreift. Die blaulicht-gestützte Aushärtung erfolgte durch den Glyceringelauftrag pro Fläche 20 sec.

Die Abzugsversuche fanden ebenfalls standardisiert (Z010, Zwick GmbH & Co.KG) unter Aufzeich-

nung der notwendigen und gleichmäßig ansteigenden Kraft bis zum Debonding der Krone vom Implantat statt. Nach den Abzugsversuchen wurden bei 0,65-facher Vergrößerung lichtmikroskopische Abbildungen zur Verteilung des adhäsiven Befestigungsmaterials auf den Kroneninnenflächen und den Implantatoberflächen erstellt. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen wurden aus verschiedenen Perspektiven angefertigt, immer mit der gleichen Vergrößerung. Die Perspektiven stellten sich wie folgt dar:

1. orthograde Aufnahme der Kroneninnenfläche mit Fokus am Kronenrand
2. orthograde Aufnahme der Kroneninnenfläche mit Fokus an der tiefsten Stelle
3. abgeschrägte Kroneninnenwandfläche
4. orthograde Aufnahme des Abutments mit Fokus am koronalen Anteil
5. orthograde Aufnahme des Abutments mit Fokus auf der Hohlkehle
6. Seitenansicht des Abutments

Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv.

## Ergebnisse

Innerhalb der Abzugsversuche wurde deutlich, wie unterschiedlich sich die Haftung der Kronen je nach Material und Vorbehandlung darstellte. Sowohl die Art des Debondings als auch die Verteilung des adhäsiven Befestigungsmaterials zeigten Divergenzen.

Es zeichnete sich deutlich ab, dass die Haftfestigkeit an sandgestrahlten Implantatoberflächen höher war als an nicht-sandgestrahlten Oberflächen. Während die Werte bei Titan bei einem Mittelwert von  $M = 589,51 \pm 87,8$  N (sandgestrahlt) und  $M = 157,55 \pm 36,4$  N (nicht-sandgestrahlt) lagen, ergaben die Abzugsversuche bei Keramik folgende Werte: Zirkoniumdioxid mit  $M = 731,41 \pm 93,7$  N (sandgestrahlt) und  $M = 44,69 \pm 13,51$  N (nicht-sandgestrahlt). Die Werte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Je stärkere Newtonwerte zum Abziehen aufgewendet werden mussten, desto höher lag auch die Tendenz zur Fraktur der Kronen. Vorrangig traf dies auf die sandgestrahlten Abutmentoberflächen zu, wobei das Material (Zirkoniumdioxid/Titan) nicht ausschlaggebend war. Potenzielle Bruchlinienmuster konnten nicht eruiert werden.

Die lichtmikroskopischen Aufnahmen zeigten an den sandgestrahlten Versuchsimplantaten deutlich mehr Rückstände des Befestigungsmaterials als an den nicht vorbehandelten Versuchsimplantaten, jedoch war im Gesamten eher eine Verteilung innerhalb der Kroneninnenflächen zu beobachten. Zum Vergleich sind vor den Ver-

suchen die bereits eingebetteten Implantate fotografiert worden. Das Diagramm (Abb. 2) stellt diese Verteilung des Verbundadhäsivs an den Kroneninnenflächen und auf den Abutmentflächen der Versuchsimplantate gegenüber. Ermittelt wurden diese Daten mit der Unterstützung des Lichtmikroskops. Die Auswertung erfolgte prozentual.

Im Diagramm (Abb. 3) werden die ermittelten Abzugswertwerte von allen 20 Versuchsimplantaten (VI) in ihrer Gegenüberstellung von Zirkoniumdioxid (ZrO<sub>2</sub>) und Titan (Ti) sowie ihrer entweder sandgestrahlten (sb) und nicht-sandgestrahlten Oberfläche (nsb) dargestellt.

## Diskussion

Ziel dieser Pilotstudie war es, die Wirksamkeit der Vorbehandlung von Implantatoberflächen bezüglich des adhäsiven Verbundes mit einer Resin-Nano-Keramik zu untersuchen. Die Nullhypothesen lauteten: Es gibt keinen Unterschied im adhäsiven Haftverbund zwischen sandgestrahlten und nicht-sandgestrahlten Implantatoberflächen. Diese Nullhypothese muss zurückgewiesen werden. Es gab einen deutlichen Unterschied in den Haftkraftwerten.

Es gibt keine Unterschiede im Haftverbund zwischen Titan- und Zirkoniumdioxid-Oberflächen. Auch diese Nullhypothese konnte nicht bestätigt werden. Der Verbund von LAVA Ultimate war an nicht-sandgestrahlten Titanoberflächen höher ( $M = 157,55$  N) als an nicht-sandgestrahlten Zirkoniumdioxidoberflächen ( $M = 44,69$  N).

Im Folgenden werden einige Aspekte zu Material und Methode diskutiert. Da es sich um eine Pilotstudie handelte und die Machbarkeit der beschriebenen Methode im Vordergrund stand, wurde die Untersuchung an einer reduzierten Fallzahl von Probekörpern durchgeführt. Eine weitere Limitation der Studie war es, als Vertreter einer Resin-Nano-Keramik LAVA Ultimate zu benutzen. Von Herstellerseite besteht zurzeit eine Indikationseinschränkung für Kronen. In einer aktuellen Studie, in der die Verbundfestigkeit von LAVA Ultimate-Prämolarenkronen auf Zirkonoxidabutments zweiteiliger Implan-

te für 12 Monate in vivo untersucht wurde, betrug die Verlustrate der Kronen 80 % [21]. 40 LAVA Ultimate Kronen wurden für diese Studie extraoral auf Zirkonoxidabutments adhäsiv befestigt und anschließend intraoral verschraubt [21]. Im Vergleich zu einteiligen Implantaten sind bei zweiteiligen Mikrobewegungen von Implantat und Abutment ein bekanntes Problem. Durch diese Mikrobewegungen können, bei voller Kaubelastung im Seitenzahnbereich, Risse entstanden sein, die zum Debonding führten.

Einteilige Implantate sind von dieser Problematik ausgenommen. Untersuchungen zum Verbund von Resin-Nano-Keramiken auf einteiligen Implantaten sind bis dato in der Literatur spärlich zu finden. Eine jüngst veröffentlichte Pilotstudie untersuchte kritisch den Verbund an der Grenzfläche auf einteiligen Zirkonoxidimplantaten mit LAVA Ultimate-Kronen vor und nach Kausimulation und zeigte ebenfalls auf, dass eine tribochemische Vorbehandlung der Implantatstümpfe zu einer deutlich geringeren Spaltbildung führte [22].

LAVA Ultimate wurde in der hier vorliegenden Arbeit verwendet, da sie stellvertretend für andere Resin-Nano-Keramiken mit hochvernetzten Kunststoffen beziehungsweise ähnlich hohem Polymergehalt steht.

Der ideale Verbund von LAVA Ultimate wurde in zwei verschiedenen Versuchen im Jahr 2016 ermittelt. Die Resin-Nano-Keramik erzielte mit RelyX Ultimate als Befestigungsadhäsiv [9] sowie einer mechanischen Oberflächen-Vorbehandlung [18] den bestmöglichen Verbund. Des Weiteren belegte eine Studie, dass die Vorbehandlung von LAVA Ultimate mit Flusssäure [6] keinen nennenswerten Einfluss hatte.

Neben den Empfehlungen zur Vorbehandlung von LAVA Ultimate, gibt es für Zirkoniumdioxid folgende Hinweise: Hier wird generell auf Panavia F2.0 als Befestigungsadhäsiv hingewiesen. In einer 2016 veröffentlichten Studie wird der Verbund von Komposit (Clearfil) zu Zirkonoxid-Proben mittels Panavia F2.0 und RelyX Ultimate (mit und ohne Scotchbond Universal) unter ther-

mischen Bedingungen für optimal orale Verhältnisse sowohl in Kurzzeit- (3 d) als auch in Langzeitstudie (150 d) verglichen. Hierbei zeigte sich jedoch, dass RelyX Ultimate und Panavia F2.0 die gleichen Haftwerte erzielen konnten [17]. Um den bestmöglichen Verbund beider Materialien zu erreichen, wurde in der vorliegenden Studie das Befestigungsadhäsiv RelyX Ultimate verwendet.

Es gibt keine Studie zu dem Gebrauch von RelyX Ultimate auf Titanimplantaten, allerdings Untersuchungen zu RelyX Unicem. Diese beschäftigen sich mit der Bruchfestigkeit von CAD/CAM-gefertigten Restaurationen, mit [8] und ohne Kausimulation [26]. Beide Male zeigte LAVA Ultimate eine geringere Bruchfestigkeit als andere, innerhalb dieser Studie getesteten Keramiken. Da es bislang nur wenige Studien zum Haftverbund von Resin-Nano-Keramiken auf metallischen oder keramischen Oberflächen [4, 22] gibt, wird folgend eine Untersuchung zum Haftverbund auf Dentin angeführt. Innerhalb dieser Studie führte ein Verbund von RelyX Ultimate mit Scotchbond Universal zum Dentin (Schichtstärke  $n = 300 \mu\text{m}$ ) zu deutlich stärkeren Haftkraftwerten als zum Schmelz [19].

Die angesprochene Vorbehandlung einteiliger Implantatsysteme kann intraoral unter Kofferdamschutz und maximaler Absaugung mithilfe eines Pulverstrahlgerätes, dem CoJet TM, umgesetzt werden. Gleichwohl führt eine solche Vorbehandlung bei einigen Implantatherstellern unter Umständen zum Verlust der Garantie. In-vivo-Studien dazu liegen derzeit nicht vor.

Die Lichthärtung und deren Durchlässigkeit von CAD/CAM-gefrästen Komposit-Matrix-Keramiken kann noch nicht ausreichend beurteilt werden. Die Dicke der Werkstücke sowie der Abstand der Lampe haben durchaus ähnlichen Einfluss wie bei anderen Keramikwerkstücken [25]. Außerdem kann allein von der Transluzenz des Werkstückes nicht auf dessen Durchlässigkeit für blaues Licht zurückgeschlossen werden [10]. Laut Herstellerangaben sei eine Mindestschichtstärke von 1,5 mm in

Kombination mit einer Lichthärtung von 20 sec pro Seite ideal. Da die Verteilung des Adhäsivs vorrangig an den Kroneninnenflächen zu finden war, kann von einer guten Verbindung von LAVA Ultimate zum RelyX Ultimate ausgegangen werden.

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Versuchsimplantate sind mechanisch gedreht und die Implantatschraube schematisch hergestellt worden. Ihr intraoral gelegener Aufbau entspricht jedoch einem klinisch vergleichbaren Abutment. Mit einer Vorbehandlung von industriell gefertigten Implantaten wird eine Oberflächenvergrößerung sowie -aktivierung erzielt und verspricht die erhöhte Verbundfestigkeit der zu inserierenden Prothetik.

In Bezug zu Abutmentgeometrien ist aufzuzeigen, dass geringgradige Konuswinkel mit einer verstärkten Abzugskraft einhergehen [2], weshalb die Abutments dieser Studie auf 3 Grad gedreht wurden. Die klinisch standardmäßigen 3–6 Grad, die ein Stumpf nach Präparation und Vorbereitung zur Aufnahme einer Krone haben sollte, liegen somit vor.

Der Verbund, sowohl zum Titan als auch zum Zirkoniumdioxid, bei nicht-sandgestrahlten Oberflächen, konnte nicht überzeugen.

### Schlussfolgerung

Die hier vorgestellte experimentelle Studie zeigt, dass die Vorbehandlung der Abutmentoberflächen von einteiligen Implantaten mit einer Sandstrahlung zu einer deutlichen Steigerung der Haftkraftwerte bei der adhäsiven Befestigung einer Resin-Nano-Keramik führte. Ferner zeigte sich, dass Titanoberflächen ohne Vorbehandlung einen höheren Haftverbund als Zirkoniumdioxidoberflächen aufwiesen. Um eine abschließende Beurteilung dieser Materialkombinationen zu erlauben, sind weiterführende experimentelle Untersuchungen unter kaudynamischen Simulationen notwendig.

### Interessenkonflikte:

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

### Literatur

1. Abdelwahed A, Mahrous AI, Abadalah MF, Asfour H, Aldawash HA, Alagha EI: Bacteriological evaluation for one- and two-piece implant design supporting mandibular overdenture. *Niger Med J* 2015; 56: 400–403
2. Antonaya-Martin JL, Del Rio-Highsmith J, Moreno-Hay I, Lillo-Rodriguez JC, Gomez-Polo MA, Celemin-Vinuela A: CAD/CAM conic crowns for predictable retention in implant-supported prostheses. *Int J Prosthodont* 2016; 29: 230–232
3. Awada A, Nathanson D: Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 587–593
4. Baumgart P, Haak R, Olms C: Oberflächenabrieb von Hybridkeramikkronen auf einteiligen ZrO<sub>2</sub>-Implantaten nach dynamischer Kausimulation. *Z Zahnärztl Implantol* 2017; 2: 138–142
5. Bilhan H, Burial C, Geckili O: Titanium hypersensitivity. A hidden threat for dental implant patients? *N Y State Dent J* 2013; 79: 38–43
6. Cekic-Nagas I, Ergun G, Egilmez F, Vallittu PK, Lassila LV: Micro-shear bond strength of different resin cements to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *J Prosthodont Res* 2016; 60: 265–273
7. Depprich R, Zipprich H, Ommerborn M et al.: Osseointegration of zirconia implants compared with titanium. An in vivo study. *Head Face Med* 2008; 4: 30
8. Dogan DO, Gorler O, Mutaf B, Ozcan M, Eyuboglu GB, Ulgey M: Fracture resistance of molar crowns fabricated with monolithic all-ceramic CAD/CAM materials cemented on titanium abutments: An in vitro study. *J Prosthodont* 2017; 26: 309–314
9. Flury S, Schmidt SZ, Peutzfeldt A, Lussi A: Dentin bond strength of two resin-ceramic computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials and five cements after six months storage. *Dent Mater J* 2016; 35: 728–735
10. Güth J-F, Kauling AEC, Ueda K, Beuer F, Stimmelmayer M: Transmission of light in the visible spectrum (400–700 nm) and blue spectrum (360–540 nm) through CAD/CAM polymers. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 2501–2506
11. Hosoki M, Nishigawa K, Miyamoto Y, Ohe G, Matsuka Y: Allergic contact dermatitis caused by titanium screws and dental implants. *J Prosthodont Res* 2016; 60: 213–219
12. Jung RE, Grohmann P, Sailer I et al.: Evaluation of a one-piece ceramic im-

plant used for single-tooth replacement and three-unit fixed partial dentures: a prospective cohort clinical trial. *Clin Oral Impl Res* 2016; 27: 751–761

13. Koch FP, Weng D, Krämer S, Biesterfeld S, Jahn-Eimermacher A, Wagner W: Osseointegration of one-piece zirconia implants compared with a titanium implant of identical design. A histomorphometric study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 2010; 21: 350–356

14. Kohal RJ, Bächle M, Renz A, Butz F: Evaluation of alumina toughened zirconia implants with a sintered, moderately rough surface. An experiment in the rat. *Dent Mater* 2016; 32: 65–72

15. Kohal RJ, Patzelt SBM, Butz F, Sahlin H: One-piece zirconia oral implants: one-year results from a prospective case series. 2. Three-unit fixed dental prosthesis (FDP) reconstruction. *J Clin Periodontol* 2013; 40: 553–562

16. Norman C: Zusammenstellung wissenschaftlicher Ergebnisse Lava Ultimate CAD/CAM Restaurationsmaterial. *Esperitise – Studienergebnisse 2011 bis 2013*. 3M ESPE (2014)

17. Passia N, Mitsias M, Lehmann F, Kern M: Bond strength of a new generation of universal bonding systems to zirconia ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016; 62: 268–274

18. Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, Mishevska CB, van Meerbeek B: Bond-

ing effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *J Adhes dent* 2016; 18: 289–302

19. Rojpaiboon T, Leevailoj C: Fracture resistance of lithium disilicate ceramics bonded to enamel or dentin using different resin cement types and film thicknesses. *J Prosthodont* 2017; 26: 141–149

20. Schaal W: Zirkonoxid und CAD/CAM-Technologie. *ZWL – Zahntechnik Wirtschaft Labor* 2003; 06: 56–59

21. Schepke U, Meijer HJ, Vermeulen KM, Raghoobar GM, Cune MS: Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zirconia abutments: A case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18: 984–992

22. Seidemann M, Haak R, Olms C: Pilotuntersuchung zur Bewertung von Grenzflächen mittels OCT: Belastung einer Resin Nano Keramik auf einteiligen ZrO<sub>2</sub>-Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 2017; 33: 202–211

23. Silva NR, Nourian P, Coelho PG, Rekow ED, Thompson VP: Impact fracture resistance of two titanium-abutment systems versus a single-piece ceramic implant. *Clin Implant Dent Relat Res* 2011; 13: 168–173

24. Silva NR, Coelho PG, Fernandes CAO, Navarro JM, Dias RA, Thompson VP: Reliability of one-piece ceramic

implant. *J Biomed Mater Res* 2009; 88B: 419–426

25. Stawarczyk B, Awad D, Ilie N: Blue-light transmittance of esthetic monolithic CAD/CAM materials with respect to their composition, thickness, and curing conditions. *Oper Dent* 2016; 41: 531–540

26. Weyhrauch M, Igjel C, Scheller H, Weibrich G, Lehmann KM: Fracture strength of monolithic all-ceramic crowns on titanium implant abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016; 31: 304–309



(Foto: I. Riemer)

**PD DR. CONSTANZE OLMS, MME**  
Oberärztin, Spezialistin für Prothetik  
Universität Leipzig  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
und Werkstoffkunde  
Liebigstr. 12, Haus 1, 04103 Leipzig  
constanze.olms@medizin.uni-leipzig.de