

# Die Anwendung von Titan für implantatgetragene Suprastrukturen

## Teil 2: Verarbeitung im zahntechnischen Labor

*Dr. Jürgen Lindigkeit*

### 1. Einleitung

Dentale Implantate werden heute nahezu ausschließlich aus Titan oder Titanlegierungen hergestellt. Daher ist es aus den verschiedensten Gründen eine logische Konsequenz, auch zur Anfertigung der Suprastrukturen Titan zu verwenden. Neben den klinischen Aspekten, die bereits in Teil 1 erörtert wurden, spielt für den Zahntechniker die Verarbeitung des Materials im Labor dabei die entscheidende Rolle.

Aus der industriellen Anwendung weiß man, dass eine einfache und präzise Verarbeitung eines Materials von der Berücksichtigung seiner Eigenschaften abhängig ist. Daher wird in der industriellen Fertigung jeder Verarbeitungsschritt dem Material angepasst. Um nun Titan im zahntechnischen Labor einfach und erfolgreich verarbeiten zu können, müssen seine Eigenschaften genau betrachtet werden, da sie die Verarbeitung entscheidend beeinflussen. Dies ist eine unverzichtbare Voraussetzung, die für jedes Material gilt, um es erfolgreich verarbeiten zu können. Die Erfordernisse zur Verarbeitung von Titan im zahntechnischen Labor lassen sich nun, wie im folgenden gezeigt wird, aus seinen physikalischen Eigenschaften ableiten..

### 2. Wachsmodellation

Bei der Wachsmodellation für den Titanguss ist zu berücksichtigen, dass der Elastizitätsmodul des Titans mit dem der Hochgoldlegierungen vergleichbar ist. Daher ist die Wachsmodellation für Titan wie bei den Hochgoldlegierungen durchzuführen, um eine ausreichende Stabilität des Gerüsts zu gewährleisten.

Die Wandstärke für Kronen und Brücken sollte in Wachs nicht geringer als 0,4 mm sein, um nach dem Guss und Ausarbeiten mindestens noch eine Dicke von 0,3 mm zu erzielen. Neben vielen anderen Parametern hängt die Qualität eines Gusses auch vom Wachs ab, welches zur Modellation verwendet wird. Schrumpfung und Oberflächenbenetzung des Wachses beeinflussen Präzision und Oberflächenglätte des Gusses. Die Zusammensetzung des Wachses muss so gewählt werden, dass es vollkommen rückstandslos verbrennt. Daher sollten nur rein organische Wachse zum Einsatz kommen. Nur so können beste Ergebnisse sichergestellt werden.

Weitere Titanspezifische Empfehlungen zur Form der Wachskäppchen sind nicht einzuhalten.

Für metallkeramische Restaurationen können z.B. die üblichen Kriterien der Gerüstgestaltung zugrunde gelegt werden.

### 3. Anstiften

Gegenüber Legierungen hat Titan kein Schmelzintervall sondern einen definierten Schmelzpunkt. Dies ist die Ursache dafür, dass die Erstarrung der Schmelze sehr rasch eintritt und es auch keine Probleme mit Erstarrungslunkern oder Porositäten gibt, wie es häufig bei Legierungen beobachtet wird, die ein mehr oder weniger breites Schmelzintervall haben. Zu beachten ist jedoch, dass die Form in einer sehr kurzen Zeit vollständig gefüllt werden muss. Daher ist ein geeignetes Anstiftsystem erforderlich, das auch von der verwendeten Gussapparatur abhängig ist.

Für Einzelkronen, Inlays und individuelle Objekte wird für das rematitan<sup>®</sup>-System (Dentaurum) ein T-förmiges Anstiftsystem verwendet. Es besteht aus einem Hauptgusskanal und einem Verbinder mit je 4 mm Durchmesser. Der Durchmesser des Zuführkanals zum Objekt hat 3 mm Durchmesser und eine Länge von ebenfalls 3 mm. Der Hauptkanal wird am Verbinder zwischen zwei Führungskanälen angebracht.

Bei größeren Brücken wird das gleiche Prinzip angewandt. Bei Brücken mit mehr als 8 Gliedern müssen zwei Hauptgusskanäle mit je 4 mm Durchmesser angebracht werden (Abb. 1). Die Gusskanäle müssen so angeordnet werden, dass der Gusstrichter zentral in der Muffel sitzt.

#### **4. Gießanlage**

Der Schmelzpunkt von Titan ist 1668 °C. Damit hat Titan unter den dentalen Gussmetallen den höchsten Schmelzpunkt. Titan ist ebenfalls für seine sehr hohe Reaktivität mit den herkömmlichen Gusstiegeln bekannt, so dass diese nicht verwendet werden können. Eine geeignete Gießapparatur für Titan muss dies berücksichtigen..

Die Anlehnung an die Haupteigenschaften und -prinzipien der industriellen Titangusstechnik ist der bestgeeignete Weg, um ein zuverlässiges Titangießsystem für das zahntechnische Labor zur Verfügung zu stellen.

Dies führt zu einem dentalen Gießsystem, das mittels Vakuum und Argonschutzgas arbeitet, um den Einfluss des Luftsauerstoffs auf die Titanschmelze zu vermeiden und die Eigenschaften des Titans zu erhalten (Abb. 2).

Durch die Verwendung von Kupfertiegeln wird die Reaktion der Titanschmelze mit dem Tiegelmateriale ausgeschlossen. Im technischen Sprachgebrauch ist diese Schmelztechnologie als „scull melting“ bekannt.

Der Prozessablauf beim Titan-Schmelzen und -Gießen startet mit dem Reinigen der Schmelz- sowie der Gusskammer, um eventuell eingeschlossene Luft zu entfernen. Das Schmelzen des Titans erfolgt mit einem

Lichtbogen unter Argon-Schutzgas. Der Lichtbogen wird dabei über eine Wolframcarbidelektrode gezündet.

Der Gießprozess selbst ist ein Druckgussverfahren, das den hohen Druck des Argons in der Schmelzkammer und den Vakuum-Unterdruck in der Gießkammer ausnutzt. So ist eine vollständige Füllung der Form mit der Schmelze möglich.

#### **5. Einbettmassen**

Üblicherweise im Dentallabor eingesetzte Einbettmassen, wie beispielsweise gips- oder phosphatgebundene Quarzeinbettmassen, können wegen der hohen Reaktivität des flüssigen Titans mit diesen Formstoffen nicht für den Titanguss verwendet werden. Es müssen vielmehr spezielle, auf den Titanguss abgestimmte Einbettmassen zu Anwendung gelangen.

Derartige Einbettmassen stehen heute in hoher Qualität zur Verfügung. Sie decken den ganzen Indikationsbereich von Titan ab einschließlich des Gusses von implantatgetragenen Suprastrukturen (Abb. 3).

Die Bildung der sogenannten alpha-case, einer als extrem spröde und hart bekannten Randschicht auf der Oberfläche von Titangüssen, kann durch Verwendung dieser speziellen Einbettmassen nahezu vollständig vermieden werden.

Bei der Spezialeinbettmasse Rematitan plus wird die Expansion für das Giessen von Kronen und Brücken über die Konzentration der Anmischflüssigkeit gesteuert. Für Modellgussarbeiten wird eine weitere Anmischflüssigkeit zur Erzielung präzise passender Gussteile verwendet.

Bei der Titaneinbettmasse Rematitan ultra ist eine Kontrolle der Expansion durch Verdünnung wegen einer völlig verschiedenen Zusammensetzung nicht möglich. Hier erfolgt die Expansionssteuerung durch Verändern der Haltezeit bei maximaler Vorwärmtemperatur und Variation dieser Temperatur selbst innerhalb bestimmter Grenzen.

Die Gießtemperatur ist für beide Einbettmassen nicht mit der maximalen Vorwärmtemperatur identisch, sondern die Muffel wird zum Guss im Vorwärmeofen bis auf eine Temperatur von 430 °C abgekühlt. Diese Temperatur ist ausreichend, um ein vollständiges Ausfließen der Form sicherzustellen und gewährleistet zudem eine optimale Oberflächenqualität.

Die Beachtung dieser Vorgehensweise führt zu exakt passenden Gussobjekten auch bei großspanniger Brücken. Genauigkeit beim Titanguss ist heute kein Problem. Neue Studien haben gezeigt, dass es keine Unterschiede bezüglich der Passgenauigkeit zwischen Titanguss und dem Guss von Hochgoldlegierungen gibt (1).

## **6. Ausarbeiten und Polieren**

Beim Einsatz geeigneter Instrumente kann Titan einfach und schnell ausgearbeitet und poliert werden. Titan ist kein sehr hartes Metall, wie oft behauptet wird. Seine Vickershärte liegt nur bei etwa 200. Eine Reihe ausgewählter Instrumente, wie Trennscheiben, Fräser, Gummipolierer und Wolframcarbidfräser sind für eine effektive Verarbeitung des Titans mit positiven Ergebnissen getestet worden. Nicht unerwähnt bleiben soll ein spezielles Ausarbeitungs-Kit für Titan, das die Firma Dentaurum anbietet. Hierin enthalten sind beispielsweise Wolframcarbidfräser, die speziell für den Einsatz bei der Titanverarbeitung entwickelt wurden. Sie haben eine besondere kreuzförmige Verzahnung und werden bei niedrigen Umdrehungen bis zu 10000 UpM und geringem Anpressdruck verwendet. So wird der niedrigen Härte und der niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Titan Rechnung getragen (Abb.4).

## **7. Verwendung vorgefertigter Teile**

### **7.1 Teile für Implantatsysteme**

Die Titananwendung für implantatgetragene Suprastrukturen deckt den gesamten Bereich der festsitzenden, abnehmbaren und bedingt abnehmbaren Restaurationen ab. Auch vorgefertigte Titanteile, die genau auf das Implantatsystem abgestimmt sind, stehen zur Verfügung. Für das TIOLOX<sup>®</sup>-System gibt es zahlreiche vorgefertigte Teile, wie beispielsweise gerade und gewinkelte Aufbauten, Kugelanker, Anpasshülsen, Stege und Verbinder sowie Spezialaufbauten für das Laserschweißen.

Die Verfügbarkeit von Spezialteilen für das Laserschweißen ist deshalb von wesentlicher Bedeutung, da dies die bevorzugte Fügetechnik von Titan ist.

### **7.2 Laserschweißen**

Im Gegensatz zum Löt- und Plasma-Schweißen ist es nur durch Laserschweißen möglich, wirklich biokompatible Verbindungen herzustellen. Beim Laserschweißen werden darüber hinaus nur sehr kleine Bereiche durch Hitze einwirkung beeinflusst, so dass die Gefahr von Deformationen weitgehend vermieden wird. Neben der hohen Biokompatibilität und der nahezu nicht vorhandenen Deformationsgefahr, gewährleistet das Laserschweißen in der Zahntechnik ein effizientes Arbeiten, beträchtliche Zeitersparnis, höchste Festigkeit sowie vermindertes Auftreten von Spannungen. Ebenso ist es möglich nahe an Kunststoff oder Keramik zu arbeiten, ohne diese Materialien zu schädigen. Verbindungen, Erweiterungen und Reparaturen können leicht ausgeführt werden.

Ähnlich wie beim Gießprozess muss auch beim Laserschweißen von Titan der Zutritt von Luftsauerstoff vermieden werden. Da aber nur sehr kleine Bereiche durch den Laserstrahl aufgeschmolzen werden, genügt es, wenn das Argonschutzgas mit einer Düse lokal der Schweißstelle zugeführt wird. Eine optimale Justierung der Argondüse ist dadurch möglich, dass Schweißpunkte auf einer Titantestscheibe auf eine Verfärbung geprüft wird (Abb. 5).

Auch ohne Gießen ist es möglich, eine Stegkonstruktion mit passivem Sitz nur mittels Laserschweißen aus vorgefertigten Titanteilen herzustellen.

Vor dem Laserschweißen müssen die zu fügenden Teile so präpariert werden, dass sie stumpf aneinander stoßen. Eine Reflexion des Laserstrahles wird durch Sandstrahlen der Titanoberfläche vermieden. Die Teile werden zunächst mit zwei Laserschweißpunkten fixiert.

Die Laserschweißnaht wird durch Überlappen der Schweißpunkte zu etwa 70 % aufgebaut. So wird eine gleichmäßige Schweißung erzeugt. Bevor eine Verbindung des Steges an ein zweites Abutment erfolgt, muss die erste Verbindung vollständig fertiggestellt sein. Es ist auch möglich, Material mittels Titanlaserschweißdraht aufzutragen.

Nach Fertigstellung der Prothese werden die Titansteghülsen an die Retentionen geschweißt, die individuell modifiziert werden können.

Durch Verwendung vorgefertigter Titankomponenten ist es so möglich, kostengünstige, passgenaue Restaurationen aus nur einem Material zu herzustellen.

### **7.3 Kombination von Titanguss und Laserschweißen**

Titan-Aufbauten können auch, z.B für bedingt abnehmbare Restaurationen, in Verbindung mit Laserschweißen und gegossenen Komponenten verwendet werden. Dies soll am Beispiel einer Molarenkrone für das Tiolox-Implantat gezeigt werden (2): Das Meistermodell mit Gingivamaske wird einartikuliert und die okklusale Platzverhältnisse überprüft (Abb. 6). Der Gingivalsaum sollte ebenfalls festgelegt werden, um eine optimale Kronenkontur zu gewährleisten.

Die Kunststoffweiterung wird auf dem Titanaufbau plziert und mit einer Titanschraube gegen Rotation gesichert. Die Kunststoffweiterung wird gemäß dem verfügbaren okklusalen Platz gekürzt. Dann erfolgt das Aufwachsen. Die Erweiterung kann hierzu vom Aufbau entfernt werden, da sie gegen Rotation gesichert ist und daher wieder präzise zurückgesetzt werden kann (Abb. 7). Die aufgewachste Krone wird vom Titanaufbau abgenommen, eingebettet und wie beschriebenen in Titan gegossen. Danach wird das erhaltene Käppchen wieder auf das Abutment aufgesetzt.

Krone und Aufbau werden entlang des zervikalen Randes lasergeschweißt, wie ebenfalls bereits beschrieben. Nach der Politur der Laserschweißnaht ist die Krone fertig zum Verblenden mit einer Aufbrennkeramik für Titan, wie beispielsweise Triceram®.

Die Schraubenöffnung wird vom Zahnarzt mit einer Kompositfüllung verschlossen. Es ist auch möglich, ein Keramikinlay zu verwenden (Abb.8).

## **8. Keramikverblendung**

Betrachtet man die physikalischen Eigenschaften von reinem Titan, wie beispielsweise die geringe thermische Expansion, die hohe Reaktivität mit Sauerstoff und seine Strukturumwandlung bei 882 °C, so ist offensichtlich, weshalb spezielle Keramiken zur Verblendung verwendet werden müssen.

Die Oberflächenbehandlung des Titans vor dem Aufbrennen der Spezialkeramik entspricht dem üblichen Vorgehen, d. h. es erfolgt ein Strahlen mit 125 - 250 µm Aluminiumoxid bei einem Druck von 2 - 3 bar.

Die Titankeramik ist hinsichtlich der Wärmeausdehnung dem Titan angepasst.

Um während des Brennvorganges die Sauerstoffaffinität des Titans, die zur Bildung einer starken Oxidschicht und damit zu einer Verminderung der Keramikhaftung führt, auszuschalten, wird die Oberfläche in einem ersten Brennvorgang mit einem Bonder versiegelt.

Die Brenntemperatur der Aufbrennkeramik (Triceram) liegt weit unterhalb der Titan-Strukturumwandlungstemperatur von 882 °C. Der Brennprozess ist sehr kurz, es ist keine Langzeitabkühlung nötig.

## 9. Zusammenfassung

Aus zahnärztlicher und wissenschaftlicher Sicht ist Titan für implantatgetragene Suprastrukturen das am besten geeignete Material. Es ist aber die Aufgabe des zahntechnischen Labors, diese Arbeiten technisch umzusetzen. Eine gut angepasste und sichere Titangusstechnik, vorgefertigte Titanteile und die Verwendung der Laserschweißtechnik ermöglichen es dem Zahntechniker diese Aufgabe zu erfüllen und präzise, kostengünstige Restaurationen aus Titan herzustellen, die auch hohen ästhetischen Ansprüchen genügen,.

## 10. Literatur:

- (1) W. WAGENER, K.W. BOENING, WALTER, M.H. In vivo fitting accuracy of titanium and high gold crowns, The IADR/AADR/CADR 80th General Session (March 6-9, 2002) San Diego, California
- (2) The Tiolox<sup>®</sup> Implant System, Prosthetic Instructions, Tiolox Implants GmbH, Ispringen, Germany

## 11. Abbildungen



Abb. 1: Anstiftsystem für den Titanguss (Rematitan<sup>®</sup>-System, Dentaforum)

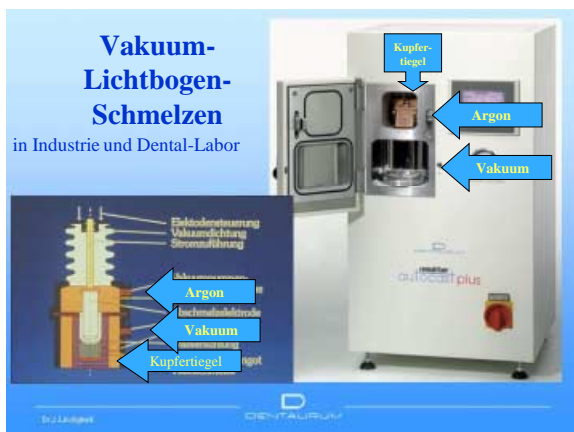


Abb. 2: Titanguss in Industrie und Dentallabor (Rematitan<sup>®</sup>-System, Dentaforum)

	Indikationen						
	Inlays	Kronen	Brücken	Attachments	Implantat-arbeiten	Modell-guss	Modell-guss-teile
Rematitan plus	+	++	++	++	+	+++	+++
Rematitan ultra	+++	+++	+++	+++	+++	-	++

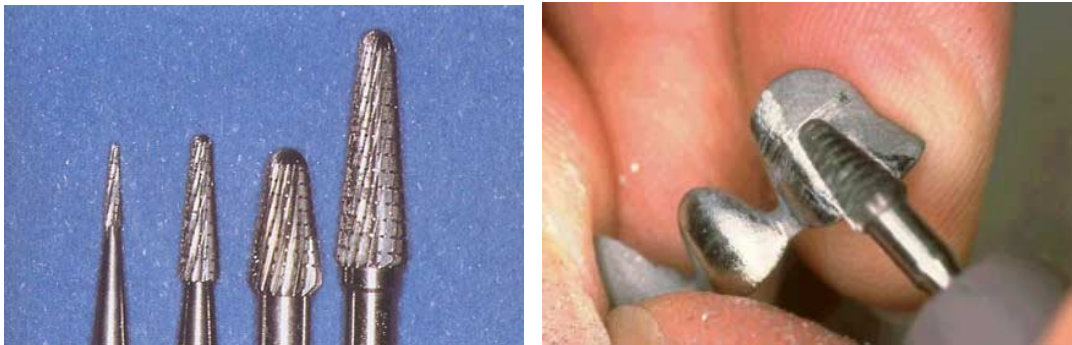
+++ sehr gut geeignet

++ gut geeignet

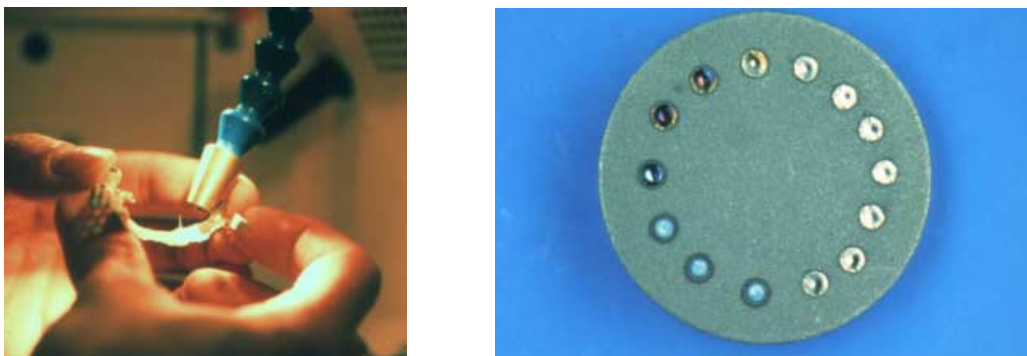
+ geeignet

- nicht geeignet

**Abb.3:** Einbettmassen für den Titanguss (Dentaurum)



**Abb.4:** Wolframcarbidgefräser mit Kreuzverzahnung (Dentaurum)



**Abb.5:** Ausrichtung der Argondüse, Schweißpunktkontrolle



**Abb 6:** Meistermodell mit Gingivamaske und Kunststoffweiterung mit Titanschraube



**Abb.7:** Verkürzte Kunststoffweiterung, aufgewachsene Krone, Titankäppchen mit Titanaufbau, Titankäppchen verbunden mit Titanaufbau



**Abb.8:** Laserschweißung des zervikalen Randes, zur Verblendung vorbereitete Krone, mit Triceram verblendete Krone, verschlossene Schraubenöffnung



Der Autor des Artikels, Dr. Jürgen Lindigkeit, studierte von 1971 bis 1976 Maschinenbau und Werkstoffwissenschaften an der Ruhr Universität in Bochum. Von 1976 bis 1979 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstofforschung der Deutschen Luft- und Raumfahrtbehörde in Köln tätig. 1979 promovierte er zum Doktor der Ingenieurwissenschaften und leitete von 1979 bis 1980 die Arbeitsgruppe für Niedertemperaturmaterialien bei MAN-Neue Technologie, München. Von 1980 bis 1995 bekleidete er eine Reihe führender Positionen in Entwicklung, Produktion und Produktmanagement in der Medizin- und Dentalindustrie. Seit 1996 ist Dr. Lindigkeit als Leiter der Zahntechnik und zahntechnischen Entwicklung bei der Firma Dentaurum J. P. Winkelstroeter KG, Ispringen, tätig. Seit 2000 leitet er ebenfalls die Abteilung Entwicklung Metallurgie. Er ist

Mitglied von nationalen und internationalen Fachgesellschaften (z. B. .DGM, DGZMK, DGZPW und IADR), Obmann der Arbeitsgruppe für NEM-Legierungen des DIN-NA Dental sowie Vorsitzender der internationalen ISO - Arbeitsgruppe für edelmetallfreie Dentallegierungen (ISO/TC 106 (dentistry)/SC2-WG2). Er ist Autor zahlreicher Publikation über Dentalwerkstoffe und hält Fachvorträge in In- und Ausland.