



## Ceramic implants — an exotic novelty item or a useful addition to the treatment armamentarium?

---

### Rationale and case report

Titanium implants continue to represent the gold standard in implant dentistry. Zirconium dioxide (zirconia) is an alternative to titanium that promises improved esthetics and better biocompatibility. Initial short and medium-term results have been promising in terms of the clinical prognosis; however, the current lack of long-term clinical evidence must be addressed through additional clinical studies.

Since the first titanium implants for dental use were introduced in 1965 [1], consistent advances in materials and surface designs as well as a market consolidation in favor of two piece screw-retained implants have resulted in impressive success rates [2].

Ceramic implants were first presented almost at the same time, by Professor Sami Sandhaus in 1967 [3]. However, given the materials (aluminum oxide) used at that time and their smooth implant surface structure, these implants had low success rates [4] which is not acceptable today. Ceramic implants were a metal-free compromise and therefore mainly reserved for use in holistic dentistry. But with the introduction of zirconia as a reliable implant material, this started to change.

Today's ceramic implants have increasingly lost their reputation as niche products and are finding their way into "conventional" implantology procedures.

This is in part due to increased popular health awareness and a resulting increase in demand for metal-free restorations [5]. Another major reason may be an increasing acceptance on the part of implant dentists. Rapid technological advances in terms of materials, surface designs, and restorative concepts have made it possible to harness the clinical advantages of zirconia in daily practice.

Considering only the indications that we can currently consider evidence-based, namely single-tooth restorations and three-unit bridges [6], the survival rates for most ceramic systems are already on a par with those of titanium systems [7]. However, long-term data are still needed to confirm the favorable short-term and medium-term results.

### Why ceramic implants?

One of the most frequently mentioned advantages of ceramic implants is esthetics.

Ceramic implants can help avoid the grayish discoloration so often seen in the context of titanium implants. It is true that titanium implants can also achieve excellent esthetics. However, this requires the presence of a peri-implant mucosa at least 2 mm in thickness that prevents the grayish discoloration caused by the titanium implants [8].

If the thickness of the mucosa is insufficient, it should be augmented with a connective-tissue graft. But this creates an additional burden for the patient. All-ceramic abutments could be an alternative; however, micro-movements of a hard zirconia abutment on the softer titanium implant can lead to surface wear and even destroy the implant/abutment interface [9]. This problem can be circumvented with a titanium base. Here, the

interface between the implant and abutment is metallic on both sides. This combination helps avoid the risk of a visible metal discoloration by the abutment, but not by the implant body [10].

The body of a ceramic implant can also shimmer through, but only if the thickness of the mucosa is less than 1.5 mm — and even so, the color will be white and is hardly noticeable [11].

While additional scientific evidence is still needed, clinical experience has shown that the main argument in favor of ceramic implants is the resulting excellent, almost completely inflammation-free peri-implant soft-tissue situation (**Fig. 1**). Initial studies have indicated that the reasons for this observed improved peri-implant soft-tissue situation may include the favorable biological properties of the ceramic material. Compared to titanium, ceramic materials exhibit lower plaque accumulation and less bacterial adhesion [12,13] as well as a lower thickness of the deposited biofilm [14].

The blood circulation within the soft tissue around ceramic implants more closely resembles the situation around natural teeth, while it is significantly reduced around titanium implants [15]. Better blood circulation is known to result in healthier soft tissue, which in turn makes for improved treatment results — not just esthetically.

Although ceramic implants still lack appropriate long-term evidence, initial 3-year and 5-year results are now available, reinforcing the trends supported by preclinical studies and clinical experience: Zirconia is associated with the same — and in some studies, less — marginal bone loss as titanium implants. No reports on peri-implantitis are as yet available at these follow-ups [1,16–19].



**Fig. 1:** Inflammation-free soft tissue favors ceramic implants.

## Zirconia as a dental material

There are good reasons for directing our attention to the use of ceramic implants in oral implantological practice. Particularly rapid developments have characterized implant materials [20], implant surface designs [21], and restorative concepts, with success rates of up to 98%, depending on the implant system and study design, which is similar to the results for titanium implants [22,23]. Even the fracture rates — which used to be quite high — decreased, according to the results of static and dynamic fracture resistance testing according to ISO 14801. Thus, recent ceramic systems can be classified as suitable for clinical use with regard to fracture resistance [24,25]. However, as we know from

dental technology, we have to remember that two zirconia materials are not always alike. There are still major differences in manufacturing processes, material selection, surface design, and restorative concepts and handling, so having the appropriate deep background knowledge is essential when working with ceramic implants.

## Material composition and properties

Most of the ceramic implants are made of TZP ceramics (tetragonal zirconia polycrystals) with an average flexural strength of 1,100 MPa. To increase the flexural strength to 1,200 MPa and to exert a beneficial influence on the aging process (hydrothermal degradation), up to 0.5% v/v alumina has been added (TZP-A). Increasing the share of alumina to 20% v/v yields novel hybrid ceramics that can achieve a flexural strength of up to 2,000 MPa [26]. These ATZ (alumina-toughened zirconia) ceramics reduce the risk of fracture even further than the already highly resistant TZP-A. Thanks to these modifications, aging caused by hydrothermal degradation now has hardly any clinical relevance [27,28].

Whether TZP, TZP-A, or ATZ — what counts is the downstream processing of the material. Grain size, purity, and density all have a determining influence on hardness and quality. Two basic manufacturing processes can be distinguished. In the first process (CIM, ceramic injection-molding; CIP, cold isostatic pressing), the molding is first carried out by injection or green-body processing, followed by a sintering process for annealing. In the second process (hard machining), the process is reversed: first, a block is compacted and annealed in a HIP procedure (hot isostatic post-compaction) at a high pressure of up to 2,000 bar and temperatures of up to 2,000 °C. Only then is the desired shape ground from the finished blank, which requires a considerable effort at the production stage. Both processes can achieve very high-quality and precise results.

## Surface design

Whereas early ceramic implants featured smooth machined surfaces exclusively, various modified contemporary processing methods have resulted in rougher implant surfaces. High-grade corundum abrasion, thermal acid-etching, laser modulation, or pre-structuring of the pressing mold have created a surface roughness achieving a bone-to-implant contact (BIC) almost equivalent to that of titanium implants, reaching the same level of osseointegration [29,30].

## Renaissance of the ceramic implant

Recent developments within the field of ceramic implants — as described here — and their increasing relevance in the treatment setting have not failed to attract the attention of the dental industry. Almost all renowned implant manufacturers currently include ceramic implants in their portfolio, and sizeable research expenditures have resulted in ever better product quality and a "renaissance" of ceramic implants.

## One-piece ceramic implants

Currently, most studies examine one-piece systems, as they have been on the market for longer. In one-piece systems, abutment and implant consist of a single piece (monoblock), which are considered to be hermetically sealed (no abutment required, no separate abutment connection, no implant interface). They have the advantage that they closely replicate the dentist's usual way

of taking impressions and cementing crown restorations on a natural tooth. However, they are not the same as natural teeth — they are still implants, which differ from natural teeth in terms of flexibility, emergence profiles, crown-to-root/implant diameter ratios, or gingival/mucosal sulcus anatomy.

Restorations on one-piece implants are exclusively cemented. The height of the implant shoulder defines the position of the crown margin and corresponds to the cementing gap. Since cement removal is no longer reliable beyond 1.0 to 1.5 mm subgingivally [31], the implant shoulder — and with it the crown margin — should be placed at tissue level wherever possible. In the anterior region, however, tissue-level placement of the implant shoulder is successful only in rare cases, for esthetic reasons. If the implant shoulder is placed subgingivally or if the implant axis for the prosthetic restoration is incorrectly aligned, this can be corrected to a minor extent by adjusting the implant. However, this involves a risk of damage to the material structure (phase transformation by microcracks) and thus to the entire implant body.

### Two-piece bonded ceramic implants

In “titanium” implantology, two-piece implant systems are the state of the art. They cover almost all indications, allow an unloaded healing phase, primary wound closure, single-stage augmentation procedures. However, with zirconia implants, the combination of a hard, non-elastic zirconia abutment with a hard, non-elastic zirconia implant still represents one of the greatest challenges of two-piece ceramic implants. With all two-piece systems, adhesively connecting the abutment to the implant is still widespread today. Monomer-based cements should be used for this purpose. Cementation with glass-ionomer or phosphate cements should be avoided due to the risk of abutment loosening. Impressions can be taken after the abutment has been connected — or before, which allows extraoral adjustment of the abutment by grinding.

The two-piece implant is effectively turned into a one-piece implant after the abutment has been connected. Consequently, the restoration must be cemented and is no longer as flexible in the event of a necessary adjustment. Only screw-connected abutments and implants, as with titanium implants, are flexible and easily removed with the screw. The advantages are many: no risk of excess cement, simplified soft-tissue management, the option of shaping the emergence profile, and simple repair and reentry options.

### Two-piece screw-retained ceramic implants

Connecting two-piece ceramic implants with metal screws made of gold or titanium, as commonly used for titanium implants, has its own challenges. Ceramics are known to be more resistant to compression forces than to tensile forces. However, a screw connection can introduce tensile forces that are hard on the ceramic material, leading to internal stress peaks. Micromovement of the screw — which is softer than the ceramic material — within the hard internal thread of the implant can result in additional wear and abrasion of the screw. The manufacturing precision of the implant/abutment interface and the fit of the screw are likely to be the decisive factor; further pertinent studies are therefore required. The insertion torque specified by the manufacturer should always be respected.

### Two-piece metal-free screw-retained ceramic implants

Nobel Biocare is pursuing a new approach in this respect with the NobelPearl™ implant system and the use of carbon fiber-reinforced abutment screws (Vicarbo®) (Fig. 2). The Vicarbo screw is made of a PEEK matrix containing more than 60% v/v carbon fibers, which allows particularly high insertion torques of up to 85 Ncm. Actually, only a 25 Ncm insertion torque is required for a permanent connection, which is why this torque is specified by the guidelines for abutment connection. The threads of the screw are rounded on their flanks and distribute forces evenly within the implant body.

Also new is the Inter-X internal implant connection. The four interlocks attached to the abutment are not in contact with the implant body under vertical or horizontal loading. They serve exclusively to prevent abutment rotation on the implant. Vertical compressive forces are absorbed by the slightly beveled implant shoulder, while lateral forces are absorbed by the Vicarbo screw.

Thanks to this two-piece concept, all the workflows we know from titanium implants can now be employed for ceramic implants, both in the dental practice and in the dental laboratory: unloaded and submerged healing, open or closed impressions, precise model fabrication, custom abutments, and metal-free and removable screw connections for a wide range of indications. This also includes one of the most widely used restorative approaches in implantology today, namely restorations with a cement-free, screw-retained adhesive base. With the Vicarbo screw concept, this is now also possible with ceramic implants, making the use of metals unnecessary. This will be illustrated by the following clinical case in which the NobelPearl implant system was used.



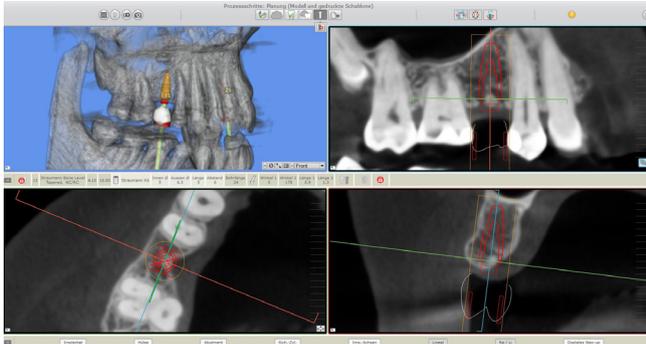
**Fig. 2:** The NobelPearl implant system with its carbon fiber-reinforced Vicarbo screw.

### Clinical case

A 54-year-old female patient presented at our clinic with a desire for metal-free restorations for her upper second premolars (FDI teeth 15 and 25). The teeth had been extracted six months before. The horizontal and vertical bone supply at the prospective implant sites was sufficient.

## Preoperative planning

The implant was selected using a 3D planning software (**Fig. 3**). Two NobelPearl implants, each with a diameter of 4.2 mm and a length of 10 mm, were chosen for implant sites 15 and 25. The specified length corresponds to the endosseous portion of the implant. It should be noted that in addition to the endosseous portion there is a tapered etched neck area with a height of 1.6 mm to take into account the biological width. Consequently, a 10-mm implant has a total length of 11.6 mm. The lower shoulder of the profile drill corresponds to the endosseous length of the implant without the neck area (**Fig. 4**). However, in patients with a thin mucosa, the implant can be placed up to 1 mm deeper, so that only a supracrestal neck area of 0.6 mm will remain and the endosseous portion will be now 11 mm.



**Fig. 3:** Digital planning.



**Fig. 4:** Due to its extra length, the implant can be placed up to 1 mm lower.

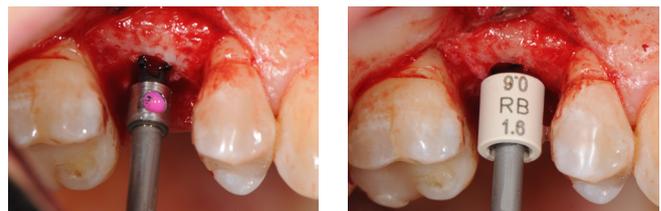
## Surgical phase

Under local anesthesia and following a crestal incision, a flap was raised (**Fig. 5**) and the implant bed prepared according to the surgical protocol for NobelPearl, using the drills of the NobelPearl surgical tray. After marking with a round bur, the first hole was drilled with the 2.3 mm cylindrical pilot drill to the planned length of 10 mm, observing the correct implant axis. Shape-congruent profile drills are available for subsequent preparation steps. For example, the "small" profile drill (diameter, 3.3 mm; length, 10 mm; purple color-coding) is used next to expand the implant bed, followed by the "regular" profile drill (diameter, 4.2 mm; length, length, 10 mm; yellow color-coding, here with drill stop) (**Fig. 6**). Since the NobelPearl implant is not self-tapping and the ceramic material does not dissipate heat like a titanium implant does when the implant is screwed in, the threaded tap must be used as the last instrument for implant-bed preparation over the entire implant length.



**Fig. 5:** Preparing the implant bed.

The implants were subsequently placed with a sufficient primary stability of 30 Ncm and a supracrestal portion of 0.6 mm. This supracrestal positioning is simplified by a drill stop (**Fig. 7**) that can be attached to the profile drill if necessary. A new positive-lock insertion tool (**Fig. 8**) for the Inter-X internal connection is available for inserting the implants, which ensures optimum force transmission when inserting the implant (**Fig. 9**). The healing caps are visibly flattened and allow simple primary wound closure (**Figs. 10 and 11**). In the present case, the wounds healed without complications. After a healing period of three months, which is the usual time for ceramic implants today, the implants presented with stable osseointegration in the control radiograph (**Fig. 12**). Inflammation-free soft-tissue conditions were found at both implant sites, so that the prosthetic restoration of the implants could be started.

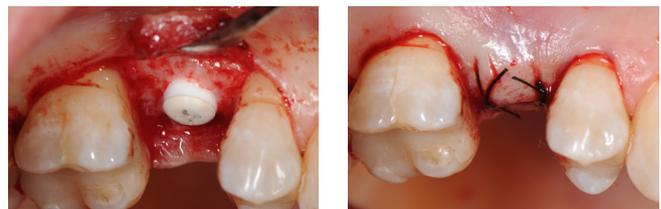


**Figs. 6 and 7:** Preparation with the profile drills.



**Fig. 8:** Implant placement with the Inter-X insertion tool.

**Fig. 9:** Slightly supracrestal implant in situ.



**Fig. 10:** The flat healing cap

**Fig. 11:** Primary wound closure.



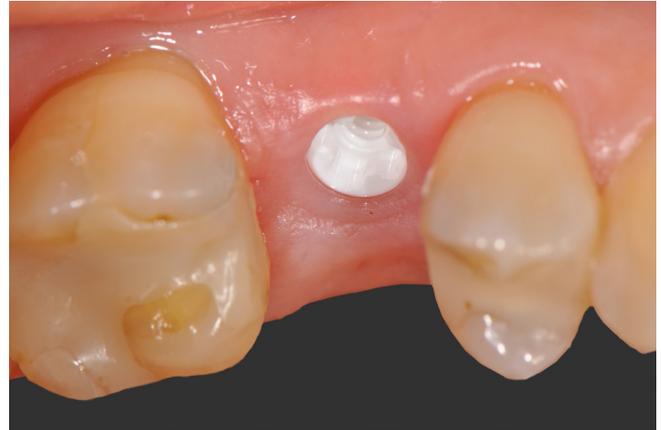
**Fig. 12:** Three months postoperatively.

## Prosthetic phase

For reentry, a minimal crestal incision was made for inserting the healing abutment (**Fig. 13**). Two weeks later, once the soft tissue had healed (**Fig. 14**), a closed impression was taken with a repositioned impression post (**Fig. 15**), and the master model was fabricated. Since this is a two-part implant system and the abutments are also made of high-strength ATZ ceramic, they can be customized by grinding – if necessary – either in the dental surgery or in the laboratory (**Fig. 16**). Both straight and 15° angled abutments with 1 mm and 3 mm of gingival height are available for NobelPearl. A monolithic zirconia crown with an occlusal screw access channel was fabricated using a CAD/CAM procedure (Dentallabor Studio für Zahntechnik, Dirk Tartsch).



**Fig. 13:** Healing abutment.



**Fig. 14:** No soft-tissue irritation is visible.



**Fig. 15:** Impression posts for open- and closed-tray impressions.



**Fig. 16:** Master cast with modified abutment.



**Fig. 17:** Monolithic zirconia crown with a small occlusal screw access channel.

If it were desired to make the screws completely removable, the occlusal access hole of the crown would have had to accommodate a screw-head diameter of 2.8 mm. With molars, this dimension is usually not a problem, but it is often too much for a narrower premolar. In the present case, the screw was integrated into the abutment before the crown was bonded. An access hole of 2.2 mm was therefore sufficient, allowing screwdriver access, if only barely (**Fig. 17**). In the case of ceramic veneering, care must be taken to provide framework support for any overhangs. If the inserted screw has to be replaced, the abutment/crown bond can be severed simply by heating the assembly to 120°C in a furnace; the bond can be re-created once the screw has been replaced.

## Adhesive bonding of the crown

Once the abutment and crown had been successfully tried in (**Figs. 18 and 19**), they were bonded, which can be done either extraorally in the dental laboratory or, as in the present case, intraorally – just like a titanium adhesive base. The advantage of adhesive bonding in the patient's mouth is that any tension between abutment and implant can be compensated for. Such tensions can be caused by a not-quite-precisely returned impression post during closed impression-taking, by small inaccuracies in the design of the contact points, or by the backlash between the implant, impression post, laboratory implant, and abutment, which is always present to a greater or lesser degree, as with any implant system. Being an elastic metal, titanium can more easily compensate for this kind of "micro-tension" than hard, non-elastic ceramics. For bonding, the abutment is secured to the implant using the original screw, tightening it only hand-tight. In our clinic, we have successfully sealed abutments or screw access channels with PTFE tape (**Fig. 20**).

The PTFE tape can be modelled almost in an almost plastic manner and seals off the access hole reliably. Overhangs or underfilling should, however, be avoided. After conditioning according to the manufacturer's specifications and the requirements of the material, the abutment and crowns were bonded with a resin cement. The procedure corresponds to the bonding of ceramic restorations with a titanium adhesive base. After bonding, the PTFE tape was removed through the access cavity (**Fig. 21**).

## Delivery of the definitive restoration

The restorations bonded to the abutment were now almost ready. Cement around the crown (**Fig. 22**) was safely removed and the crown-to-abutment transitions areas were polished. The 25 Ncm insertion torque specified for the abutment screw must be observed during the final insertion. After refilling the screw access channels with PTFE tape, they were sealed with composite resin in the usual manner. The result was two metal-free and cement-free screw-retained and reversible single crowns (**Fig. 23**).



**Fig. 18:** The abutment in situ.



**Fig. 19:** Intraoral try-in.



**Fig. 20:** Ready for bonding.



**Fig. 21:** Removing the PTFE tape through the screw access channel.



**Fig. 22:** Excess cement on the bonded restoration.



**Fig. 23:** Cement-free and metal-free screw-retained single crowns.

At the routine follow-up six months after placement, a non-irritated soft-tissue situation was found at both implant positions (**Figs. 24 a and b**). The control radiographs showed stable peri-implant bone conditions (**Figs. 25 a and b**).

## Reversible and flexible

If, contrary to expectations, should problems such as chipping occur or shade adjustments become necessary, these can be easily corrected and handled in the same way as with titanium implants.

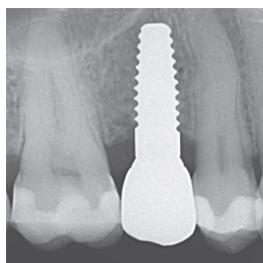
The DTX Studio™ software (Nobel Biocare) and the NobelPearl position locator have already paved the way for a digital workflow.



**Fig. 24 a:** Site 15, 6 months after loading.



**Fig. 24 b:** Site 25, 6 months after loading.



**Fig. 25 a:** Implant 15, 6 months after loading.



**Fig. 25 b:** Implant 25, 6 months after loading.

## Conclusion

Compared with titanium implants, there is still less clinical evidence for ceramic implants. Further studies are required to confirm the promising short- and medium-term results. Nevertheless, within the limitations of the data available to date, we can state that ceramic implants have caught up with titanium implants in terms of handling and clinical prognosis. The surgical and prosthetic protocols that can be employed are now largely the familiar ones – a fact that, in addition to clinical evidence and reliability, will weigh heavily in favor of the future acceptance of ceramic implants in oral implantology. Contemporary ceramic implants thus represent a welcome addition to the treatment armamentarium in oral implantology, given suitable indications and proper handling, and will continue to gain in importance in the future.

Note: The author reports no conflict of interest.

Illustrations, unless otherwise stated: © Dr. Jens Tartsch

### Bibliography at [www.zmk-aktuell.de/literaturlisten](http://www.zmk-aktuell.de/literaturlisten)

First publication: ZMK – Zahnheilkunde Management Kultur (Dentistry Management Culture)

Year 34 / Edition 11 / Nov. 2018 / Issue 34 / 750-760



### DR. JENS TARTSCH

Studied dentistry and oral and maxillofacial surgery at the Free University of Berlin, Germany

Dental exam and doctorate, Free University of Berlin, 1992

Active in oral implantology since 1992

Dentist in private practice in Zürich, Switzerland

International training consultant and published author in the fields of oral implantology using ceramic implants and of immunology in dentistry and oral and maxillofacial surgery

President of the European Society for Ceramic Implantology (ESCI)

Member of the Board of the Swiss Society for Anti-Aging Medicine and Prevention (SSAAMP)

Member of ESCI, EAO, SSO, SGI, IOCI, SSAAMP, DeGUZ



## Keramikimplantate – Exoten oder sinnvolle Erweiterung des Behandlungsspektrums?

Eine Fallbetrachtung

Titanimplantate stellen nach wie vor den Goldstandard in der zahnärztlichen Implantologie dar. Mit Zirkondioxid steht eine Alternative zu Titan zur Verfügung, die mit verbesserter Ästhetik und besserer Biokompatibilität punktet. Hinsichtlich Erfolgsprognosen sind die ersten kurz- und mittelfristigen Ergebnisse vielversprechend, die noch fehlende klinische Langzeitevidenz muss durch weitere Studien belegt werden.

Seit den ersten dentalen Implantaten aus Titan in 1965 [1] folgte eine konsequente Weiterentwicklung in Material und Oberflächengestaltung sowie eine Konsolidierung der Systeme hin zum 2-teilig verschraubten Implantat mit entsprechend hohen Erfolgsraten [2].

Auch die ersten Keramikimplantate wurden fast zur selben Zeit von Prof. Sami Sandhaus 1967 vorgestellt [3]. Bedingt durch den damaligen Werkstoff Aluminiumoxid und einer fehlenden Oberflächenstrukturierung, unterlagen sie jedoch lange Zeit niedrigen Erfolgsraten [4], wie sie heute nicht mehr vertretbar sind. Als Kompromiss für Metallfreiheit waren Keramikimplantate daher eher der ganzheitlichen Zahnmedizin vorbehalten. Mit der Einführung von Zirkondioxid als zuverlässiges Implantatmaterial begann sich dies zu ändern.

Heute jedoch verlieren Keramikimplantate zunehmend ihren Ruf als Nischenprodukt und finden vermehrt ihren Weg auch in die „konventionell“-implantologische Praxis. Nicht zuletzt ist dies bedingt durch ein in der Bevölkerung gestiegenes Gesundheitsbewusstsein und eine damit gestiegene Nachfrage nach metallfreien Restaurationen [5]. Ein wesentlicher Grund für diese Entwicklung dürfte jedoch auch die vermehrte Akzeptanz seitens der implantologisch tätigen Zahnärzte sein. Denn die rasante technologische

Weiterentwicklung in Material, Oberflächengestaltung und restaurativen Konzepten ermöglicht es heute, die klinischen Vorteile von Zirkondioxid in der täglichen Praxis umzusetzen. Denn unter Beachtung der mit Evidenz gesicherten Indikationen „Einzelzahnrestauration“ und „3-gliedrige Brücke“ [6] befinden sich für die meisten Keramiksysteme die Überlebensraten heute bereits auf Augenhöhe mit Titanimplantaten [7]. Langfristige Daten müssen jedoch die kurz- und mittelfristig guten Ergebnisse bestätigen.

### Warum Keramikimplantate?

Einer der am häufigsten genannten Vorteile von Keramikimplantaten bezieht sich auf die Ästhetik, da ein mögliches gräuliches Durchschimmern wie bei Titanimplantaten vermieden werden kann. Selbstverständlich lässt sich auch mit Titanimplantaten eine hervorragende Ästhetik erzielen. Voraussetzung ist hierfür jedoch das Vorhandensein einer mindestens 2 mm dicken periimplantären Mukosa, welche ein solch gräuliches Durchschimmern der Titanimplantate verhindert [8]. Ist dies nicht gegeben, sollte eine Verdickung der Mukosa mit Bindegewebsstransplantaten erfolgen, was eine zusätzliche Belastung für den Patienten bedeutet. Vollkeramische Abutments stellen eine Alternative dar, jedoch können Mikrobewegungen des harten Zirkondioxid-Abutments auf dem

weicheren Titanimplantat zu Abrieb bis hin zur Zerstörung des Implantat-Interfaces führen [9]. Diese Problematik kann mit einer Titanklebebasis umgangen werden. Das Interface zwischen Implantat und Abutment besteht hier von beiden Seiten aus Metall. Hinsichtlich des Abutments kann zumindest ein sichtbarer Metallanteil mit dem Risiko eines Durchscheinens vermieden werden. Bezüglich des Implantatkörpers jedoch auch in dieser Kombination nicht [10]. Auch der Körper eines Keramikimplantats kann durchschimmern, aber nur ab einer Mukosadicke von 1,5 mm und dann weiß, was optisch kaum wahrgenommen werden kann [11]. Auch wenn weitere wissenschaftliche Evidenz hierfür erbracht werden muss, ist aufgrund klinischer Erfahrungen das wesentliche Argument für Keramikimplantate die hervorragende und nahezu durchgängig entzündungsfreie periimplantäre Weichgewebssituation (**Abb. 1**). Gründe für diese zumindest subjektiv verbesserte periimplantäre Weichgewebssituation sind nach ersten Erkenntnissen die guten biologischen Eigenschaften der Keramik: Der Werkstoff Keramik zeigt gegenüber Titan eine geringere Plaqueanlagerung und geringere bakterielle Adhäsion [12,13] sowie eine geringere Dicke des aufgelagerten Biofilms [14]. Auch die zirkuläre Durchblutung der Weichgewebe entspricht bei Keramik eher dem natürlichen Zahn und ist bei Titan signifikant verringert [15]. Eine bessere Durchblutung bedeutet bekanntermaßen gesündere Weichgewebe, die wiederum nicht nur ästhetisch verbesserte Ergebnisse zur Folge haben. Auch wenn noch den Keramikimplantaten entsprechende Langzeitevidenz fehlt, liegen bereits die ersten 3- und 5-Jahres-Ergebnisse vor, deren Tendenz von präklinischen Studien und der klinischen Erfahrung untermauert wird: Zirkondioxid zeigt denselben – in manchen Untersuchungen sogar weniger – „marginal bone loss“ wie Titanimplantate. Periimplantitis konnte in diesem Zeitraum klinisch noch nicht beschrieben werden [1,16–19].

### Das Material Zirkondioxid

Diese Faktoren sind gute Argumente dafür, sich in der implantologischen Praxis vermehrt mit dem Thema Keramikimplantate aus-



**Abb. 1:** Für Keramikimplantate spricht ein entzündungsfreies Weichgewebe.

einanderzusetzen. Vor allem in den Bereichen Implantatmaterial [20], Design der Implantatoberflächen [21] und der restaurativen Konzepte hat eine rasante Weiterentwicklung stattgefunden, wodurch sich die Erfolgsraten je nach Implantatsystem und Studiendesign bei bis zu 98% im Bereich von Titanimplantaten befinden [22,23]. Auch die früher noch recht hohen Frakturaten konnten sowohl in statischen als auch in dynamischen Bruchfestigkeitstests nach ISO 14801 revidiert werden. Damit können solche modernen Systeme in Hinblick auf die Bruchfestigkeit als für einen klinischen Einsatz geeignet eingestuft werden [24,25]. Wie auch aus der Zahntechnik bekannt, ist hierbei jedoch zu beachten: Zirkondioxid ist nicht gleich Zirkondioxid. Nach wie vor gibt es große Unterschiede in Herstellungsprozess, Materialauswahl, Oberflächengestaltung, restaurativen Konzepten und Handhabung, was entsprechende Hintergrundkenntnisse für den Umgang mit Keramikimplantaten unabdingbar macht.

### Zusammensetzung und Eigenschaften

Moderne Keramikimplantate bestehen aus TZP-Keramik (tetragonale Zirkondioxid-Polykristalle) mit einer mittleren Biegefestigkeit von 1.100 MPa. Um die Biegefestigkeit auf 1.200 MPa zu erhöhen und um den Alterungsprozess (hydrothermale Degradation) positiv zu beeinflussen, wurde bis zu 0,5 Vol.-% Aluminiumoxid hinzugegeben (TZP-A). Erhöht man den Volumenanteil von Aluminiumoxid auf 20%, entstehen neue Hybridkeramiken, welche eine Biegefestigkeit von bis zu 2.000 MPa erreichen [26]. Diese ATZ-Keramik („alumina toughened zirconia“: Aluminiumoxid-verstärktes Zirkondioxid) lässt das Frakturrisiko neben dem bereits hochbeständigen TZP-A nochmals deutlich schrumpfen. Der Alterungsprozess durch hydrothermale Degradation besitzt durch diese Verfahren kaum mehr klinische Relevanz [27,28].

Ob TZP, TZP-A oder ATZ – von Bedeutung ist die Weiterverarbeitung des Ausgangsmaterials. Korngröße, Reinheit und Dichte beeinflussen maßgeblich die Härte und Qualität. Zwei grundlegende Verfahren sind beim Herstellungsprozess zu unterscheiden: Im 1. Verfahren (CIM – Ceramic Injektion Mold, CIP – Cold Isostatic Pressing) erfolgt zunächst die Formgebung durch Spritzgussverfahren oder Grünlingsbearbeitung und im 2. Schritt die Veredelung durch den Sinterprozess. Im anderen Verfahren (hard machining) ist der Ablauf umgekehrt: Zunächst wird ein Block im HIP-Verfahren (Hot Isostatic Post Compaction) unter hohem Druck von bis zu 2.000 bar und Temperaturen von bis zu 2.000 °C verdichtet und damit veredelt. Erst dann wird unter hohem industriellen Aufwand die Form aus dem fertigen Blank geschliffen. In beiden Verfahren können sehr hochwertige und präzise Ergebnisse erzielt werden.

### Oberflächendesign

Kamen in der Anfangsphase der Keramikimplantate lediglich glatte, maschinerte Oberflächen zum Einsatz, sorgen heute unterschiedlich modifizierte, moderne Bearbeitungsmethoden für rauere Implantatoberflächen. Edelkorundstrahlung, thermische Säureätzung, Lasermodulation oder Vorab-Strukturierung der Pressform stehen für einen den Titanimplantaten nahezu gleichwertigen Bone-Implant-Contact (BIC) und zeigen gleichwertige Osseointegration [29,30].

### Renaissance der Keramikimplantate

Die hier beschriebene Entwicklung der Keramikimplantologie und deren zunehmende Relevanz wurden auch von der Industrie erkannt. Fast alle renommierten Implantatanbieter haben derzeit auch Keramikimplantate in ihr Produktportfolio aufgenommen, was durch hohen Forschungsaufwand zu qualitativ immer hochwertigeren Produkten und damit zu einer „Renaissance“ der Keramikimplantate führte.

#### 1-teilige Keramikimplantate

Derzeit verfügen 1-teilige Keramikimplantate noch über eine höhere Evidenz als 2-teilige Systeme, da sich aufgrund der längeren Verfügbarkeit die meisten Studien auf 1-teilige Systeme beziehen. Abutment und Implantat bestehen bei 1-teiligen Systemen aus „einem Stück“ (Monoblock), womit sie als hermetisch dicht gelten (kein Abutment notwendig, keine separate Abutmentverbindung, kein Implantat-Interface). Sie haben den Vorteil, dass sie in der Versorgung der gewohnten Tätigkeit des Zahnarztes mit Abformung und Zementierung der Kronenrestauration eines natürlichen Zahnes sehr nahekommen. Es handelt sich jedoch nicht um einen natürlichen Zahn, sondern um ein Implantat mit seinen im Vergleich zum natürlichen Zahn doch unterschiedlichen Aspekten wie Flexibilität, Emergenzprofil, Durchmesserrelation Krone-Wurzel/Implantat oder der Anatomie im gingivalen/mukosalen Sulkus. Die restaurative Versorgung auf 1-teiligen Implantaten erfolgt ausschließlich durch Zementieren der Restauration. Die Lage der Implantatschulter definiert hierbei die Lage des Kronenrandes und entspricht der Zementfuge. Nachdem die Zemententfernung 1,0 bis 1,5 mm subgingival nicht mehr zuverlässig gewährleistet werden kann [31], sollte die Implantatschulter und damit der Kronenrand möglichst epigingival (tissue level) platziert werden. Im Frontzahnbereich ist eine epigingivale Platzierung der Implantatschulter jedoch aus ästhetischen Gründen nur in seltenen Fällen vorhersehbar möglich. Kommt es zu supragingival liegender Implantatschulter oder ist die Implantatachse für die prothetische Restauration falsch ausgerichtet, kann dies im geringen Umfang durch das Beschleifen des Implantats korrigiert werden. Das birgt jedoch das Risiko einer möglichen Verletzung der Materialstruktur (Phasentransformation durch Microcracks) und damit folglich des gesamten Implantatkörpers.

#### 2-teilig verklebte Keramikimplantate

In der allgemeinen „Titan“-Implantologie sind 2-teilige Systeme „State of the Art“. Sie decken fast alle Indikationen ab, ermöglichen unbelastete Einheilphasen, primären Wundverschluss, einzeitige, augmentative Verfahren und sind reversibel und flexibel. Nach wie vor stellt jedoch bei Keramikimplantaten die Verbindung von hartem, nicht elastischem Zirkonabutment mit einem harten, nicht elastischen Zirkonimplantat eine der größten Herausforderungen für die „Zweiteiligkeit“ der Systeme dar.

Wie bei den ersten 2-teiligen Systemen ist auch heute noch das Verkleben des Abutments mit dem Implantat weit verbreitet. Hierbei sollten acrylatbasierte Zemente wie z.B. Panavia v5 (Kuraray), Multilink (Ivoclar Vivadent), oder RelyX Unicem (3M), zur Anwendung kommen. Das Zementieren mit Glasionomer- oder Phosphatzementen ist wegen der Gefahr einer möglichen Lockerung des Abutments abzulehnen. Die Abformung kann nach dem

Verkleben des Abutments oder bereits vorher erfolgen, was eine extraorale Anpassung des Abutments durch Beschleifen ermöglicht. In beiden Fällen wird das 2-teilige Implantat nach dem Verkleben des Abutments zum 1-teiligen Implantat. Folglich kann die Restauration ebenfalls nur zementiert werden und ist im Falle einer eventuell notwendigen Anpassung nicht mehr reversibel oder flexibel. Flexibel und reversibel ist einzig die Verschraubung von Abutment und Implantat wie bei Titanimplantaten. Die Vorteile liegen auf der Hand: kein Risiko für Zementüberschüsse, einfaches Weichgewebsmanagement, Ausformung des Emergenzprofils sowie einfache Reparatur- und Reentry-Optionen.

#### 2-teilig verschraubte Keramikimplantate

Die Verschraubung 2-teiliger Keramikimplantate mittels der auch bei Titanimplantaten bisher üblichen Metallschrauben aus Gold oder Titan bringt wiederum neue Herausforderungen mit sich. Keramik ist auf Druck bekanntermaßen stärker belastbar als auf Zug. Eine Verschraubung kann jedoch solche für den Werkstoff Keramik ungünstigen Zugkräfte in das Implantat einbringen und folglich zu internen Spannungsspitzen führen. Durch Mikrobewegung der im Vergleich zur Keramik weicheren Schraube im harten Implantat-Innengewinde kann es zum zusätzlichen Verschleiß und Abrieb an der Schraube kommen. Entscheidend dürften die Präzision der Herstellung des Implantat-Abutment-Interfaces und die Schraubenpassung sein; weitere Untersuchungen müssen folgen. Ein vom Hersteller vorgesehener Anzugstorque sollte in jedem Fall beachtet werden.

#### 2-teilig metallfrei verschraubte Keramikimplantate

Ein neuer Ansatz wird diesbezüglich unter anderem von der Firma Nobel Biocare mit dem Implantatsystem NobelPearl und der Verschraubung durch karbonfaserverstärkte Abutmentschrauben (Vicarbo) verfolgt (**Abb. 2**). Bei der Vicarbo-Schraube sind in einer PEEK-Matrix mit einem Volumenanteil von über 60% Karbonfasern eingebettet, wodurch ein besonders hoher Anzugstorque von bis zu 85 Ncm ermöglicht wird. De facto wird für eine dauerhafte Verbindung lediglich ein Anzugstorque von 25 Ncm benötigt und ist daher auch entsprechend in den Guidelines für die Abutmentfixierung vorgesehen. Die Gewindgänge der Schraube



**Abb. 2:** Das Implantatsystem NobelPearl mit karbonfaserverstärkten Vicarbo-Schraube.

sind an den Flanken abgerundet und verteilen auftretende Kräfte gleichmäßig im Implantatkörper. Neu ist auch das „Inter-X“-Implantat-Interface. Die 4 am Abutment angebrachten „Zinnen“ stehen bei vertikaler oder horizontaler Belastung nicht in Kontakt mit dem Implantatkörper. Sie dienen ausschließlich der Rotationssicherung des Abutments auf dem Implantat, nehmen keine Kräfte auf und können daher sehr grazil gestaltet werden. Vertikale Druckkräfte werden über die leicht nach innen abgeschrägte Implantatschulter aufgenommen, während laterale Kräfte über die Vicarbo-Schraube aufgefangen werden.

Über dieses 2-teilige Konzept können sowohl in der Zahnarztpraxis als auch im Dentallabor die von Titanimplantaten gewohnten Arbeitsabläufe nun auch für den Umgang mit Keramikimplantaten beibehalten werden: unbelastete und gedeckte Einheilung, offene oder geschlossene Abformung, präzise Modellherstellung, Individualisierung der Abutments sowie metallfreie und reversible Verschraubung für ein breites Indikationsspektrum. Hierzu gehört auch eine der heute am meisten verbreiteten Restaurationsvarianten in der Implantologie, nämlich die Versorgung mit einer zementfreien, verschraubten Klebebasis. Mit dem Konzept der Vicarbo-Schraube ist dies nun auch mit Keramikimplantaten metallfrei möglich. Dies soll im Folgenden anhand einer Versorgung mit dem NobelPearl-Implantatsystem dargestellt werden.

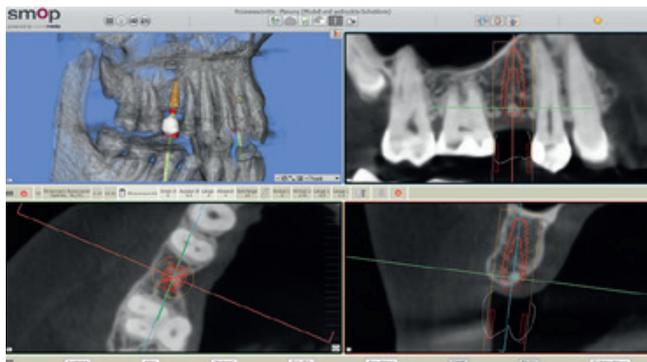


Abb. 3: Die Digitale Planung mit SMOP.



Abb. 4: Das Implantat kann aufgrund seiner Länge bis zu 1 mm tiefer platziert werden.

### Patientenfall

Eine 54-jährige Patientin stellte sich mit dem Wunsch nach metallfreier Versorgung der Zähne 15 und 25 in unserer Praxis vor. Die Entfernung der Zähne war 6 Monate zuvor alio loco erfolgt. Das horizontale und vertikale Knochenangebot an der vorgesehenen Implantatposition stellte sich als ausreichend dar.

### Präoperative Planung

Die Auswahl des Implantats erfolgte mittels der 3D-Planungssoftware SMOP der Swissmeda AG, Zürich (Abb. 3). Auch wenn – wie in diesem Fall – kein schablonennavigierter Eingriff vorgesehen war, erlaubt SMOP eine sichere präoperative Planung. Zwar entspricht die Implantatgeometrie des Straumann Bone Level Tapered-Implantats nicht exakt der Geometrie des NobelPearl-Implantats, jedoch lassen sich durch Verwendung der Bone Level Tapered-Schablone annähernd analog genug Länge, Durchmesser und Position des NobelPearl auswählen. Auch die 1. Pilotbohrung kann auf diese Weise schablonengeführt angelegt werden. Für die Zukunft wäre eine direkte Aufnahme der NobelPearl-Implantatgeometrien in die Planungssoftware wünschenswert. In diesem Fall konnten 2 NobelPearl-Implantate mit je einem Durchmesser von 4,2 mm und der Länge 10 mm für die Implantatpositionen 15 und 25 vorgesehen werden. Die angegebene Länge entspricht dabei dem enossalen Anteil des Implantats. Zu beachten ist, dass zum enossalen Anteil noch ein auslaufend geätzter Halsbereich mit 1,6 mm Höhe hinzukommt, welcher der biologischen Breite Rechnung tragen soll. Folglich weist ein 10-mm-Implantat eine Gesamtlänge von 11,6 mm auf. Die untere Schulter des Profilbohrers entspricht hierbei der enossalen Länge des Implantats ohne den Halsbereich (Abb. 4). Bei einer geringen Mukosadicke kann das Implantat jedoch bis zu 1 mm tiefer platziert werden, sodass nur noch ein Halsbereich von 0,6 mm suprakrestal verbleibt und der enossale Anteil nun 11 mm beträgt.

### Chirurgische Phase

Unter Lokalanästhesie erfolgte nach krestaler Schnittführung die Aufklappung (Abb. 5) und die Aufbereitung des Implantatbettes gemäß dem chirurgischen Protokoll für NobelPearl mit den Boh-



Abb. 5: Die Aufbereitung des Implantatbettes.

ern des NobelPearl Surgical Tray. Nach Ankörnung mit dem Rosenbohrer wurde unter Beachtung der korrekten Implantat-achse die 1. Bohrung mit dem zylindrischen Pilotbohrer Ø 2,3 mm auf die geplante Länge von 10 mm angelegt. Für die unterschiedlichen Längen stehen in der Folge formkongruente Profilbohrer zu Verfügung. So wird für die weitere Aufbereitung zunächst der Profilbohrer „small“, Länge 10 mm, Ø 3,3 mm (Farbcodierung violett), und danach der Profilbohrer „regular“, Länge 10 mm, Ø 4,2 mm (Farbcodierung gelb, hier mit Tiefenstopp), ausgewählt (Abb. 6). Da das NobelPearl-Implantat nicht selbstschneidend ist und beim Eindrehen des Implantats der Werkstoff Keramik keine Temperatur wie ein Titanimplantat ableitet, muss als letztes Instrument der Gewindeschneider auf die gesamte Implantatlänge eingesetzt werden.

Die Implantate wurden im Anschluss mit einer ausreichenden Primärstabilität von 30 Ncm und einem suprakrestalen Anteil 0,6 mm

platziert. Diese suprakrestale Positionierung wird durch einen gegebenenfalls am Profilbohrer anbringbaren Tiefenstopp (Abb. 7) vereinfacht. Für das Einbringen der Implantate steht ein neues, zur „Inter-X“-Innenverbindung formschlüssiges Eindrehinstrument (Abb. 8) zu Verfügung, wodurch eine optimale Kraftübertragung während des Inserierens des Implantats gewährleistet wird (Abb. 9). Die Einheilkappen sind deutlich abgeflacht und ermöglichen einen einfachen primären Wundverschluss (Abb. 10 und 11). Im vorliegenden Fall verlief die Wundheilung komplikationslos. Nach einer auch für Keramikimplantate heute üblichen Einheilungszeit von 3 Monaten zeigten sich die Implantate in der Röntgenkontrollaufnahme stabil osseointegriert (Abb. 12). Es fanden sich an beiden Implantat-Loci entzündungsfreie Weichgewebsverhältnisse, woraufhin mit der prothetischen Versorgung des Implantats begonnen werden konnte.

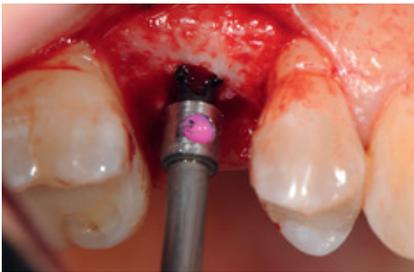


Abb. 6 und 7: Die Aufbereitung mit den Profilbohrern.

Abb. 8: Implantatinsertion mit dem Inter-X-Einbringinstrument.



Abb. 9: Implantat leicht supracrestal in situ.

Abb. 10: Die flache Einheilkappe.

Abb. 11: Der primäre Wundverschluss.



Abb. 12: 3 Monate post OP.

## Prothetische Phase

Für den Reentry wurde für das Einbringen des Gingivaformers eine minimale krestale Inzision angelegt (**Abb. 13**). Nach Abheilung der Weichgewebe (**Abb. 14**) konnte 2 Wochen später mit Reposition des Abformpfostens geschlossen abgeformt (**Abb. 15**) und das Meistermodell erstellt werden. Da es sich um ein 2-teiliges Implantatsystem handelt und die Abutments ebenfalls aus hochfester ATZ-Keramik bestehen, lassen sich diese – falls nötig – entweder in der Praxis oder im Dentallabor durch Beschleifen individualisieren (**Abb. 16**). Für NobelPearl stehen sowohl gerade als auch 15° abgewinkelte Abutments mit 1 mm und 3 mm Gingivahöhe zu Verfügung. Im CAD/CAM-Verfahren wurde eine monolithische Zirkonkrone aus Zolid FX (Amman Girrbach) mit okklusalem Zugang zum Schraubenkanal gefertigt (Dentallabor Studio für Zahntechnik, Dirk Tartsch).

Wäre es gewünscht, die Schraube komplett entfernen zu können, muss die okklusale Zugangskavität der Krone den Durchmesser des Schraubenkopfes von 2,8 mm aufweisen. Bei einem Molaren ist diese Dimension meist unproblematisch, für einen schmalen Prämolaren ist sie jedoch oftmals zu groß. In dem Fall wird die Schraube durch das Verkleben in die Konstruktion eingearbeitet. Es genügt dann eine Durchtrittsöffnung von 2,2 mm, die gerade noch den Zugang für den Schraubendreher ermöglicht (**Abb. 17**). Hierbei ist im Falle einer keramischen Verblendung auf eine Gerüstunterstützung der Überhänge zu achten. Sollte die eingearbeitete Schraube ausgetauscht werden müssen, kann die Abutment-Kronen-Verklebung durch Erwärmung im Ofen bei 120 °C einfach gelöst und in der Folge nach dem Auswechseln der Schraube neu geschaffen werden.



**Abb. 13:** Gingivaformer.



**Abb. 14:** Eine reizloses Weichgewebe



**Abb. 15:** Abformpfosten open- und closed-tray.



**Abb. 16:** Meistermodell mit modifiziertem Abutment.



**Abb. 17:** Monolythische Zirkonkrone mit kleinem okklusalem Schraubenkanal.

### Verklebung der Krone

Nach der Einprobe von Abutment und Krone (**Abb. 18 und 19**) erfolgt ihre Verklebung analog einer Titanklebebasis entweder extraoral im Dentallabor oder, wie in diesem Fall, intraoral. Der Vorteil des Verklebens im Patientenmund liegt darin, dass eventuell auftretende Spannungen zwischen Abutment und Implantat abgefangen werden können. Solche Spannungen können bereits durch nicht ganz korrekte Reposition des Abformpfostens bei einer geschlossenen Abdrucknahme ausgelöst werden, durch kleine Ungenauigkeiten bei der Gestaltung der Kontaktpunkte oder aber auch durch das – wie bei jedem Implantatsystem mehr oder weniger vorhandene – „Spiel“ zwischen Implantat, Abformpfosten, Laborimplantat und Abutment. Dabei kann Titan als elastisches Metall solche „Mikrospannungen“ eher ausgleichen als die harte, nicht elastische Keramik.

Für das Verkleben wird das Abutment mit der Originalschraube bei nur leichtem Anzugstorque per Hand auf dem Implantat befestigt. In unserer Praxis hat es sich bewährt, das Abutment bzw. den Schraubenkanal mit Teflonband (Firma Rothenberger) zu verschließen (**Abb. 20**). Das Teflonband lässt sich fast schon plas-

tisch modellieren und verschleißt den Zugang zuverlässig. Überhänge oder Unterfüllung sind dabei zu vermeiden. Nach hersteller- und materialgemäßer Konditionierung wurden Abutment und Kronen mit geeigneten Kunststoffzementen (hier: RelyX unicem, 3M) verklebt. Das Vorgehen entspricht der Verklebung von keramischer Restauration mit einer Titanklebebasis. Nach dem Verkleben wird das Teflonband durch die Zugangskavität entfernt (**Abb. 21**).

### Definitive Eingliederung

Die mit dem Abutment verklebten Restaurationen konnten nun entnommen, Zementüberschüsse (**Abb. 22**) sicher entfernt und die Übergänge von Krone zu Abutment poliert werden. Für die definitive Eingliederung ist der für die Abutmentschraube vorgegebene Anzugstorque von 25 Ncm einzuhalten. Nach erneutem Auffüllen der Schraubenkanäle wiederum mit Teflonband wurden die Zugangskavitäten in ebenfalls üblicher Weise mit Komposit verschlossen. Das Ergebnis sind im vorliegenden Fall 2 metall- und zementfreie, verschraubte und reversible Einzelzahnrestorationen (**Abb. 23**). Bei dem routinemäßig durchgeführten



**Abb. 18:** Das Abutment in situ.



**Abb. 19:** Einprobe der Restauration.



**Abb. 20:** Zum Verkleben vorbereitet.



**Abb. 21:** Entfernung des Teflonbands durch den Schraubenkanal.



**Abb. 22:** Zementüberschüsse an der verklebten Restauration.



**Abb. 23:** Zement- und metallfrei verschraubte Einzelzahnrestorationen.

Follow-up 6 Monate nach Eingliederung zeigte sich eine an beiden Implantatpositionen reizlose Weichgewebssituation (**Abb. 24a und b**) und in den radiologischen Kontrollaufnahmen stabile periimplantäre Knochenverhältnisse (**Abb. 25a und b**).

**Reversibel und flexibel**

Sollten in der Folge wider Erwarten Probleme wie Chipping auftreten oder nachträgliche Farbanpassungen nötig werden, können diese ebenso wie bei Titanimplantaten auf einfache Weise korrigiert und revidiert werden. Selbst der Weg in den digitalen Workflow ist bereits mit der DTX Studio-Software (Nobel Biocare) und dem NobelPearl Position Locator beschriftet.

**Fazit**

Im Vergleich zu Titanimplantaten besitzen Keramikimplantate eine noch geringere Evidenz. Weitere Studien müssen folgen, um die vielversprechenden kurz- und mittelfristigen Ergebnisse zu bestätigen. Dennoch lässt sich im Rahmen der heute bereits verfügbaren Daten feststellen, dass Keramikimplantate sich neben den Erfolgsprognosen auch in der Handhabung den Titanimplantaten angenähert haben. Gewohnte chirurgische und prothetische Protokolle können nun weitestgehend übernommen werden – neben Evidenz und Zuverlässigkeit sicherlich ein wichtiges Argument für die zukünftige Akzeptanz von Keramikimplantaten in der zahnärztlichen Implantologie. Somit kann heute bereits festgehalten werden: Moderne Keramikimplantate stellen in der richtigen Indikationsstellung und im richtigen Umgang eine Ergänzung des Behandlungsspektrums in der zahnärztlichen Implantologie dar und werden auch künftig zunehmend an Bedeutung gewinnen. ■



Abb. 24a: Situ 15; 6 Monate post Loading.



Abb. 24b: Situ 25; 6 Monate post Loading.

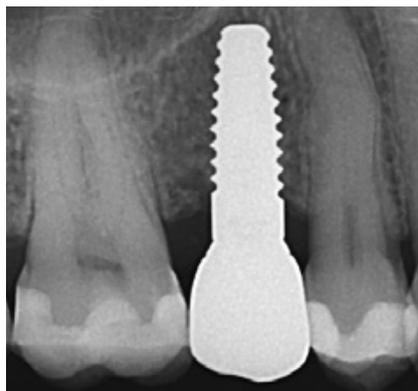


Abb. 25a: Implantat 15; 6 Monate post Loading.



Abb. 25b: Implantat 25; 6 Monate post Loading.

Anmerkung:

Es besteht kein Interessenskonflikt des Autors.

Bilder, soweit nicht anders deklariert:  
© Dr. Jens Tartsch

**Literaturverzeichnis unter [www.zmk-aktuell.de/literaturlisten](http://www.zmk-aktuell.de/literaturlisten)**

**Dr. Jens Tartsch**

Studium der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der Freien Universität Berlin  
1992 Examen und Promotion, FU Berlin  
Seit 1992 implantologisch tätig  
Niedergelassen in eigener Praxis in Kilchberg/Zürich  
Internationaler Fortbildungsreferent und Autor für dentale Implantologie mit Keramikimplantaten und Immunologie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Präsident der European Society for Ceramic Implantology – ESCI  
Vorstandsmitglied der Swiss Society for Anti-Aging Medicine and Prevention – SSAAMP Mitglied ESCI, EAO, SSO, SGI, IOCI, SSAAMP, DeGUZ



**Dr. Jens Tartsch**  
Kreuzstrasse 2  
CH-8802 Kilchberg/ZH  
dr.tartsch@zahnarzt-kilchberg.ch  
www.zahnarzt.kilchberg.ch

**Zahntechnische Umsetzung**  
Studio für Zahntechnik  
ZT Dirk Tartsch  
Kehlbrunnenweg 27  
79774 Albruck  
studio-fuer-zahntechnik@gmx.de