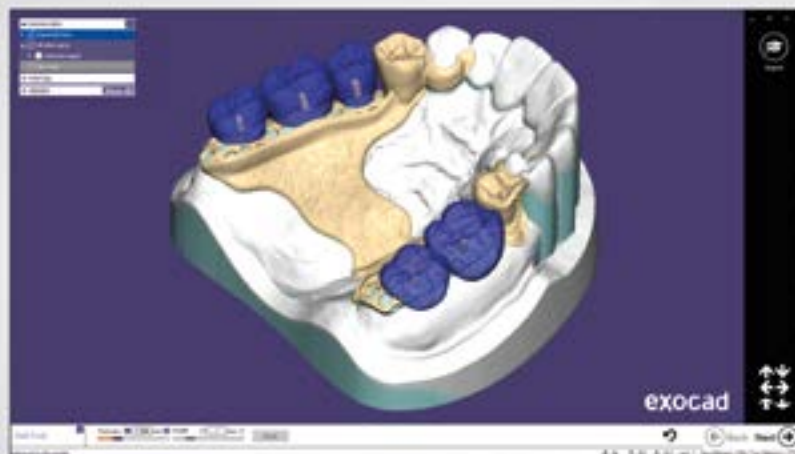


Quelle: exocad GmbH



**01** Digital mit exocad PartialCAD konstruierter Modellguss

Modellguss sinnvoll additiv CAD/CAM-gestützt fertigen (lassen)

# ALLES SELBST MACHEN LASSEN ...

Ein Beitrag von Ludwig Schultheiss, Darmstadt/Deutschland

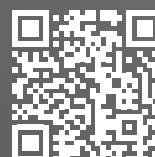
Zugegeben, man könnte den Eindruck gewinnen, wer noch nicht druckt, der verliert. Doch so einfach ist es dann doch nicht. Und auch wenn der 3-D-Druck, oder besser die additiven Fertigungstechnologien, auf dem Vormarsch ist, so gilt es zu differenzieren und vor allem die Sinnhaftigkeit des einen oder anderen Ansatzes zu hinterfragen. In erster Linie sind es Zahntechniker gewohnt, alles selbst zu machen. Und doch lohnt die Beantwortung der Frage „Mache ich es selbst oder kaufe ich zu?“. Ludwig Schultheiss, Mitgesellschafter der Infinident Solutions GmbH, beleuchtet in diesem Beitrag die additive Fertigung von Modellgussstrukturen und zeigt, dass alles selbst zu machen nicht immer der sinnvollste Weg ist.

**KONTAKT**

▪ Ludwig Schultheiss  
Infinident Solutions GmbH  
Röntgenstraße 88  
64291 Darmstadt

Fon +49 6151 3961818  
www.infinidentsolutions.com  
service@infinidentsolutions.com

**YOUTUBE**



3-D-Druck ist in aller Munde, und gerade für Dentalanwendungen werden der additiven Fertigung nahezu unbegrenzte Einsatzmöglichkeiten attestiert. Tatsächlich sprechen die täglichen Anforderungen der Dentaltechnik für den Einsatz der additiven Technologien. Denn sie bieten optimale Voraussetzungen für:

- Individualität,
- komplexe Geometrien,
- geringen Materialverlust und
- schnelle Produktionszeiten.

Insbesondere bei der Herstellung von prothetischen Versorgungsmitteln aus edelmetallfreien Legierungen (EMF) bieten generative Fertigungsverfahren, wie beispielsweise das Lasersintern, dem Dentallabor deutliche Vorteile gegenüber dem klassischen Guss oder abtragenden CAD/CAM-gestützten Herstellungsprozessen.

Bislang ist die additive Technologie, bei der feinkörnige Kobaltchrom-Pulverpartikel ( $> 36 \mu\text{m}$  Korngröße) mithilfe eines Laserstrahls schichtweise aufgeschmolzen werden, hauptsächlich bei der Herstellung von prothetischen Restaurationen wie Einzel- und Brückengerüsten mit großen Spannweiten im Einsatz. Der Vorteil liegt in der Möglichkeit, individuelle Restaurationen mit überzeugender Dichte und guter Passung weitgehend frei von großvolumigen Lunkern in hohen Stückzahlen zu fertigen. Dabei wird gleichzeitig der Materialeinsatz wirtschaftlich optimiert. Anders als bei abtragenden Verfahren, wie zum Beispiel der Frästechnologie, wird weitgehend nur exakt die Materialmenge verbraucht, die für die in der CAD-Software digital gestaltete Geometrie tatsächlich benötigt wird (vgl. dd 01/2019, Die Sinnhaftigkeit im Auge behalten, S. 84–89).

### **Modellguss digital gefertigt**

Eine weitere Indikation, für die sich optimal die Nutzung der additiven Fertigung eignet, ist die CAD/CAM-gestützte Herstellung der klassischen Modellgussprothese. Der Modellguss, der in Deutschland in die Kategorie „Kassenversorgung“ fällt und weltweit bei Teilbezahnung als Standardversorgung gilt, wird heute meist noch analog gefertigt. Um

Fuchstal • © Copyright 2019 Teamwork Media Fuchstal • © Copyright

auf diesem Weg einen weitgehend lunkerfreien Modellguss herstellen zu können, bedarf es allerdings großer Erfahrung und einer Vielzahl von aufwendigen manuellen Arbeitsschritten. Aus wirtschaftlicher Sicht ist diese Vorgehensweise in Anbetracht des hohen Zeitaufwands daher für das Dentallabor leider meist nicht zufriedenstellend. Die Digitalisierung ermöglicht es hingegen bereits heute, einen Modellguss, trotz der komplexen Geometrien, relativ einfach und Schritt für Schritt in den gängigen CAD-Softwareanwendungen (zum Beispiel exocad, 3Shape oder Dentsply Sirona) virtuell zu gestalten (**Abb. 1**).

Für die anschließende Herstellung ist der Einsatz des additiven Fertigungsverfahrens perfekt geeignet (**Abb. 2**). Neben der Individualität der Restauration und dem Erfordernis einer möglichst wirtschaftlichen Herstellung, stehen beim Modellguss insbesondere die Komplexität und die Vielfältigkeit der Geometrie im Fokus.

So verwundert es nicht, dass zum Beispiel laut einer Studie von SmartTech Publishing gerade für die additive Fertigung von Modellguss-Applikationen zukünftig ein hohes Wachstum prognostiziert wird (**Abb. 3**).

### Trend zum CAD/CAST-Verfahren – Mehrwert des 3-D-Druckers?

Trotz der genannten Vorteile des additiven Fertigungsverfahrens kann erstaunlicherweise seit Einzug der günstigen 3-D-Drucker im Dentallabor zunehmend eine hybride Herstellungsmethode beobachtet werden, das sogenannten CAD/CAST-Verfahren. Bei diesem Verfahren erfolgt das Design zwar digital am PC und die Struktur wird auch CAD/CAM-gestützt 3-D-gedruckt, allerdings zunächst aus Wachs oder einem ausbrennbaren Kunststoff. Diese Struktur wird daraufhin konventionell angestiftet, eingebettet, vorgeheizt und gegossen.

Dieser Mix aus digitalem und analogem Workflow wirft allerdings die Frage auf, inwieweit sich damit ein wirtschaftlicher Mehrwert erreichen lässt, da trotz des Einsatzes der CAD/CAM-Technologien alle aufwendigen analogen Arbeitsschritte des Gussverfahrens

(Muffelvorbereitung, Vorwärmprozedere, Legierungsaufschmelzung, Guss, Formfüllung) sowie die mechanischen Nachteile der Gusstechnik (Lunker-Gefahr) weiterhin bestehen bleiben.

### Warum Lasersintern?

Was bleibt, das ist die Beantwortung der Frage, ob das Lasersinterverfahren für die Herstellung des Modellgusses wirklich besser geeignet ist. Als Antwort gibt es ein klares Ja! (**Abb. 4**).

Dies unterstreicht eine 2018 von der EOS GmbH in Auftrag gegebene und von der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München durchgeführte Untersuchung zum Thema mechanische Eigenschaften der Klammern von lasergesinterten versus analog gefertigten Modellgussstrukturen. Für die Studie wurden die Klammerabzugskräfte, die Gefügequalitäten sowie die Überlebensraten von lasergesinterten Klammern im Vergleich zu konventionell gegossenen Modellgussklammern untersucht. Als Ergebnis konnten signifikante Vorteile zugunsten der additiven Herstellung hinsichtlich konstanter Klammerabzugskräfte (kein Verlust bezüglich der Retention der Klammern), der Überlebensrate (> 93 % Überlebensrate bei 60-Jahressimulation) sowie der Homogenität der Gefügequalität festgestellt werden (**Abb. 5 und 6**).

Insbesondere die Gefahr von großvolumigen Lunkern, die beim Guss leider konstant gegeben ist, kann beim Lasersinterverfahren aufgrund der homogenen Gefügeeigenschaften weitgehend vernachlässigt werden. Zwar ist die Zahl der nachgewiesenen Lunker im additiven Verfahren höher, es handelt sich allerdings um rein oberflächliche Mikroporen, die zu einer raueren Oberfläche führen.

### Wie funktioniert die lasergesinterte Herstellung von Modellguss?

Auf einem sogenannten „Mid Frame“-Lasersintersystem (EOS M270, Bauplattform 250 x 250 mm) können in einem durchschnittlichen 15-Stunden-Bauprozess bis zu 30 Modellgussrestorationen gefertigt

werden. Dabei ist für die finale Passung der Teile die virtuelle Positionierung der Bauteile bei der Datenaufbereitung von wesentlicher Bedeutung (**Abb. 7 und 8**). Um optimale Passungsergebnisse erzielen zu können, muss der Anwender der CAM-Software einen großen Erfahrungsschatz mitbringen. Insbesondere für das virtuelle Setzen von Supportstrukturen auf den Bauteilen, die zur Vermeidung von Verzug auf der basalen wie auch oralen Seite der Basis dienen, muss der Anwender genau wissen, was er tut. Denn nur so lässt sich letztlich eine optimale Passung der lasergesinterten Modellgüsse garantieren. Auch das anschließend notwendige Spannungsfreiglühen der Bauteile (**Abb. 9**) sowie die thermische Nachbehandlung zur Duktilitätsgewinnung (Federelastizität) der Klammern spielen eine entscheidende Rolle für die spätere Passung – alles Aspekte, die es beim „Selbermachen“ zu beachten gilt.

### Inhouse- vs. externe Fertigung?

Da der Modellguss meist nicht als beliebteste Indikation der Dentallabore gilt, ist die Auslagerung in Form von Zukauf naheliegend. Da jedoch jegliche Form von Nacharbeit möglichst vermieden werden soll und in der Vergangenheit oftmals die Passung nicht auf Anhieb überzeugte, stehen viele Zahntechniker dem Thema „Modellguss CAD/CAM-gestützt gefertigt“ leider noch völlig zu Unrecht kritisch gegenüber. Auch zeitliche Abhängigkeiten – bis zu drei Werktagen nach Datenversand benötigt ein externer Anbieter in der Regel für die digitale Modellgussherstellung – erfordern unter Umständen ein gewisses Maß an Planungs- und Abstimmungsaufwand. Zudem ist eine Neuordnung der bisherigen analogen Prozesse für das Dentallabor vonnöten.

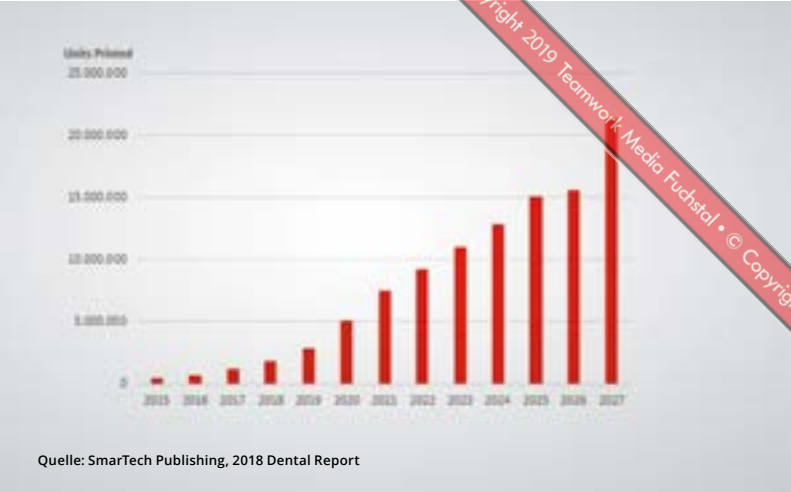
Bei einer Gegenüberstellung der Vorteile von rein digitaler versus konventioneller Fertigung von Modellguss kann der Mehrwert der rein digitalen Herstellung allerdings gut veranschaulicht werden (**Tab. 1**).

In der Erwartung, dass die CAD/CAM-gestützten Herstellungsmethoden mittelfristig den konventionellen Guss aus dem Dentallabor verdrängen werden, ist auch davon auszugehen, dass sich die Lasersintertechnologie



Quelle: Infinident Solutions

**02** Additive Fertigung mittels Lasersinterertechnologie



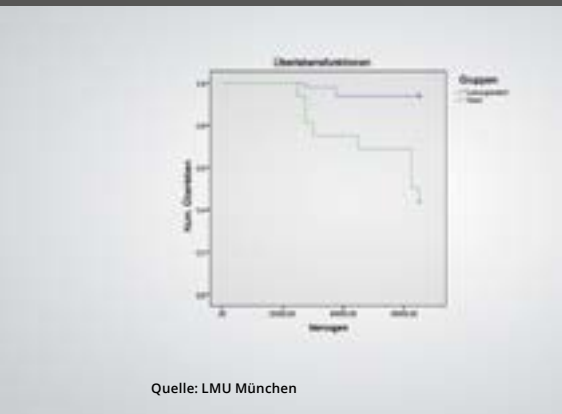
Quelle: SmarTech Publishing, 2018 Dental Report

**03** Prognose über die Menge des additiv gefertigten Modellgusses, 2015 bis 2027



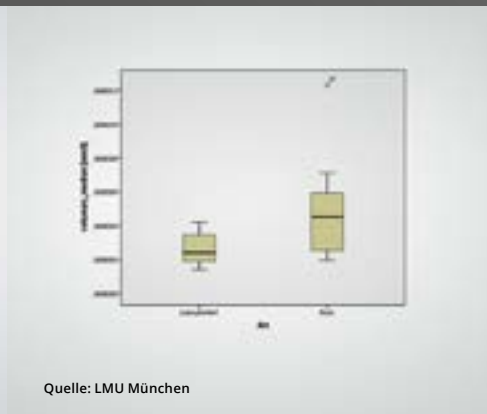
Quelle: Infinident Solutions

**04** Final ausgearbeitetes, additiv gefertigtes Modellgussgerüst, passgenau auf einem gedruckten Arbeitsmodell, das im Stereolithografieverfahren, also ebenfalls additiv, gefertigt wurde



Quelle: LMU München

**05** Studienergebnis: Überlebensrate lasergesintertter und gegossener Modellgussklammern im Vergleich



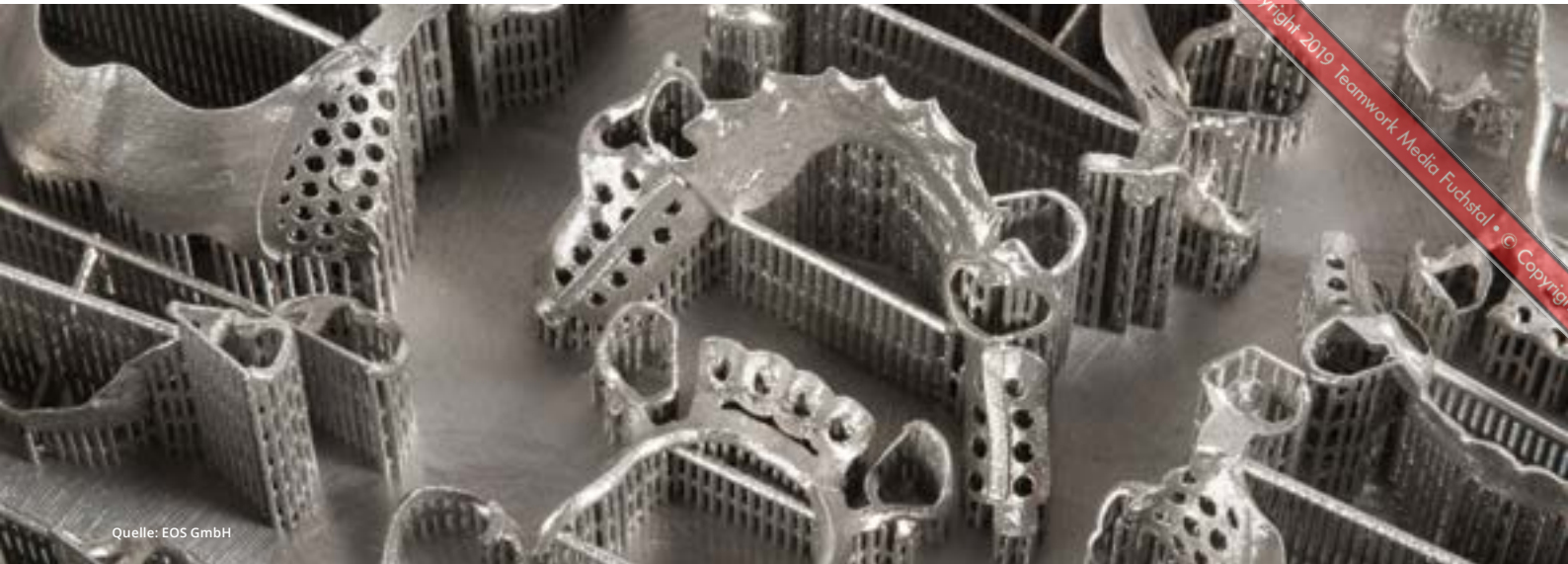
Quelle: LMU München

**06** Studienergebnis: Vergleich des durchschnittlichen Lunkervolumens/ Klammer von lasergesinterten und gegossenen Klammern im Box-Plot-Diagramm



Quelle: EOS GmbH

**07** Virtuelle Datenaufbereitung: Positionierung der Modellgussstrukturen in der CAM-Software.



Quelle: EOS GmbH

**08** Modelgussstrukturen mit Stützstrukturen auf der Bauplatte eines sogenannten „Mid Frame“-Lasersintersystems



Quelle: EOS GmbH

**09** Fertig lasergesinterter Modelguss mit Stützstrukturen nach dem Spannungsfreiglühen

insbesondere für den Modellguss in Zukunft als geeignetes Herstellungsverfahren durchsetzen wird.

Aufgrund der zum Teil noch hohen Investitionskosten für Anlagen der beschriebenen Technologieklasse erscheint es jedoch als nicht realistisch, dass sich diese für die Anwendung im mittelständischen „Generalisten“-Labor rechnen. Somit erscheint der Zukauf von spezialisierten Anbietern als ein Mittel der Wahl. Doch gerade da lassen sich deutliche Qualitätsunterschiede hinsichtlich der am Markt aktiven Fertigungsdienstleis-

ter erkennen, die bereits heute CAD/CAM-gestützt gefertigten Modellguss anbieten. Nur wer sich als Fertigungsdienstleister intensiv mit der indikationsspezifischen Produktion befasst hat und über entsprechende Technologie im High-End-Bereich verfügt, ist in der Lage, zufriedenstellende Ergebnisse zu liefern und passende Ausgangsprodukte für Modellgussprothesen bereitzustellen. Diese müssen hinsichtlich Passung, Oberflächenqualität und Klammerduktilität des lasergesinterterten Modellgusses überzeugen.

**Fazit**

Die Vorteile der rein digitalen Herstellung des Modellgusses auf der Basis des Lasersinterverfahrens scheinen zu überwiegen. Es ergibt also durchaus Sinn, spezialisierte Fertigungsdienstleister als verlängerte Werkbank mit einzubeziehen. So lässt sich zum einen die Wirtschaftlichkeit und Flexibilität des Dental-labors weiter optimieren und zum anderen hat man einen kompetenten Ansprechpartner im Designprozess. Somit ist auch für den Modellguss die Zukunft digital. ■

## TAB. 1 – CAD/CAM-GESTÜTZTE (SLM) VS. ANALOGE FERTIGUNG VON MODELLGUSSSTRUKTUREN

**Pro rein digitale Herstellung von Modellgussstrukturen (Lasersinterverfahren):**

- geringere Zahl an Arbeitsschritten und somit Steigerung der Produktivität
- Reduktion von Fehlerquellen sowie Gussrisiken (geringe Lunkergerfahr)
- weitgehend homogene Gefügeeigenschaften garantiert
- konstante Abzugskräfte (Retention) sowie Duktilitätssteigerung der Klammern
- Reproduzierbarkeit
- Designfreiheit und einfache Korrekturmöglichkeit

**Pro konventionelle Herstellung von Modellgussstrukturen (analoges Gussverfahren):**

- Zeitvorteil aufgrund von Inhouse-Fertigung
- gewohnter analoger Herstellungsprozess
- geringere Materialkosten pro Einheit

**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 Kraling 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.

