



EMF-Restaurationen CAD/CAM-gestützt gefertigt – Eigen- oder Fremdfertigung?

DIE SINNHAFTHAFTIGKEIT IM AUGEN BEHALTEN

Ludwig Schultheiss, Darmstadt/Deutschland

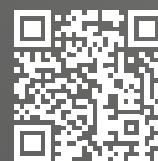
EMF-Versorgungen sind gefragt, häufig aus CoCr-Legierungen. Und auch wenn es niemand so richtig zugeben möchte, sprechen die Zahlen eine eindeutige Sprache: „Stahl“ ist aus dem zahntechnischen Arbeitsalltag nicht mehr wegzudenken. Warum das so ist, soll an dieser Stelle gar nicht diskutiert werden. Doch wie kommt man als Labor zu EMF-Restaurationen? Dass die CAD/CAM-Technik sicher einen entscheidenden Beitrag zum Siegeszug der CoCr-Verarbeitung beigetragen hat, ist unbestritten. Ludwig Schultheiss geht in diesem Artikel daher der Frage nach, ob diese CAD/CAM-gestützte Fertigung besser in- oder outhouse stattfinden sollte.

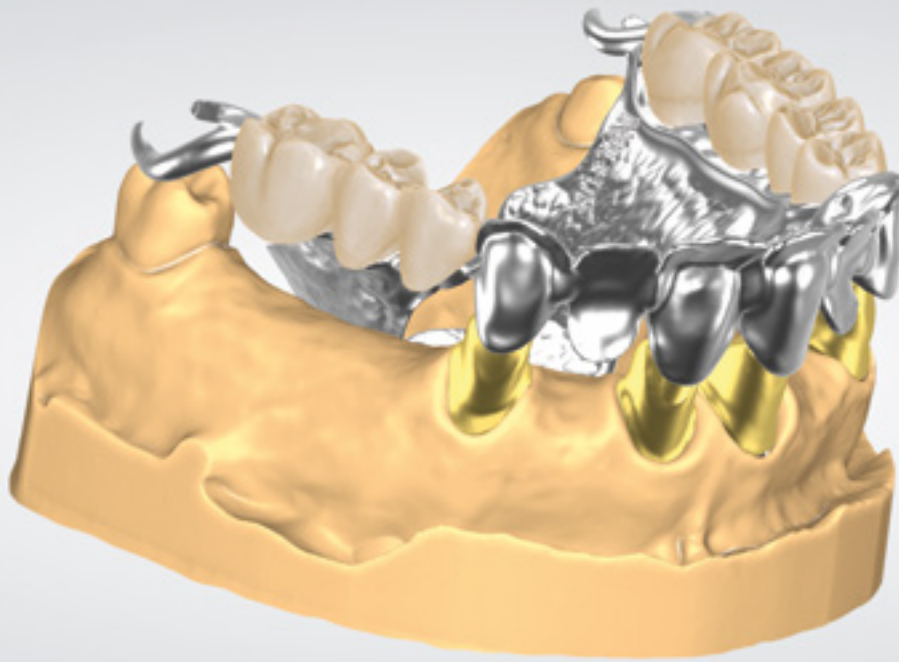
KONTAKT

- Infinident Solutions GmbH
Röntgenstraße 88
64291 Darmstadt
Fon +49 6151 3961818

www.infinidentsolutions.com
service@infinidentsolutions.com

YOUTUBE KANAL





Am Computer mit der exocad DentalCad-Software konstruierte Restauration. Der technologische Fortschritt macht es möglich, dass zunehmend auch Zahnersatz aus EMF-Legierungen CAD/CAM-gestützt gefertigt wird. (© exocad GmbH)

Trotz des anhaltenden Hypes um das Thema Vollkeramik werden Edelmetallfreie Legierungen (EMF) weiterhin konstant in der Prothetik nachgefragt. Ob zur Fertigung von Modellgussstrukturen oder als Aufbrennlegierung für die keramische Verblendung, kommen sowohl in Deutschland als auch in Europa heute primär Legierungen aus Kobalt-Chrom (CoCr) für die Basisversorgung zum Einsatz.

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und des damit einhergehenden Einsatzes von CAD/CAM-Technologien werden diese Metallrestaurationen immer seltener analog gefertigt. Die Vielzahl an manuellen Arbeitsschritten – aufwachsen, anstiften, einbetten, aufheizen, Material schmelzen und letztendlich mithilfe einer Zentrifuge der eigentliche Guss – sowie die Gefahr von Lunkern sorgen dafür, dass die klassische analoge Fertigung für viele immer unattraktiver wird. Insbesondere, wenn es um eine Vielzahl an Einheiten oder Gerüste über größere Spannweiten geht.

Kronen- und Brückengerüste sowie Modellguss-Strukturen lassen sich heute mithilfe von Scannern und CAD-Software schnell

und einfach digital gestalten und können im Anschluss mittels der unterschiedlichsten Fertigungstechnologien – subtraktiv oder additiv – umgesetzt werden.

EMF-Versorgungen – abtragende (subtraktive) Verfahren

Insbesondere Kronen- und Brückengerüste aus EMF-Legierungen werden heute meist frästechnisch hergestellt. Dabei kommen bei kleinen und mittelständischen Laboren in der Regel sogenannte Desktop-CNC-Maschinen zum Einsatz, die ursprünglich für die CAD/CAM-gestützte Fertigung von Zirkonoxid-Versorgungen angeschafft wurden. Die meisten dieser heute im Dentallabor installierten „dentalen“ Fräsmaschinen sind für die Verarbeitung von CoCr-Legierungen technisch nicht optimal ausgelegt. Insbesondere, wenn größere Stückzahlen von EMF-Restaurationen gefräst werden sollen. Die Härte des Materials fordert lange Fräszeiten und sorgt für einen hohen Verbrauch an teuren Werkzeugen und eine starke Abnutzung der Maschinenspindeln. Auch sind unter Um-

ständen aufgrund der extremen Beanspruchung häufigere Wartungseinsätze seitens des Maschinenherstellers erforderlich.

Des Weiteren sind neben dem Werkzeug- und Maschinenverschleiß auch die Kosten beim Fräsen extrem hoch – insbesondere wenn man das Thema Materialverlust in Betracht zieht. Eine CoCr-Standardronde mit einer Höhe von 12 mm und einem Durchmesser von 985 mm weist ein Gewicht von etwa 770 g auf. In der Regel lassen sich aus einer solchen Ronde durchschnittlich 30 EMF-Einheiten fräsen. Eine CoCr-Einheit wiegt je nach Situation zwischen 2 und 5 g, was folglich bedeutet, dass beim abtragenden Verfahren lediglich 10 bis 20 Prozent des Materials tatsächlich für die dentalen Strukturen genutzt werden. Die verbleibenden 80 bis 90 Prozent sind somit als Materialverlust zu deklarieren. Bei einem derartigen Verhältnis ist es schwierig, von einer effizienten Produktionslösung zu sprechen.

Fräsmaschinen, die zur Verarbeitung dieser harten Legierungen besser geeignet sind, findet man häufig in der industriellen dentalen Fertigung. Mit diesen Maschinen können hochglänzende, meist sehr gut passende



Ein mittels additivem Verfahren gefertigter Zahnersatz in seinen Entstehungsstufen: Das Gerüst wird nach der Lasersinterung ausgearbeitet und schließlich verblendet. (© EOS GmbH)

In dieser Grafik ist das durchschnittliche Verhältnis von Output und dem Materialverbrauch im subtraktiven Verfahren, bezogen auf eine Standard-CoCr-Ronde, dargestellt.

Ergebnisse mit glatter Oberfläche aus industriefertigten Ronden gefräst werden. Die Anschaffung derartiger Maschinen beginnt jedoch meist mit einer Investition im sechsstelligen Bereich. Das sind Summen, die für den Fertigungsbedarf eines mittelständischen Labors meist viel zu hoch gegriffen sind und nur bei einer entsprechenden Auslastung sinnvoll wären.

Die wirtschaftliche Fertigung von gefrästen CoCr-Gerüsten kann heute somit eigentlich nur noch ein hochspezialisiertes dentales Fertigungszentrum leisten. Aufgrund des Auftragsvolumens können die teuren industriellen CNC-Maschinen ausgelastet, Wartungskosten minimiert und Materialien in hohen Stückzahlen kostengünstiger eingekauft werden.

Vor- und Nachteile gefräste EMF-Strukturen (subtraktive Fertigung)

- ⊕ homogene Oberfläche
- ⊕ sehr gute Passung
- ⊕ geringe Nachbearbeitung
- ⊖ Hoher Maschinen- und Werkzeugverschleiß
- ⊖ Unbefriedigendes Output-/Material-Verhältnis
- ⊖ Geringe Stückzahl = teure Herstellung (Stückkosten)

EMF-Versorgungen - auftragende (additive) Verfahren

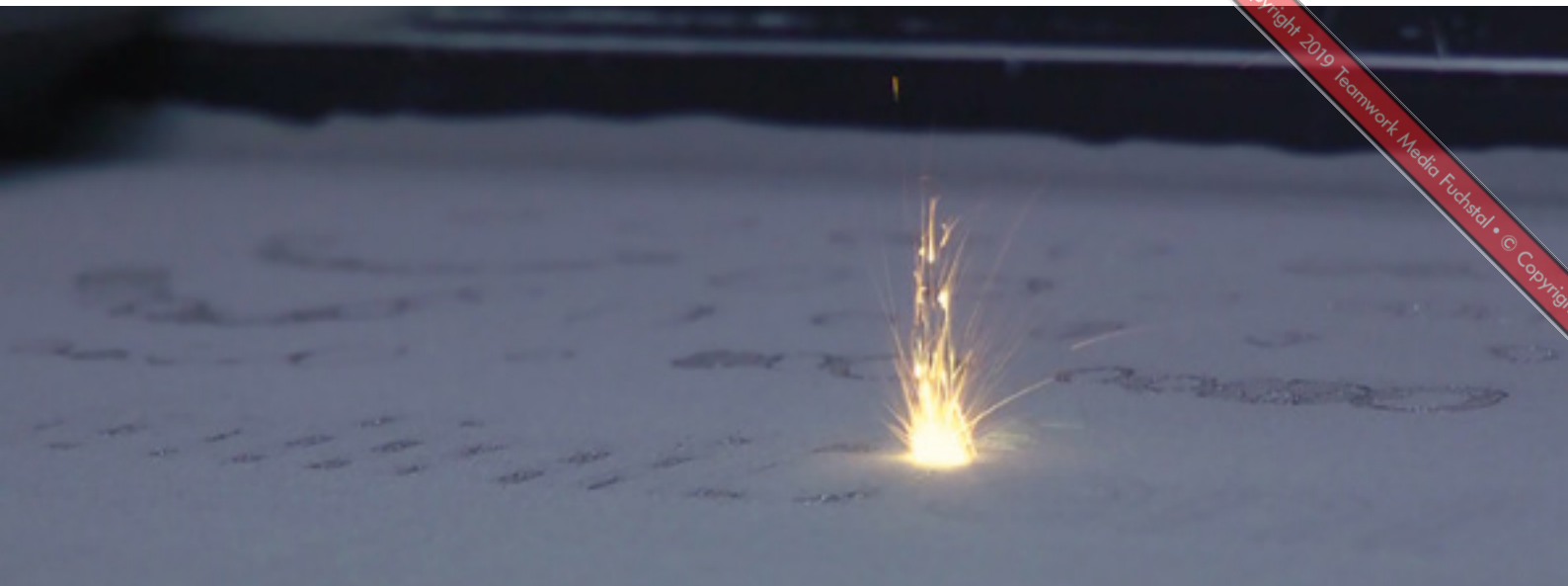
Eine weitere, durchaus attraktive Fertigungsalternative im Bereich der EMF-Legierungen bietet die additive Fertigung. In der dentalen Fertigungslandschaft hat sich zur Produktion von Metallgerüsten die Lasersinterertechnologie (SLM = Selective Laser Melting) weitestgehend durchgesetzt. Bei diesem Verfahren wird CoCr in Form von feinkörnigem Pulver von einem Laserstrahl schichtweise verschmolzen. Die so zu fertigenden Restaurationen werden dabei mithilfe von Stützstrukturen (sogenannten Supports) mit der Bauplatte verbunden, um die durch den Lasereintrag entstehende Energie abzuleiten und insbesondere bei größeren Gerüsten Spannungsverzüge zu vermeiden. Im Nachgang wird die gesamte Bauplattform inklusive der darauf befindlichen, additiv aufgelaserten Restaurationen einer thermischen Behandlung bei etwa 800 °C unterzogen. Dadurch werden die Spannungen im Werkstück und Material weitgehend eliminiert. Im Anschluss werden die prothetischen Strukturen von der Bauplattform abgetrennt und die Supports manuell entfernt. Abschließend werden die Teile konventionell manuell überarbeitet und abgestrahlt.

Die Vorteile der additiven Technologien basieren auf der Möglichkeit, individuelle Restaurationen in hohen Stückzahlen schnell CAD/CAM-gestützt herzustellen (etwa mittels EOS M270 – 400 Einheiten in 20 Stunden). Die fertigen lasergesinterten Restaurationen weisen überzeugende Teileeigenschaften hinsichtlich ihrer Dichte sowie Oberflächenrauigkeiten und gute Passungen von $\pm 20 \mu\text{m}$ auf. Derartige Passungen sind optimal für die konventionelle Befestigung mit Zementen geeignet. Das SLM-Verfahren ermöglicht insbesondere bei Brückengerüsten mit hoher Spannweite gute Passungsergebnisse. Zudem können bei hoher Auslastung der SLM-Maschinen die Stückkosten entsprechend reduziert und auch das Verhältnis Output/Materialverlust optimiert werden. Dabei ist der Materialverlust mit weniger als 10 Prozent sehr gering.

Vor- /Nachteile des Lasersinterverfahrens (additive Fertigung)

- ⊕ hohe Materialdichte (homogenes Material)
- ⊕ optimale Oberflächenrauigkeit
- ⊕ gute Passung – auch bei weitspannigen Brücken
- ⊕ effizientes Output-/Material-Verhältnis
- ⊕ wirtschaftliche Fertigung von großen Stückzahlen

Fuchstal • © Copyright 2019 Teamwork Media Fuchstal • © Copyright



Bei dem additiven Lasersinterverfahren (SLM = Selective Laser Melting) wird Metallpulver „selektiv“ aufgeschmolzen und das Werkstück so in der Z-Achse Schicht für Schicht aufgebaut. (© Infinident Solutions)

- hohe Anschaffungskosten für Maschinen/Pulver
- Nachbearbeitungsaufwand
- nicht populär

Anhand der hohen Anschaffungs- und Unterhaltskosten sowie der Produktionskapazität ist das Lasersinterverfahren primär für hochspezialisierte Fertigungsdienstleister geeignet. Diese bieten heute meist weitgehend zufriedenstellende lasersintergefertigte EMF-Restaurationen zu einem attraktiven Preis an. Je nach Anbieter ergeben sich allerdings auch hier große Unterschiede hinsichtlich der Oberflächenqualität der produzierten Teile.

EMF-Versorgungen – hybride Fertigung

Aufgrund der genannten Vorteile ist das Lasersinterverfahren auch für die Herstellung von implantatgestütztem Zahnersatz interessant, wie zum Beispiel einteilige, individuelle Abutments oder Stege und Implantatbrücken auf zwei oder mehreren Implantaten. Hier ist jedoch die geforderte Genauigkeit, die das Lasersinterverfahren für die Passungsfläche des Implantats bietet, unzureichend. Die maschinelle subtraktive Nachbearbeitung, die eine Passung von $< 10 \mu\text{m}$ und die ent-

sprechende Implantat-Anschlussgeometrie garantiert, kann nur mithilfe von hochwertigen CNC-Maschinen mit integrierter Sensorik zur Nullpunkterfassung und ausgefeilter CAM-Software auf Industrieniveau adäquat umgesetzt werden. Diese Art der Hybridfertigung – also die Kombination additiver und subtraktiver Verfahren – wird zunehmend von hochspezialisierten zentralen Fertigungsdienstleistern angeboten. Die erfolgreiche Umsetzung setzt aber ein ganzheitliches Verständnis für die digitale Fertigung sowie Automatisierung voraus.

Dentale EMF-Restaurationen lassen sich somit auf verschiedene Art und Weise CAD/CAM-gestützt herstellen. Inwieweit sich die Eigenproduktion lohnt, ist nicht ganz eindeutig und am Ende immer eine Frage der Auslastung. Deswegen empfiehlt es sich, einen genaueren Blick auf die Wirtschaftlichkeit zu werfen.

EMF-Versorgungen – Eigenfertigung vs. Zukauf

Die Studie „Make or Buy?“ von *Ztm. Clemens Schwerin* (Betriebswirt HwO, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik Klinikum der Universität München) hat das Thema Kostenvergleich der digitalen Eigenfertigung versus

Zukauf von vollkeramischen (Zirkonoxid) und EMF- (CoCr) Restaurationen mit den unterschiedlichen CAD/CAM-Typen (Desktop-/Industriemaschine, Fräsen/Lasersintern) analysiert.

In dieser Untersuchung wurden die jeweiligen Materialarten getrennt voneinander betrachtet. Eine Mischkalkulation hinsichtlich der Materialien, die auf ein und demselben System bearbeitet werden könnten und somit zu einer besseren Auslastungsstatistik führen, wurde nicht vorgenommen.

Die Studie zeigt deutlich, dass es aus betriebswirtschaftlicher Sicht für die CAD/CAM-gestützte Herstellung von EMF-Gerüsten kaum eine Alternative zur Lasersinter-technologie gibt.

Hinsichtlich der abtragenden Verfahren würde sich laut dem Untersuchungsergebnis bei einem täglichen Bedarf von mindestens sechs EMF-Einheiten die Anschaffung einer Desktop-Fräsmaschine lohnen. Hier stellt sich allerdings die bereits oben angeregte Frage, inwieweit diese Geräte in größerem Umfang für die Metallverarbeitung ausgelegt sind.

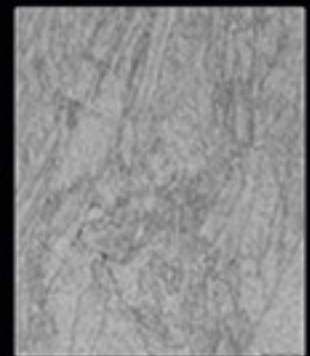
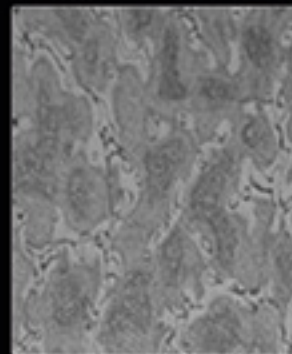
Die Anschaffung einer Industrie-Fräsmaschine wäre daher für das maschinelle Bearbeiten von EMF eher die richtige Wahl. In diesem Fall würde sich die Eigenfertigung



Einer der Vorteile des Lasersinterverfahrens ist, dass mit einem Fertigungsprozess viel mehr Bauteile generiert werden können. (© EOS GmbH)



14-gliedrige Brücke, die mittels Lasersinterertechnologie hergestellt wurde: Unten ist die noch unbearbeitete Brücke mit den Support-Strukturen und oben die ausgearbeitete Brücke dargestellt. (© EOS GmbH)



Schliffbilder einer gegossenen (li.) und lasergesinterten CoCr-Struktur. Bei der SLM-Probe im rechten Bild fällt die homogene Struktur auf (Vergrößerung 20 µm). (© EOS GmbH)

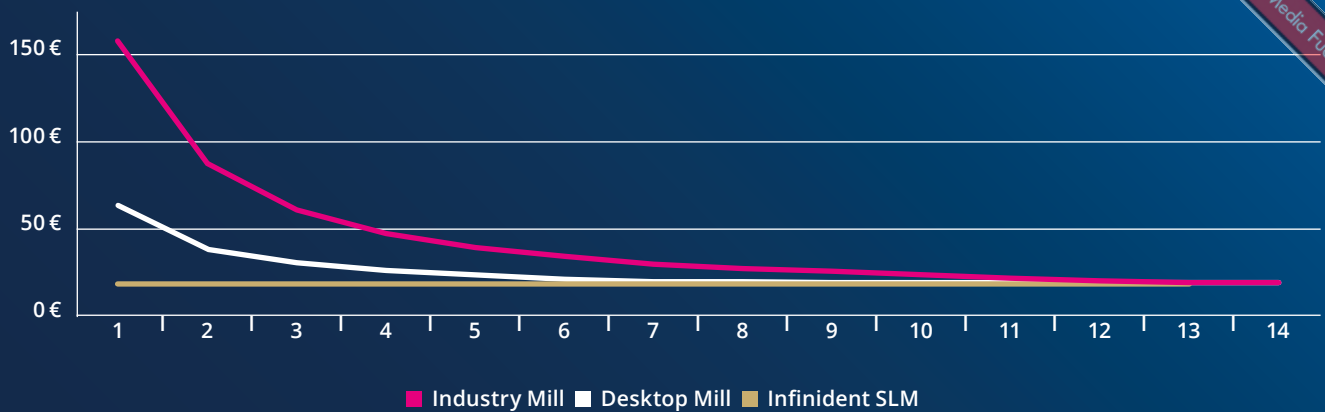
aber erst ab zwölf Einheiten pro Tag lohnen. Der Zukauf von EMF-Restorationen, die mittels Lasersinterertechnologie gefertigt werden, scheint der wirtschaftlich gangbarste Weg zu sein, um als mittelständisches Dentallabor Restorationen aus dieser Art von Material sinnvoll anbieten zu können. Neben den klar kalkulierbaren Stückkosten können über diesen Weg zudem potenzielle Probleme wie

unvorhergesehene Wartungskosten, Maschinenausfälle sowie Mitarbeiterfluktuation umgangen beziehungsweise kompensiert werden. Gleichzeitig erlaubt das Outsourcing der eigenen Prozesse auf externe Fertigungspartner ein schnelles „Umorientieren“, wenn beim gewählten Dienstleistungspartner anhaltende Qualitätsprobleme auftreten.

Fazit

Dass die CAD/CAM-Technologie auch für die Herstellung von EMF-Restorationen bestens geeignet ist, steht außer Frage. Aufgrund der Materialeigenschaften verlangt die Verarbeitung – insbesondere von CoCr – jedoch bestimmte Voraussetzungen an die Technologie, um eine zuverlässige Produktion garan-

CoCr Einheit: Make – Inhouse Milling vs. Buy – Lasersintern



Dieses Schaubild verdeutlicht, ab wie vielen Einheiten pro Tag die Eigenfertigung von CoCr-Einheiten wirtschaftlich ist. (© Clemens Schwerin, LMU München)

tieren zu können. Und Fertigungsmaschinen, die diesen Anforderungen gerecht werden, bringen eine gewisse Investitionshöhe mit sich. Wie immer stellt sich daher die Frage, inwieweit man diese Maschinen für eine Eigenfertigung auslasten kann. Kurz: Lohnt sich eine solche Anschaffung?

Der Weg über einen spezialisierten Fertigungsdienstleister bietet – abhängig vom internen Bedarf – meist einen wirtschaftlichen Vorteil. Insbesondere bei komplexen Fällen, wie zum Beispiel weitspannige Brücken, Stege, individuelle Abutments oder verschraubte Implantatsuprastrukturen, erleichtert die Auslagerung oftmals das täg-

liche Arbeiten. Zudem spart auch der Zukauf einzelner Einheiten Zeit und kommt unterm Strich oftmals günstiger.

Grundsätzlich ermöglicht die Nutzung zentraler Fertigungsdienstleister dem Dentallabor eine höhere Flexibilität und bringt Vorteile hinsichtlich der Kostenkontrolle, Gewährleistung bei Qualitätsthemen sowie Vermeidung von Anschaffungs- und Lagerkosten mit sich. Zukaufen statt Selbermachen lohnt sich also, insbesondere bei EMF-Restaurationen. ■

ÜBER INFINIDENT SOLUTIONS

Infinident Solutions gehört mit mehr als zehn Jahren Erfahrung im Bereich

der Lasersintertechnologie zu den Pionieren auf dem Gebiet der additiven Herstellung von Zahnersatz aus EMF-Legierungen. Sowohl die gefräste als auch die lasergesinterte Herstellung von Kronen- und Brückengerüsten ist fester Bestandteil des Leistungsportfolios. Nach Übermittlung des Designs und interner Dateneingangskontrolle kann das Labor in der Regel mit einer Bereitstellung zum Versand des fertigen, zur finalen Ausarbeitung aufbereiteten Werkstücks innerhalb von 24 Stunden rechnen. Die ästhetische und funktionelle Finalisierung der Restauration verbleibt im Labor.

WERDEGANG

Ludwig Schultheiss studierte an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München Betriebswirtschaftslehre. Nach seinem Abschluss übernahm der Diplom-Kaufmann im Jahr 2004 die Vertriebsleitung „Digitale Technologien“ bei der Bauer & Reif Dental GmbH in München. 2009 wurde Ludwig Schultheiss Sales Director CAD/CAM und Imaging International Markets bei der Sirona Dental GmbH in Salzburg, wo er bis 2013 arbeitete. Danach wechselte er zur EOS GmbH Electro Optical Systems nach Krailling bei München. Dort war er bis Juni 2018 für den Bereich Additive Manufacturing als Head of Dental tätig. Seit Juli 2018 ist Ludwig Schultheiss Gesellschafter bei der Infinident Solutions GmbH in Darmstadt.

