

### Zusammenfassung

Das Abutment ist die zentrale Verbindung der knochenverankerten Implantatstruktur zur Prothetikonstruktion. Durch die geringe ästhetische Wertigkeit konfektionierter metallischer Abutments wurden die keramischen entwickelt. Ästhetische, indikations- und werkstofftechnische Einschränkungen führten zur Entwicklung der mit Hotbond-Loten gefügten Abutments. Durch die Neuentwicklung Hotbond Tizio ist es nun möglich, Titanbasen mit Keramikstümpfen spaltfrei und dauerhaft stabil zu fügen.

### Indizes

Titan, Zirkoniumdioxidkeramik, artreine Fügung, artfremde Fügung, Glaslot, Abutment, Ästhetik, Hotbond Tizio, Vollkeramik

## Die Evolution des Abutments

### Stoffschlüssiger keramischer Verbund bei Abutments aus Titan und Zirkoniumdioxid

**Aurica Zothner, Michael Hopp, René Friedrich, Milija Mitrovic, Steffen Hohl, Christian Moss, Reiner Biffar**

Die transgingivale Verbindung in der Implantologie ist für die Gewebstabilität und -integration sowie die mechanische Stabilität von entscheidender Bedeutung.<sup>13</sup> Bei zweigeteilten Implantaten werden der Übergang, die Gewebsformung und die Ästhetik (Emergenzprofil) durch das Abutment bewerkstelligt. Funktionell sichert es den Verbund zum Implantatkörper durch effiziente Verankerungsstrukturen unterhalb des Knochenniveaus, retiniert durch eine Schraub-, Klebe-, Zementierungs- oder frikativ wirkende Konussteckverbindung.

Transgingival muss ein reizloser Übergang durch die Schleimhaut garantiert werden, der durch die halbdesmose Anheftung der gingivalen Zellen an das Material des Abutments einen bakterienfreien Verschluss zwischen Mundhöhle und dem Milieu interieur generiert. Oberfläche und Struktur können zu einer vorbestimmten Ausrichtung zellulärer und fibröser Elemente führen, was die Abdichtfunktion und Stabilität der gingivalen Manschette beeinflusst und verbessert.

### Einleitung

Zirkoniumdioxid-Abutments sind mit ihrer weißen Farbe der Natur der Zähne zwar näher, aber auch bruchanfälliger. So sind minimale Konstruktionsdicken zu beachten und geeignete Schraubkopfauflagen zu gestalten.

Die Verwendung metallischer, bedingt duktiler Titanbasen hat den Vorteil sehr graziler Gestaltungsmöglichkeiten und Konstruktionsdicken bei hoher Bruchstabilität, auch bei mit hohem Drehmoment angezogenen Schrauben. Die Flankenadaptation und Kaltverschweißung konischer Kopplungssysteme ist besser als bei gemischten mit keramischem Partner.

Die metallische Basis endet direkt oberhalb der Implantatschulter und geht in den Fügebereich zum Zirkoniumdioxid über. Nachteil der adhäsiven Verbindungen mit Kompositen, wie es heute ausgeführt wird,<sup>15</sup> sind häufig die mangelnde Langzeitstabilität und mechanische Festigkeit, geringe Biodegradation sowie Biokompatibilität. Klebeverbunde in diesem Bereich sind durch eine Bakterienbelastung bei zunehmender Desintegration der Klebung gekennzeichnet.

Der koronale Anteil aus Zirkoniumdioxidkeramik garantiert aber ein dauerhaft helles Aussehen bei hoher Stabilität des Aufbaus mit individueller Formgebung.

#### Anforderungen an ein Abutment und (zahn-) technische Umsetzung

Ästhetisch soll eine naturnahe Gewebstrimmung für ein entsprechendes Emergenzprofil bei einer natürlichen Stumpffarbe erreicht werden. Oberflächenbeschichtungen konventioneller Titan-Abutments mit TiN oder Mischnitriden bzw. Oxinitriden reduziert zwar die Plaqueanlagerung und verbessert die Ästhetik des bleigrauen Titans, erhält aber mit seiner goldenen Farbe den metallischen Charakter der Abutments. Weiße oder elfenbeinfarbene Abutments aus Keramik sind besonders bei dünner Schleimhautdeckung zu bevorzugen.

Auf die Möglichkeiten einer völlig individuellen Abutmentherstellung mittels Diffusionslötten mit Glasloten wurde bereits verschiedentlich hingewiesen.<sup>5,16</sup>

Auf der Ebene der Prothetikonstruktion ist eine sichere Verankerung durch Schrauben, Kleben oder Zementieren zu schaffen. Sowohl auf der Ebene der Implantatschulter als auch beim Übergang zur Prothetikonstruktion ist ein möglichst spaltfreier Übergang anzustreben, um die bakteriellen Belastungen im hochsensiblen Umgebungsgewebe zu reduzieren. Nur bei optimalen Bedingungen wird das periimplantäre Weichgewebe reizfrei eine hemidesmosomal angeheftete gingivale Manschette bilden. Die Abbildung 1 zeigt ein derartiges Gewebe nach etwa sechsjähriger Liegezeit der Implantate. Außerdem sind Winkelanpassungen und Stabilität zu garantieren. Bei der vorhandenen Grazilität der Abutments sind dies viele Anforderungen, die einer geeigneten Werkstoffauswahl und Herstellungstechnologie bedürfen.

Ein wesentlicher Nachteil der konfektionierten Abutments ist ihre drehrunde Form. Zähne sind im Durchtrittsbereich durch die Gingiva nur selten rund, wie die beiden CT-Schnittdarstellungen beweisen (Abb. 2 und 3), was ebenfalls die Gingivaformung einschränkt.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Abutments entwickelt, die eine zervikale Ausstellung zur Umsetzung des verbesserten Emergenzprofils und teils die Möglichkeit der Verklebung mit Zirkoniumdioxid- oder Aluminiumoxidkeramik aufweisen. Beispiele sind: Cera Base für Frialit 2 und Xive (Friadent, Mannheim), Zirkoniumdioxid-Pfosten für Pitt-Easy (Sybron Implant Solutions GmbH, Bremen) oder das Esthomic-Abutment (Camlog, Wimsheim).



Abb. 1 Ein gesunder transgingivaler Übergang.

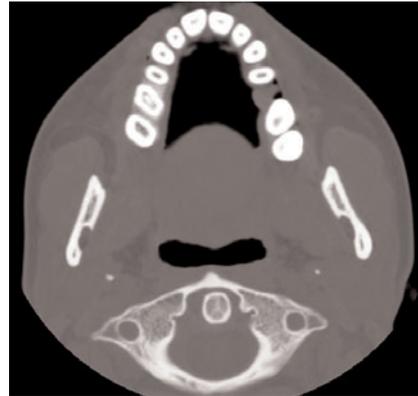


Abb. 2 Ein CT-Schnitt durch einen bezahnten Oberkiefer auf Gingivaebene mit Darstellung der Wurzelquerschnitte.



Abb. 3 Ein CT-Schnitt durch einen teilbe-  
zahnten Unterkiefer  
auf Gingivaebene mit  
Darstellung der  
Wurzelquerschnitte.

Die Verwendung konfektionierter vorgeformter Esthomic-Abutments<sup>3</sup> ist gegenüber angussfähigen Abutments<sup>1,2</sup>, wie sie ebenfalls für eine Gewebstrimmung genutzt werden können, die bessere Alternative, da keine Ionenfreisetzung aus den Legierungen an der Angussstelle (Schmelzschweißung) auftreten kann.

Auch diejenigen, die sich mit dem Titan nur bedingt anfreunden konnten, mussten sich durch die Entwicklung in der Implantologie mit dessen Verarbeitung und Besonderheiten beschäftigen. Metallische Abutments sind fast alle aus Titan (Grade 4) oder der TiAl6V4-Legierung (Grade 5) gefertigt. Eine Übersicht über die Werkstoffparameter gibt die Tabelle 1.

Geis-Gerstorfer<sup>9</sup> und Blume et al.<sup>4</sup> sehen den Keramikverbund mit Titan heute als sicher und geben im Schwickerath-Test nach ISO 10477 übereinstimmend für cp-Ti1 und TiAl6Nb7 eine Verbundfestigkeit von ca. 41 MPa. Die Reduktion der Verbundwerte nach Thermozyklierung ist nur gering.<sup>18</sup>

Ebenfalls als sicher wird der Titan-Keramikverbund von Hopp et al.<sup>10</sup> und Stawarczyk und Fischer<sup>17</sup> beurteilt. Letztere sehen bei ihren vergleichenden Untersuchungen kaum

Tabelle 1 Zusammensetzung von technisch reinem cp-Titan und Titanlegierungen nach DIN 17850, DIN 17851, DIN 17862 und ASTM-Standard 1295-92, Angaben der Elemente in Masse%.

Werkstoff-Nr.	Fe	C	N	O	H	Ti	Al	V	R <sub>p0,2</sub> in MPa	R <sub>m</sub> in MPA	Härte in Vickers/Brinell	
Grade 4 Ti4	3.7065.1	0,35	0,1	0,05	0,35	0,01	Rest		390	540 – 740	200	
TiAl6V4 (Grade 5)	3.7165.1	0,3	0,08	0,05	0,20	0,015	Rest	5,50 – 6,75	3,5 – 4,5	830	min. 900	310
	3.7165.7	0,3	0,08	0,05	0,20	0,015	Rest	5,50 – 6,75	3,5 – 4,5	1000	min. 1070	310

.1: geüht; .7: lösungsgeüht und warm ausgelagert

statistische Unterschiede zwischen ZrO<sub>2</sub>- und guten Titanverblendsystemen (Tritan, Dentaureum, Ispringen) sowie zwischen dem Verbund hochgoldhaltiger Legierungen und Keramik.

Diese Entwicklung des Titan-Keramikverbundes ist die Grundlage von verlöteten Abutments aus zwei verschiedenen Werkstoffen durch artfremde Fügung. Von Vorteil ist der etwa übereinstimmende WAK von Titan mit ca.  $9,4$  bis  $9,6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und ZrO<sub>2</sub>-Keramik von ca.  $10,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .<sup>22</sup>

Vier wesentliche Besonderheiten kennzeichnen den keramischen Verbund zum Titan:

- 1. der WAK liegt bei ca.  $9,6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und ist fast identisch mit dem des Zirkoniumdioxids, wie es in der Zahntechnik verwendet wird. Durch seinen geringen WAK sind WAK-abgesenkte Keramikmassen zu verwenden.
- 2. Titan ändert oberhalb der Transustemperatur von  $882,5 \text{ °C}$  die Gitteranordnung seiner Atome mit gleichzeitiger Veränderung der physikalischen Eigenschaften, sodass die Brenntemperatur der keramischen Massen unter dieser Temperatur liegen muss. Bei der Verlotung von Titan und Zirkoniumdioxid müssen alle Komponenten unter ca.  $860 \text{ °C}$  arbeiten.
- 3. Die Verarbeitung von Titangerüsten muss streng unter Beachtung der Materialeigenschaften geschehen, da Überhitzungen durch unqualifiziertes Trennen und Beschleifen zu einer inneren Veränderung des Materials und bei Hitzestau unter Umständen zu Rissbildungen in den Lotschichten führt.
- 4. Titan neigt bei steigender Temperatur zu einer starken Oxidbildung, beginnend mit einer TiO-, gefolgt von einer TiO<sub>2</sub>-Phase, die u. a. die Verbundfestigkeit der Keramik mindert.<sup>12</sup> Verlötete Titan-Abutments sind vorsichtig nachzuarbeiten und zu polieren, um die Passung im Implantat nicht zu verschlechtern. Beim Brennen, keramischen Verblenden oder keramischen Verlöten von Titan steigt der Anteil interstitiell gelösten Sauerstoffs in der Grenzschicht. Daraus ergibt sich die Forderung an Bonder für Titan, dass sie das sich bildende Oxid lösen und in die Glasmatrix einbauen müssen und bei niedrigem Glaspunkt schnell eine dichte Oberflächenversiegelung schaffen müssen, die eine weitere Oxidbildung verhindert.

### Fügung von Keramikwerkstoffen

Im Bereich silikatoxidischer Keramikwerkstoffe ist eine Fügung relativ einfach, da eine Glasmatrix zur Verfügung steht, die eine chemische Bindung und eine gute Diffusion zulässt. Bei den Oxidkeramiken und Nichtoxidkeramiken ist dies vergleichsweise schwieriger. Die in der Industrie favorisierte Aktivlottechnik ist aufgrund der komplizierten technischen Umsetzung in der Zahntechnik nicht möglich.<sup>11</sup> Die Abbildung 4 gibt eine Übersicht über die Möglichkeiten eines Verbundes<sup>14</sup> zwischen keramischen und keramischen und metallischen Werkstoffen.

Werden identische oder gruppenidentische Werkstoffe stoffschlüssig miteinander verbunden, spricht man von einer artreinen bzw. artgleichen Fügung (bei gruppenidentischen Materialien), wie bei der Kombination von Zirkoniumdioxidkeramik mit Zirkoniumdioxidkeramik. Die Kombination von Titanbasen mit Zirkoniumdioxidkeramik-Überwürfen ist eine artfremde Fügung.

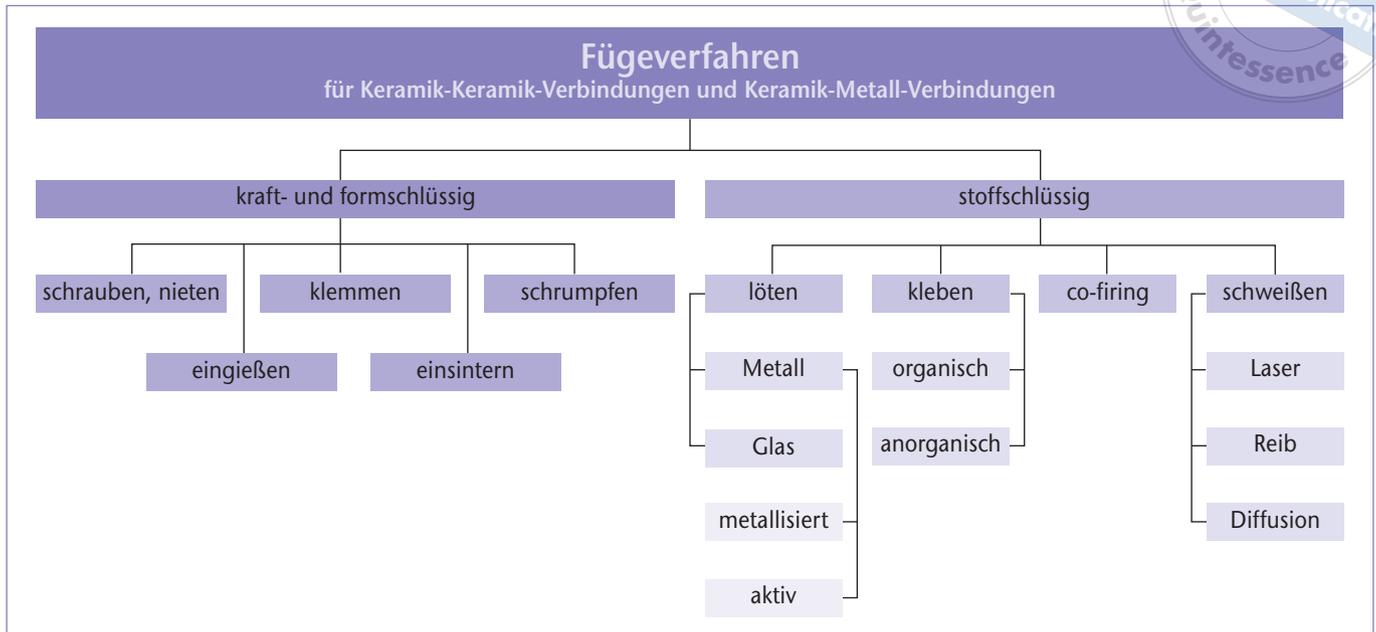


Abb. 4 Eine Übersicht über Fügemöglichkeiten keramischer Werkstücke (nach Mayer 2008<sup>15</sup>).

Das Überpressen von Zirkoniumdioxidgerüsten zu Verblendzwecken wird seit längerem angewendet. Vorteil ist das schnellere Arbeiten als bei der keramischen Schichttechnik, wenn die Farbtiefe zur ästhetischen Gestaltung auch nur bedingt erreicht wird.

### Überpressen von Zirkoniumdioxid

Die Vorgehensweise bei der Abutmentherstellung ist vergleichbar zu anderen Individualisierungen. Die Abutments werden auf dem Modell auf eine gemeinsame Einschubrichtung rückgetrimmt und der gingivale Rand korrigiert, dann mit Modellierkunststoff und Fräswachsen aufgebaut, vorgefräst, angestiftet, eingebettet und überpresst.

Die Abbildung 5 zeigt angepresste Individualisierungen an Zirkoniumdioxidkeramik-Abutments noch im Rohzustand nach dem Pressen. Nach dem Abtrennen erfolgt das Feinausarbeiten und Polieren, so wie es in der Abbildung 6 dargestellt ist.



Abb. 5 Eine angepresste Individualisierungen an Zirkoniumdioxidkeramik-Abutments, im Rohzustand nach Pressen.



Abb. 6 Ausgearbeitete und polierte Abutments.

Die Technik ist ausreichend, wenn keine ungestützten Presskeramikanteile entstehen. Müssen starke Angulationen umgesetzt werden, steigt das Bruchrisiko überpresster Abutments. Der Verbund ist sowohl von mechanischer Art über Rauigkeiten als auch durch Aufschumpfen charakterisiert.

### Keramische Abutments mit artreiner oder artgleicher Fügung

Die Möglichkeit der Optimierung von Keramikaufbauten durch das Auflöten von individualisierten Teilen hat wesentliche Vorteile aus mechanischer Sicht. Die verlöteten Abutments weisen besonders bei Abwinkelungen des Überwurfs eine sehr viel höhere Stabilität auf, sodass der Festigkeitsverlust durch Individualisierung eines keramischen Aufbauteils mindestens kompensiert, wenn nicht sogar erhöht werden kann.

Die Umsetzung ist vergleichbar der Keramiklötung von Brückengerüsten<sup>21</sup> einfach und kann mit den normalen Möglichkeiten und Geräten des zahntechnischen Labors ausgeführt werden. Als Material müssen das Hotbond low und die Brennpaste Hotbond fix (beides: DCM, Rostock) verfügbar sein. Die Abbildungen 7 bis 9 zeigen den schematischen Verlauf des Vorgehens. Das Zirkoniumdioxid-Abutment wird nach Maßgabe des Falles beschliffen und mit einem keramischem Überwurf komplettiert. Die Lötung wird nach Herstellerangaben ausgeführt und das Abutment nachgearbeitet. Die Abbildung 8 zeigt das verlötete Keramik-Abutment. Der Lötspalt bleibt aufgrund der Transparenz des Lotes und der Konfiguration des Spaltes mehr oder weniger erkennbar. Ein zur Kontrolle der Qualität des Verbundes erstelltes Mikro-CT, wie es bei zerstörungsfreien Materialuntersuchungen genutzt wird, weist dem gelöteten Abutment einen fehlerfreien Verbund aus (Abb. 9).

Die folgenden Abbildungen 10 bis 16 zeigen einen Patientenfall, bei dem aus ästhetischen Gründen keramische Abutments verwendet werden sollen. Nach dem Anpassen der Einschubrichtung sind die Abutments deutlich ausgedünnt und geschwächt (Abb. 10). Die Komplettierung mit angelöteten Überwürfen sorgt für eine verbesserte Gestaltung, eine optimale Gingivatrimmung und eine Stabilisierung. Nach dem Löten ist eine frästechnische Nachbearbeitung und Politur problemlos möglich. Wie bei Zirkoniumdioxid üblich, ist mit Diamantwerkzeug unter Wasserkühlung zu arbeiten. Die Abbildun-



Abb. 7 Ein Zirkoniumdioxid-Abutment mit keramischem Überwurf zur Lötung vorbereitet.



Abb. 8 Das verlötete Keramikabutment, der Lötspalt ist aufgrund der Transparenz des Lotes noch dezent zu erkennen.

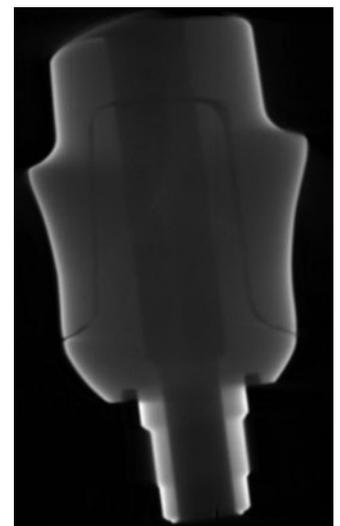


Abb. 9 Das Mikro-CT weist einen fehlerfreien Verbund nach.

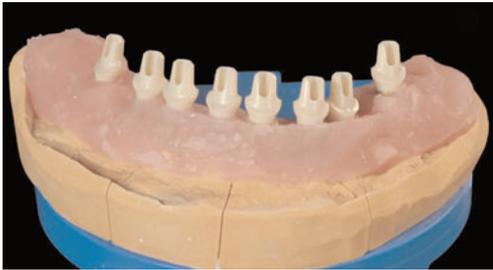


Abb. 10 und 11 Individualisierte Keramikabutments im Unter- und Oberkiefer.

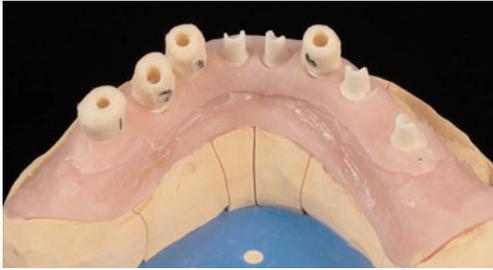


Abb. 12 Die Modellierung der Überwürfe im Unterkiefer.  
Abb. 13 Eine Grobmodellierung der Individualisierungen vor dem Fräsen.

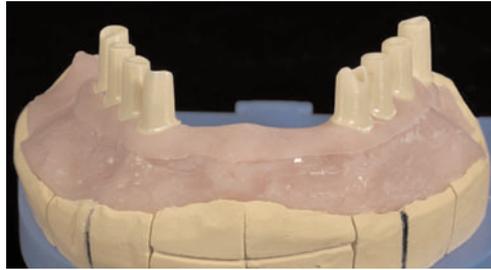
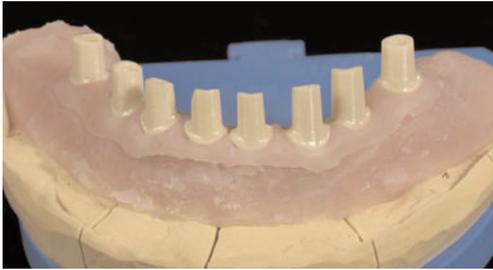


Abb. 14 und 15 Gelötete und fertig ausgearbeitete Abutments auf dem Unterkiefer- und dem Oberkiefermodell.

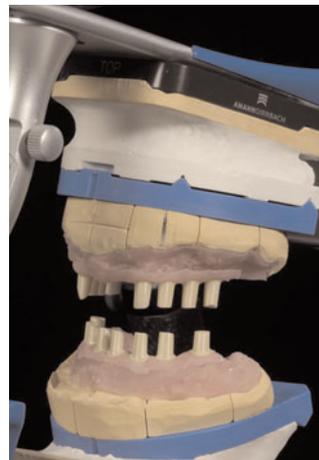


Abb. 16 Die Einprobe im Mund mit sehr guter Gingivastützung.

Abb. 17 Die individualisierten Abutments vor der Brückherstellung im Artikulator.

gen 14 und 15 zeigen die fertig gestellten Abutments auf dem Modell. Die im Mund erreichte Gingivastützung und -ausformung ist sehr gut (Abb. 16). Die Abbildung 17 zeigt die Abutments im Artikulator vor der Gerüsterstellung. Die besondere Schwierigkeit des Falles ist die große interalveoläre Distanz.

Wie wird die Lötung im Detail ausgeführt? Nach der Anpassung des Gingivaverlaufs und der Einschubrichtung wird ein keramischer Überwurf auf dem Abutment erstellt und grob ausgearbeitet. Es ist darauf zu achten, dass zwischen beiden eine Wurfpassung mit

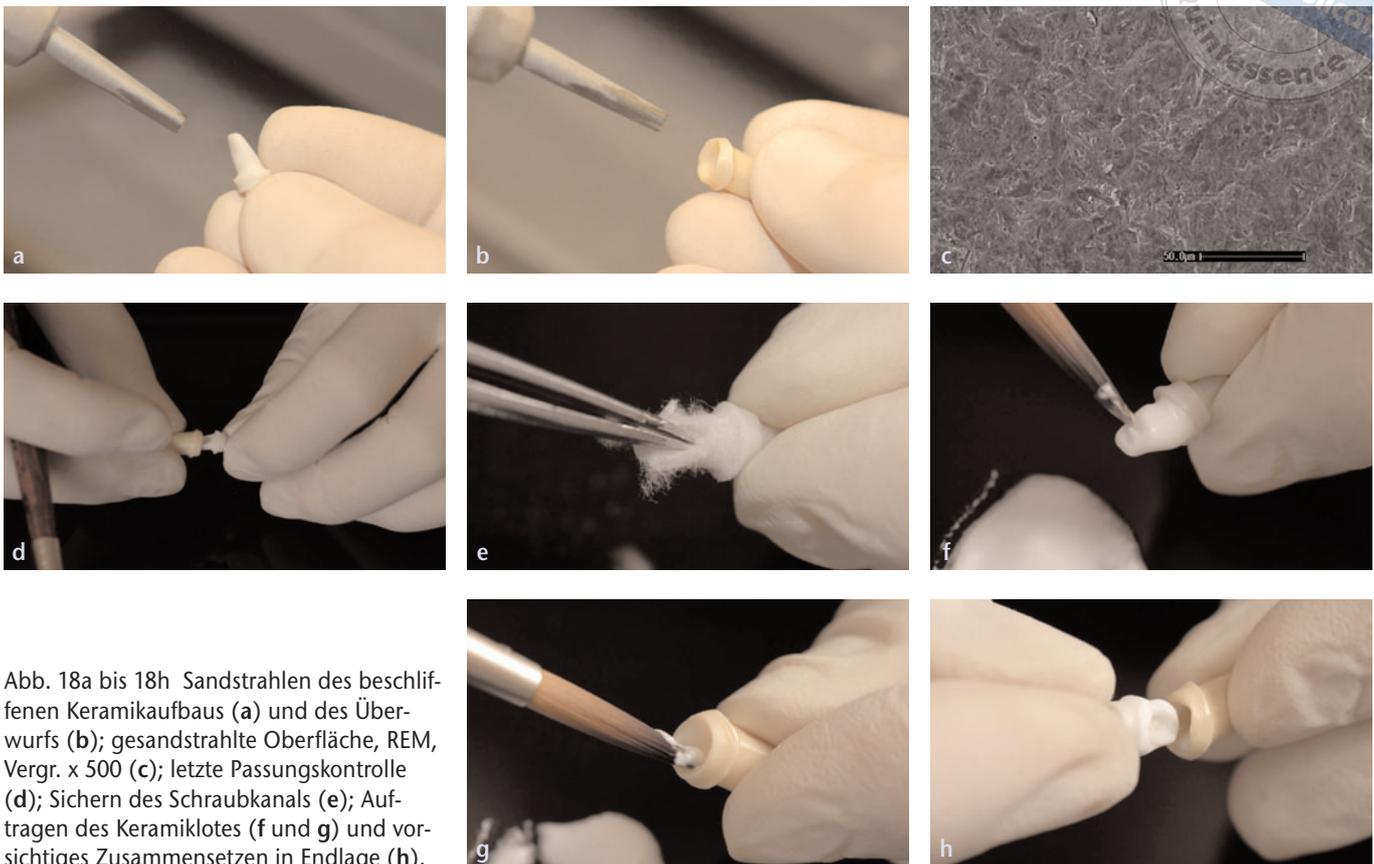


Abb. 18a bis 18h Sandstrahlen des beschliffenen Keramikaufbaus (a) und des Überwurfs (b); gesandstrahlte Oberfläche, REM, Vergr. x 500 (c); letzte Passungskontrolle (d); Sichern des Schraubkanals (e); Auftragen des Keramiklotes (f und g) und vorsichtiges Zusammensetzen in Endlage (h).

einem Spiel von 0,2 bis 0,5 mm besteht. Zu eng ausgearbeitete Überwürfe, besonders wenn eine Klemmpassung besteht, führen zu fehlerhaften Lötungen. Abutment und Überwurf werden mit einer Korngröße von 110 bis 125  $\mu\text{m}$  und einem Strahldruck von 2 bar mit Korund gestrahlt (Abb. 18a und 18b). Das Ergebnis ist eine saubere und gleichmäßig strukturierte Oberfläche (Abb. 18c), die eine gute Benetzbarkeit durch das Lot aufweist. Nun beginnen die letzten Vorbereitungen zum Löten mit Hotbond low. Es erfolgt eine letzte Passungskontrolle (Abb. 18d). Der Schraubkanal wird in seiner ganzen Länge mit Brennwatte ausgestopft, sodass kein Lot einfließen kann (Abb. 18e). Nach dem Anmischen der Masse zu einer sahnigen Konsistenz erfolgt das Aufbringen auf die Fügeflächen mittels Pinsel (Abb. 18f und 18g) in einer dünnen Schicht. Beide Teile werden vorsichtig zusammengesetzt und überprüft, dass sie lagerichtig bis in Endlage positioniert sind (Abb. 18h).

Der Lotüberschuss auf dem Fügeseit ist deutlich erkennbar (Abb. 19). Zirkulär sollte ein Überschuss von gleichmäßiger Stärke vorhanden sein. Überschüsse aus dem Schraubkanal sind zu entfernen. Wird noch Masse auf den Fügeseit nachgelegt, ist auf eine absolute Sauberkeit im Kopplungsbereich der Abutments zum Implantat zu achten (Abb. 20). Übergelaufenes Lot in großen Mengen ist nur schwierig zu entfernen. Kleine Stellen können mit vorsichtigem Sandstrahlen beseitigt werden. Nach dem Trocknen der Lotmasse kann mittels eines grazilen Modellierinstruments nachgesäubert werden. Auf dem Brennträger wird eine kleine Menge Hotbot fix, die pastöse Brennwatte, platziert



Abb. 19 Lotüberschuss am Füge­teil.

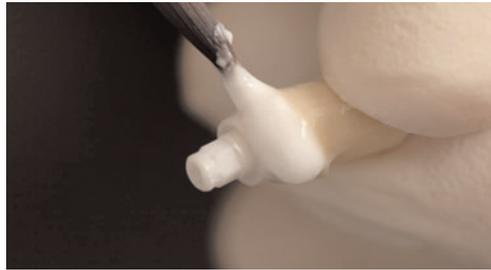


Abb. 20 Es folgt ein vorsichti­ges Versäubern, es darf keine Lotmasse auf den Kopplungs­bereich des Abutments gelan­gen.



Abb. 21 Der Brennträger wird mit Hotbond fix, einer pastösen Brenn­watte, vorbereitet.

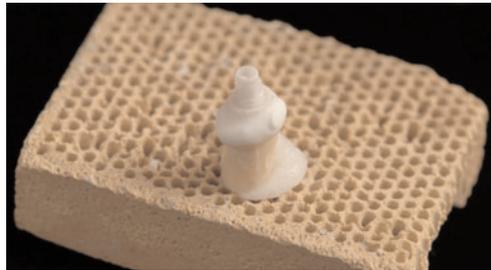


Abb. 22 Die Platzierung des Abutments mit dem Kopp­lungs­bereich nach oben.



Abb. 23 Nach dem Vortrock­nen.



Abb. 24 Das Abutment nach der Lötung.

(Abb. 21), in die das vorbereitete Abutment vorsichtig kopfüber, also mit dem Kopplungs­bereich nach oben, eingedrückt wird (Abb. 22). Die Abbildung 23 zeigt das Abutment nach dem Vortrocknen und Abbildung 24 zeigt es nach erfolgter Lötung. Die Nach­bearbeitung wird mit Diamantwerkzeug in der für Zirkoniumdioxid üblichen Weise vorge­nommen.

Sollen Titanbasen mit Keramikaufbauten aus Zirkoniumdioxid verlötet werden, ist zur Titan­vorbeschichtung das Hotbond Tizio (DCM) anzuwenden. Die Abbildung 25 zeigt ein Titan­keramisches Abutment mit Keramikstumpf nach Verlöten. Durch den Lotprozess anstelle des Verklebens ist ein dichter und langzeitstabiler Übergang geschaffen. In der Schnitt­darstellung eines verlöteten Abutments aus Titan und  $ZrO_2$ -Keramik ist der fehler­freie Übergang zwischen den Materialien erkennbar (Abb. 26). Die Titanbasis sollte die Keramik sowohl an der zervikalen Schulter als auch im Schraubenkanalbereich stützen. Die Höhe des Schraubenkanals ist vor der Überwurfherstellung an die gegebenen klini­schen Anforderungen anzupassen und kann eingekürzt werden. Je mehr Fläche den Fügepartnern zur Verfügung steht, umso stabiler ist der Verbund.

Die Abbildung 27 zeigt das komplette Materialsortiment für die Abutmentlötung. Sollen lediglich keramische Teile miteinander gefügt werden, kommt das Hotbond low zur Anwendung, sind Titanbasen mit  $ZrO_2$ -Keramik zu verbinden, sind aufeinander fol­gend das Hotbond Tizio und das Hotbond Plus (DCM) anzuwenden.

**Verlötete Abutments aus Titanbasen und Zirkoniumdioxid durch artfremde Fügung**

Abb. 25 Ein titan-keramisches Abutment mit Keramikstumpf nach dem Verlöten.



Abb. 26 Die Schnittdarstellung eines verlöteten Abutments aus Titan und Keramik.



Abb. 27 Die Materialien für die Verlotung von Abutments: links: Hotbond low für artreine Fügungen von Keramikabutments; Mitte: Hotbond Tizio für die Vorbeschichtung der Titanbasen; rechts: Hotbond Plus für die Verlotung der vorbeschichteten Titanbasis mit dem Keramiküberwurf.



Die praktische Ausführung gleicht der Fügung von Vollkeramikteilen. Als erster Schritt werden das Abutment (Abb. 28a) und der zuvor hergestellte Überwurf durch Sandstrahlen konditioniert (Abb. 28b). Auch hier gelten die gleichen Strahlparameter: Korund mit der Korngröße 110 bis 125  $\mu\text{m}$  und 2 bar Strahldruck. Die Abbildung 28c zeigt die beiden vorbereiteten Teile. Um ein Sandstrahlen des transgingivalen Anteils des Titans zu vermeiden, kann dieses in einen Schrumpfschlauch aus der Elektrotechnik gesteckt werden. Bei ungleichem Höhenverlauf der Schulter kann der Techniker diesen Schlauch mit einem Skalpell nachschneiden, so liegt die Fügefläche frei und der polierte Übergang ist geschützt. Hotbond Tizio wird jetzt in der benötigten Menge vorgelegt (Abb. 28d) und mit der entsprechenden Flüssigkeit sahnig angemischt (Abb. 28e). Neben dem manuellen Auftrag kann der Auftrag auch mit einer Airbrush-Pistole erfolgen, was zu einem sehr gleichmäßigen und dünnen Film führt.

Wie bei den keramischen Basen wird auch beim Titan der Schraubkanal mit Brennwatte gegen einlaufendes Lot gesichert (Abb. 28f). Nun wird das Hotbond Tizio aufgetragen (Abb. 28g). Die Abbildung 28h zeigt den Brennträger mit dem in Hotbond fix montierten Abutment während des Vortrocknens. Die Brennführung erfolgt nach der Verarbeitungsanleitung. Das Hotbond Tizio und die nachfolgende Lotmasse Hotbond Plus sind von ihrer Verarbeitungstemperatur so eingestellt, dass die Transustemperatur von

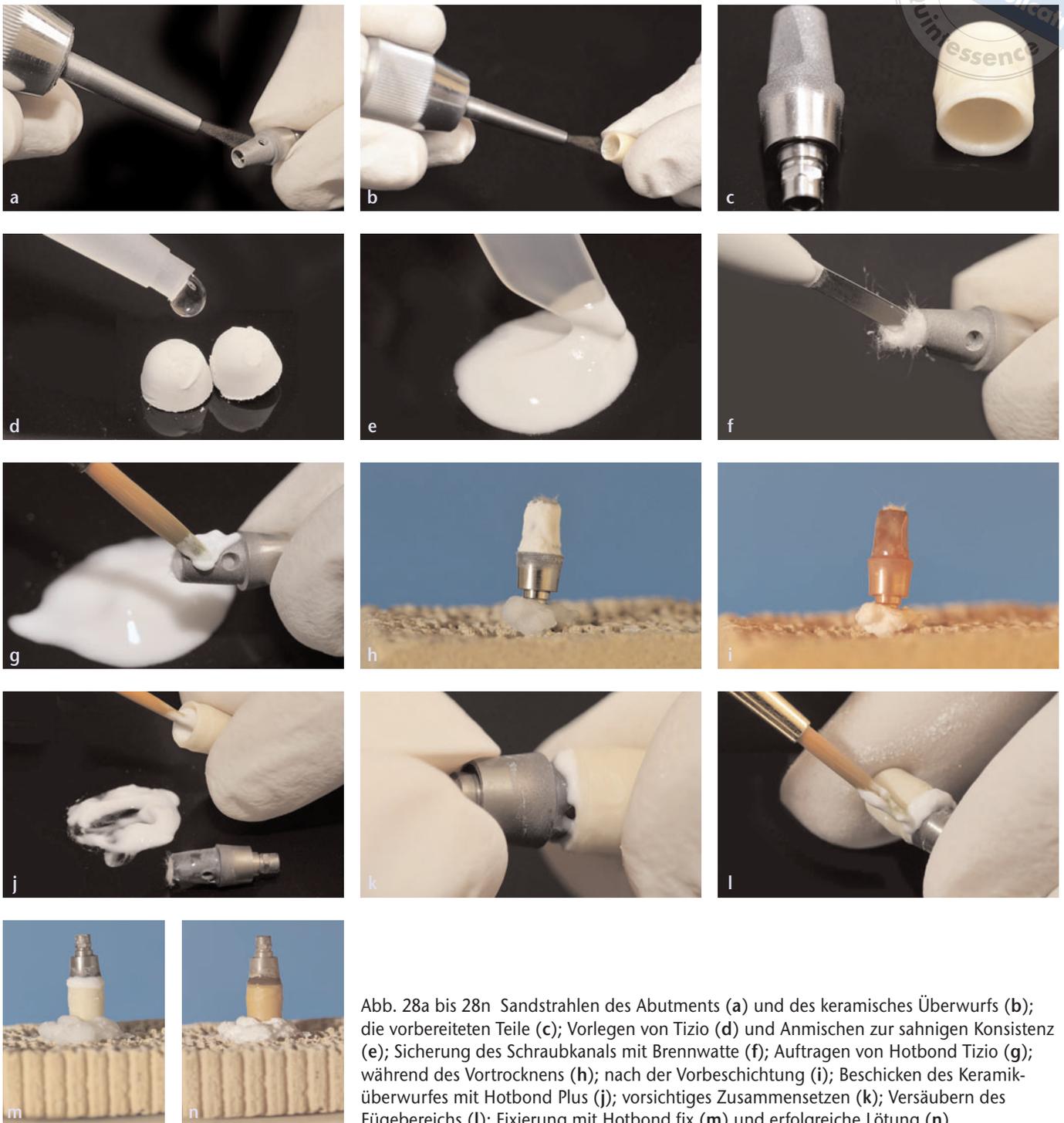


Abb. 28a bis 28n Sandstrahlen des Abutments (a) und des keramisches Überwurfs (b); die vorbereiteten Teile (c); Vorlegen von Tizio (d) und Anmischen zur sahnigen Konsistenz (e); Sicherung des Schraubkanals mit Brennwatte (f); Auftragen von Hotbond Tizio (g); während des Vortrocknens (h); nach der Vorbeschichtung (i); Beschicken des Keramiküberwurfs mit Hotbond Plus (j); vorsichtiges Zusammensetzen (k); Versäuern des Fügebereichs (l); Fixierung mit Hotbond fix (m) und erfolgreiche Lötung (n).

882,5 °C niemals überschritten wird. Die Abbildung 28i zeigt das noch glühende Abutment nach der Vorbeschichtung. Die Beschichtung mit Hotbond Tizio dient lediglich dem optimalen Verbund zum Titan und bietet dem Keramiklot im nächsten Arbeitsschritt eine silikatische Verbundfläche. Sollte die Schicht aus Hotbond Tizio zu dick geworden sein, kann sie mit Diamantschleifern vorsichtig ausgedünnt werden.

Abb. 29 und 30 Verlötete Ankylos-Abutments auf dem Modell im Unter- und Oberkiefer.

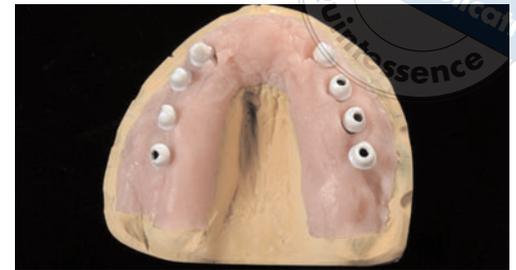


Abb. 31 Vorbereitete Situation vor der Erstellung der Brücken im Artikulator.



Abb. 32 Diverse individualisierte Aufbauten in der Detailansicht.



Abb. 33 Ein abgewinkeltes Abutment nach Verlotung und Grobausarbeitung, der basale Anteil gestattet eine optimale Gingivatrimmung.



Beide Fügeile werden nach einer abschließenden Passungskontrolle dünn mit Hotbond Plus benetzt (Abb. 28j) und bis in Endlage zusammengesetzt (Abb. 28k). Beim Zusammenstecken ist gleichzeitig auf die Bildung von Luftpneinschlüssen zu achten. Der Lotmassefilm muss immer gleichmäßig geschlossen sein. Abschließend erfolgen das Nachtragen von Lotmasse, damit mit einem Überschuss gearbeitet werden kann, und das Versäubern des Fugebereichs (Abb. 28l). Die Montage auf dem Brenntäger wird in gewohnter Weise mit Hotbond fix ausgeführt (Abb. 28m). Nach dem Brand bei 800 °C nach Herstellervorgaben wird das Abutment langsam abgekühlt und kann ausgearbeitet werden (Abb. 28n).

Die Abbildungen 29 bis 38 zeigen einen Patientenfall mit gelöteten Abutments auf Titanbasen. Die Vorbereitung der Abutments ist inklusive des Nacharbeitens der Oberflächen schon abgeschlossen (Abb. 29 und 30). Die Situation im Artikulator zeigt eine optimale Pfeilergeometrie, aber auch die große interalveoläre Distanz, die für eine sehr gute ästhetische Umsetzung immer eine Herausforderung darstellt (Abb. 31). Die Abbildungen 32 und 33 zeigen Detaildarstellungen der verlöteten Abutments auch mit Ab-

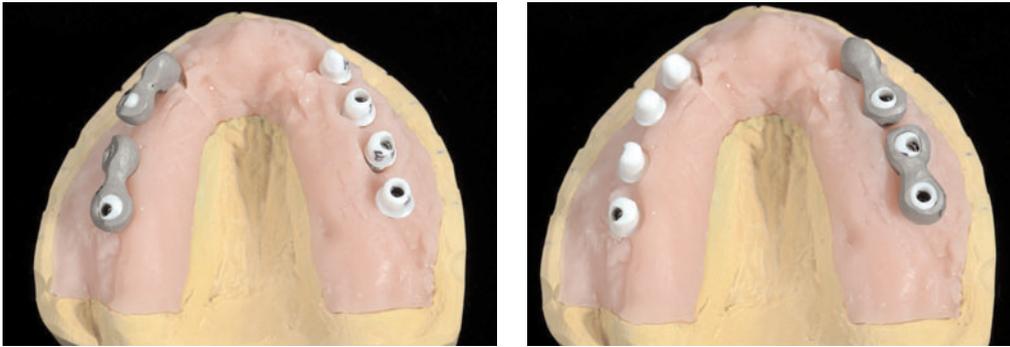


Abb. 34 und 35 Metallische Übertragungsschlüssel im ersten (34) und im zweiten Quadranten (35).



Abb. 36 Fertig gestellte Gerüste nach der Segment-System-Technik aus Zirkoniumdioxid.  
Abb. 37 Die Restaurationen fertig keramisch verblendet auf dem Modell.  
Abb. 38 Ein gutes ästhetisches Ergebnis im Mund.



winkelung. Der Individualität der Gestaltung steht bei dieser Technik nichts im Wege, solange der keramische Überwurf auf der Titanbasis zirkulär geschlossen ist. Sollte dies aus Platzgründen nicht möglich sein, ist die Technik momentan an ihre Grenzen gestoßen. Für die Übertragung der Abutments werden Übertragungsschlüssel aus Metall angefertigt (Abb. 34 und 35). Nun erfolgt die Brückengerütherstellung aus Zirkoniumdioxid. Im Oberkiefer wird ein zirkulärer Ersatz gefertigt, im Unterkiefer ist die Brücke im Bereich der Zähne 31 und 41 getrennt. Die Verblendung erfolgt keramisch unter Anbrennen von rosa Zahnfleischmassen, um die Länge der Zähne minimieren zu können (Abb. 37). Die Abbildung 38 zeigt ein gelungenes Ergebnis im Mund, umgesetzt mit Schlüsseltechnologien, die dem Techniker in den letzten Jahren zugänglich gemacht wurden.

Vollkeramische Abutments sind durch die zahnähnliche Farbe und Ästhetik auch unter der Schleimhaut oft nachgefragt, werden durch den hohen Preis aber nur bedingt angewendet. Die Vorteile von Ästhetik, Biokompatibilität und geringer Plaqueanlagerung werden

### Schlussfolgerungen

durch die Bruchanfälligkeit, Unsicherheiten bei der Bearbeitung und die finanziellen Aufwendungen relativiert. Die hohe Härte, das sprödharte Verhalten und das sehr hohe E-Modul sowie die Schwächung durch Gefügedefekte während der Verarbeitung können besonders bei dünnen Abutments zu Frakturen führen.

Die meisten Keramik-Abutments sind für das Frontzahnggebiet konzipiert. Ein anatomischer Nachteil fast aller Abutments ist die drehrunde Grundform industriell gefertigter Abutments, die von der natürlichen Grundform der Zähne im Durchtrittsbereich der Gingiva abweicht. So sind die Durchtrittsprofile der oberen Zähne 11 und 21 dreieckig, der 3er, Prämolaren und unterer Frontzähne oval sowie bei Molaren quadratisch mit ausgerundeten Ecken. Eine individuelle Gewebstrimmung durch Gingivaformung ist mit Standardabutments nur im Ausnahmefall möglich. Durch Kombination einer Basis mit einem gestaltbaren Keramikaufbau aus Zirkoniumdioxidkeramik ist das Emergenzprofil in allen Bereichen optimierbar.

Der Vorteil des Titans als Abutmentbasis besteht im Bereich der Verbindung zwischen Implantat und Abutment. Die Duktilität des Materials minimiert die Spannungen und Bruchgefahr. Trotzdem hat der Patient den Vorteil der besseren Emergenzprofilgestaltung und des Demaskierungseffekts durch die zahnähnliche Farbe der Keramik. Die Verträglichkeit des  $ZrO_2$  ist im Schleimhautbereich noch besser als die des Titans.

Ein Ansatz zur Oxidminimierung der freiliegenden Titanoberflächen beim Verlöten könnte die von Wehnert et al.<sup>19</sup> beschriebene Ionenimplantation sein. Hierzu ist noch keine abschließende Beurteilung möglich, da die Untersuchungen noch laufen.

Die Vorteile der Verlötung von Abutments mit Hotbond low und Tizio liegen klar auf der Hand. Ästhetik, Gewebetrimmung und Stabilität können bei erhaltener Biokompatibilität des Systems „Abutment“ optimiert werden. Es kann ein dichter Verbund, basierend auf Diffusion und chemischer Ankopplung des Lotes, generiert werden. Durch den Verzicht auf adhäsiv bindende Kompositmaterialien minimieren sich die Plaqueanfälligkeit und die mikrobiologische Besiedlung der Verbundzone. Es sind keine Porositäten an der Lötstelle nachweisbar und die den kunststoffbasierten Klebern eigene Biodegradation und Desintegration des Fügespaltes mit zunehmender Liegezeit kann umgangen werden. Der Einfluss von subgingival gelegenen Klebungen auf die Entwicklung einer Perimplantitis ist nicht auszuschließen.

Damit treten bei Verlötung nach dem Tizio-Prinzip keine negativen Beeinflussungen an der Durchtrittsstelle des Implantates durch die Gingiva auf. Die Schleimhaut lagert sich dicht an die Keramik an und der entstehende gingivale Abschluss führt zu einem verbesserten Schutz des zervikalen Knochens am Implantat. Für den Behandler bleibt der Schraubenkanal trotzdem immer zugänglich, da keine Primärkronen zementiert werden müssen.

#### Literatur

1. Angelus P, Mühlhäuser A. Weichgewebsmanagement, Teil 1. Dent Labor 2007;55:Seiten?
2. Angelus P, Mühlhäuser A. Weichgewebsmanagement, Teil 2. Dent Labor 2007;55:Seiten?
3. Angelus P, Mühlhäuser A. Weichgewebsmanagement, Teil 3. Dent Labor 2007;55:Seiten?
4. Blume A, Raser G, Lenz E, Dietz W. Eine experimentelle Wertung des Titan-Keramik-Verbundes. Quintessenz Zahntech 1998;24:1143–1149.
5. Das stoffschlüssige Fügen von Zirkoniumdioxid. Quintessenz Zahntech 2009;35:101-104.
6. DIN 17850: Titan; Chemische Zusammensetzung. Berlin: Beuth, 1985.
7. DIN 17851: Titanlegierungen; Chemische Zusammensetzung. Berlin: Beuth, 1990.
8. DIN 17862: Stangen aus Titan und Titanlegierungen. Berlin: Beuth, 1993.



9. Geis-Gerstorfer J. Titan und Titan-Legierungen. ZM 2003; 93:828-832.
10. Hopp M, Fischer C, Trilck E, Biffar R. Keramische Verblendung von Titan und Titanlegierungen. Quintessenz Zahntech 2006;32:1070-1084.
11. Informationszentrum Technische Keramik: Brevier Technische Keramik. Nürnberg: Fahner, 2003.
12. Kimura H, Hong CJ, Okazaki M, Takabashi J. Oxidation effects on porcelain-titanium interface reactions and bond strength. Dent Mater J 1990;9:91-99.
13. Krekeler G. Die periimplantäre Gingiva. In: Watzek G. Enossale Implantate in der oralen Chirurgie. Berlin: Quintessenz, 1993:131-152.
14. Mayer H. Fügen von Oxidkeramik; cfi/Ber. DKG 2008;85:D23-D26.
15. Meyer R. Verklebung: Wichtige Schnittstelle zwischen individuellem Aufbau und Titanbasis. Zahntech Mag 2009;13:40-45.
16. Schicha K. Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie 2008. Quintessenz Zahntech 2008;34:1043.
17. Stawarczyk B, Fischer J. Vollkeramik, Titan oder konventionelle Metallkeramik. Quintessenz Zahntech 2008;34:556-564.
18. Trója MG jr, Henriques GEP, Nóbilo MAA, Mesquita MF. The effect of thermal cycling on the bond strength of low-fusing porcelain to commercially pure titanium and titanium-aluminium-vanadium alloy. Dent Mater 2003;19:790-796.
19. Wehnert L, Moormann A, Freesmeyer WB. Simulationsrechnungen zur Thermodynamik des konventionellen Titan-Keramik-Verbundes und zum Einfluß des verbundverbessernden Ionenimplantationsverfahrens. Quintessenz Zahntech 1998;24:1027-1037.
20. Widmer W. Konfektionierte Implantate. In: Wirz J, Bischoff H. Titan in der Zahnheilkunde. Berlin: Quintessenz, 1997.
21. Zothner A, Mitrovic M, Eilert C, Lohff B, Biffar R, Tinschert J, Hopp M. Die Segment-System-Technik mittels HotGlue-Fügung: Fertigung einer zirkulären Oberkieferversorgung aus Zirkoniumdioxid auf Implantaten. Quintessenz Zahntech 2008;34:566-581.
22. Zwicker U. Titan und Titanlegierungen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1974.

ZT Aurica Zothner, René Friedrich, Milija Mitrovic (CEO)  
ZM Präzisionsdentaltechnik, Breite Straße 16, 18055 Rostock

Adressen der Verfasser

ZTM Christian Moss, MOSS Laboratorium für Zahn- und Implantat-Technik GmbH  
Sachsenfeld 3-5, 20097 Hamburg

Prof. Dr. Reiner Biffar, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Direktor: Professor Dr. Reiner Biffar, Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald

Dr. Michael Hopp, Zahnarztpraxis am Kranoldplatz  
Kranoldplatz 5, 12209 Berlin  
E-Mail: mdr.hopp@t-online.de  
und

Ernst-Moritz-Arndt- Universität Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Direktor: Professor Dr. Reiner Biffar  
Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald

Dr. Dr. Steffen Hohl, DIC – Dental Implant Competence, Mund-Kiefer-Plastische Gesichtschirurgie  
Estetalstraße 1, 21614 Buxtehude