

Dentale Hybridfertigung

Workflow im Zusammenspiel der Software hyperDENT der Fa. Follow me! Technology und Fräsmaschinen der Fa. Datron

SIMON JAKUBKA, DIRK ILLER



Einleitung

Das Thema 3-D-Druck und additive Fertigung ist allgegenwärtig. Es werden immer die Vorteile des 3-D-Drucks aufgezeigt. Dabei gibt es einen gravierenden Nachteil: die zu hohe Toleranz beim Bauprozess. Die meisten Hersteller geben diese mit 0,05 Millimetern an.

Das ist zwar ausreichend für Kronen und Brücken. Wenn man jedoch Implantatsuprastrukturen herstellen will, wie Abutments, Stege, aber auch Teleskopsekundärkronen oder weitere hochpräzise Teile, benötigt man genauere Toleranzen. Und genau an diesem Punkt kommt das Fertigen im Hybridprozess zum Einsatz. Dabei werden die Bauteile zuerst im 3-D-Drucker hergestellt und danach die Bereiche gefräst, in denen höchste Genauigkeit im μm -Bereich gefordert wird.

Nichtsdestotrotz revolutioniert die Technologie der additiven Fertigung aktuell die Produktion von Gütern auf der ganzen Welt. Dank vieler Vorteile gegenüber der seit Jahren schon als Standard gesetzten subtraktiven Fertigung hält diese Art der Teileproduktion immer schneller Einzug in den Fertigungsalltag. Dabei sind es vor allem die folgenden Punkte, die herausstechen:

- weniger Materialverbrauch
- gleichbleibend hohe Materialdichte der Teile von mindestens 99,6 Prozent
- absolute Designfreiheit
- autonomes Fertigen
- keine Werkzeugkosten für Fräser
- umweltfreundlicher durch das erneute Verwenden von überschüssigem Pulver
- reduzierte Fertigungszeit und dadurch Erhöhung der Stückzahlen
- um bis zu 40 Prozent geringere Fertigungskosten

Wie lassen sich also am besten die Vorteile der additiven Fertigung mit de-

nen des Fräsens verbinden? Genau für diese Aufgabenstellung haben sich die Fa. Follow me! Technology (München), Hersteller der Software hyperDENT, und die Fa. Datron (Mühlthal), Hersteller von den genauesten Dentalfräsmaschinen im Markt, zusammengetan, um eine Lösung zu finden. Dabei sollte eine Out-of-the-box-Lösung für den gesamten Workflow entwickelt werden. Folgende Aufgabenstellung war hierbei zu bewältigen:

- einfache Handhabung im gesamten Prozess gewährleisten
- Möglichkeit zum Einbinden der unterschiedlichen 3-D-Druck-Anlagen
- Frässtrategien für den Prozess entwickeln
- T-Nutenfräser zum Fräsen der Schraubensitze von der Kavitätenseite bereitstellen
- Aufmaß für das Nachfräsen in der CAD- und CAM-Software generieren

Nach mehrjähriger Forschungs- und Entwicklungsarbeit konnte schließlich ein valider Prozess auf den Markt gebracht werden. Nach anfänglicher Skepsis der Dentallabore und Produktionszentren gegenüber der neuen Fertigungsmethode und den auf den ersten Blick recht hohen Anschaffungskosten werden nun die vielen Vorteile dieses Fertigungsverfahrens erkannt. Das Interesse wächst mittlerweile spürbar (Abb. 1a und b).

Aktuelles Fazit: Wer die die notwendigen Stückzahlen zum rentablen Verwenden des Hybridprozesses hat und diese weiterhin nur durch das Fräsen abarbeitet, verliert täglich viel Geld und vergibt sich Wettbewerbsvorteile.

Allgemeiner Workflow

Aber wie genau funktioniert der Prozess in seinen einzelnen Abschnitten und wie fügt sich alles zusammen? Im Hybridverfahren geht es, wie schon angespro-

Zusammenfassung

Auch wenn die additive Fertigung immer mehr Einzug in die zahntechnischen Labore hält, ist sie doch immer noch mit Nachteilen verbunden, wie eine zu hohe Toleranz im Bauprozess. Der Beitrag stellt eine sogenannte Hybridfertigung der Fa. Follow me! Technology (München) und der Fa. Datron (Mühlthal) vor, die trotz hoher Anschaffungskosten hilft, bei der Herstellung von Implantatsuprastrukturen und Teleskopsekundärkronen bis zu 40 Prozent Herstellungskosten einzusparen.

Indizes

additive Fertigung, subtraktive Fertigung, Hybridfertigung, 3-D-Druck, Supportstrukturen

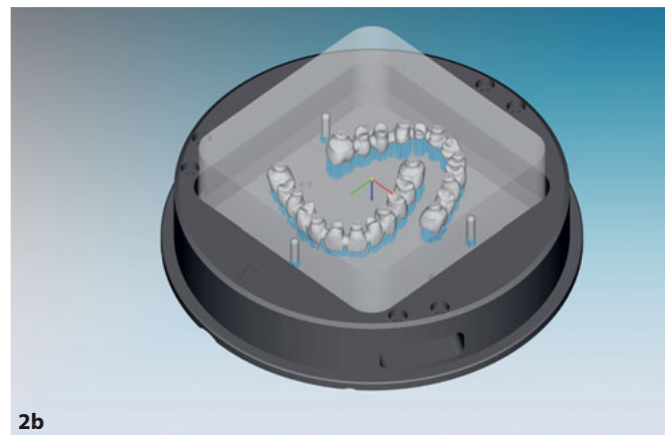
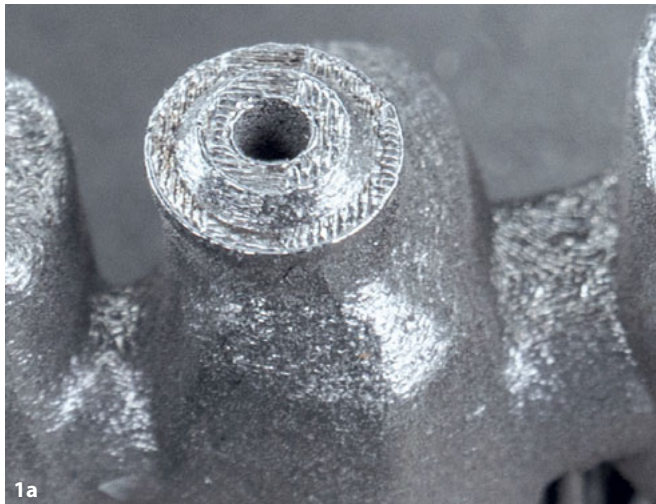


Abb. 1 Hybrid-Musterteil: Implantatgeometrie **a** unbearbeitet und **b** bearbeitet. **Abb. 2a und b** Hybrid-Musterteil im Datron-Halter: fertige Bauplattform und Ansicht in der CAM Software hyperDENT.

chen, darum, die Vorteile von additiver und subtraktiver Fertigung zu verbinden. Hierbei werden das Nesting und das Ergänzen der Teile mit Supports sowie das Slicen und Erzeugen des NC-Programmes innerhalb einer Software ausgeführt. So erübrigt es sich, Daten von verschiedenen Softwares zu kopieren, wodurch unnötige Fehlerquellen entfallen. Im CAM werden hierbei auch vordefinierte Messpins dargestellt, die später mitgedruckt werden. Diese werden dann auf der Fräsmaschine automatisch vermessen, um den korrekten Nullpunkt der Platte zu bestimmen. Anschließend werden nur die Ele-

mente nachgefräst, für die eine hohe Genauigkeit benötigt wird. Dadurch sinken die Bearbeitungszeit und der Werkzeugverschleiß auf der Fräsmaschine drastisch und es kann ein höherer Teiledurchsatz in kürzerer Zeit garantiert werden.

hyperDENT

Am Anfang steht die CAM-Software hyperDENT. Es wird zunächst definiert, welche Maschinenkombination zum Einsatz kommt. Das heißt, neben der Datron D5 oder C5 wird noch ein 3-D-Drucker ausgewählt.

Danach wird die Indikation importiert. Während des Imports der CAD-Datei werden das Nesting und das Anlegen von Supportstrukturen automatisch übernommen. Beim Nesting bleibt etwas mehr Abstand als beim rein additiven Fertigen, damit keine Kollision mit den Fräs Werkzeugen stattfindet (Abb. 2a und b).

Parameter für die Supports können individuell definiert und in einer Datenbank abgespeichert werden. Es ist nicht nur möglich, die Supports materialbasierend zu definieren, sondern auch optional jedem einzelnen Teiletyp einen eigenen Parametersatz zuzuweisen.

So ist es zum Beispiel möglich, parallel zu Teilen, die hybridgefertigt werden, Kronen oder Brücken auf die Plattform zu setzen, um diese in einem Prozess zu fertigen. Für Kronen und Brücken, die nicht nachgefräst werden, können nun deutlich weniger Supports generiert werden, da kein Fräser auf diese Teile Kraft ausüben wird. Wohingegen zum Beispiel für Stege, bei denen eine größere Anzahl Supports in massiverer Form erzeugt werden, die notwendige Stabilität beim Nachfräsen gegeben ist. Auch dies trägt dazu bei, den hohen Grad der Automation im gesamten Prozess zu bewahren (Abb. 3a bis c).

Nachdem alle Bauteile auf der Plattform positioniert wurden, kann nun der Sliceprozess angestoßen werden. Hierbei können verschiedene Ausgabeformate für die verschiedenen Hersteller von Lasermeltinganlagen generiert werden. Dabei kann von einem Electro-Optical System (Fa. EOS, Krailling), über eine Maschine der Fa. Concept Laser (Lichtenfels) bis hin zu Maschinen der Fa. Trumpf (Ditzingen) oder der Fa. Sisma (Piovene Rocchette, Italien) das passende Format gewählt werden. Wenn der Slicingprozess abgeschlossen ist, kann durch das Klicken auf „NC Code berechnen“ noch das Programm für die

Datron D5 oder C5 generiert werden. Die Arbeit mit der CAM-Software ist damit beendet.

Aufmaß für das Nachfräsen erzeugen

Das Aufmaß für das Nachfräsen wird abhängig vom Aufmaßbereich entweder in CAD oder in CAM generiert. Kavitäten und das Emergenzprofil können innerhalb von hyperDENT um einen selbstbestimmten Wert mit Aufmaß versehen werden (Abb. 4a und b, Abb. 5a und b). Bei implantatgetragenen Arbeiten wird das Aufmaß für die Implantatgeometrie

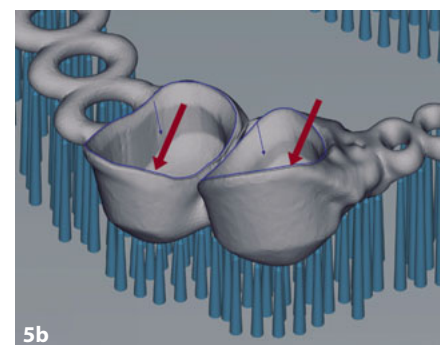
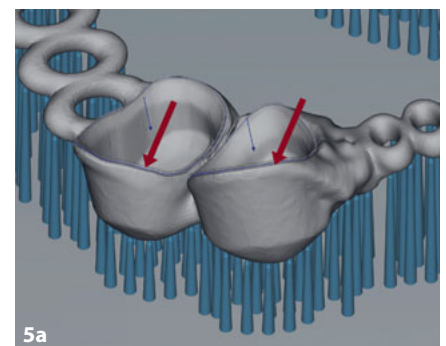
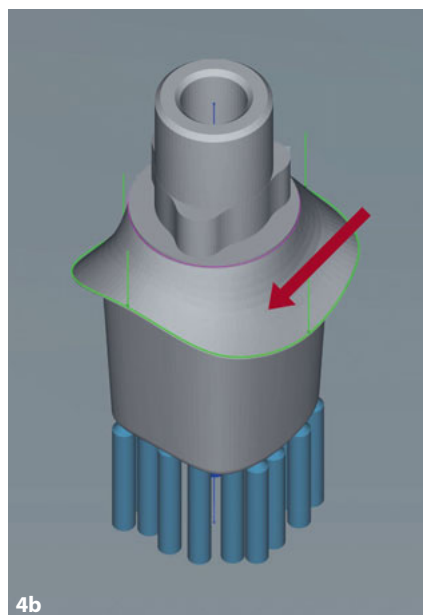
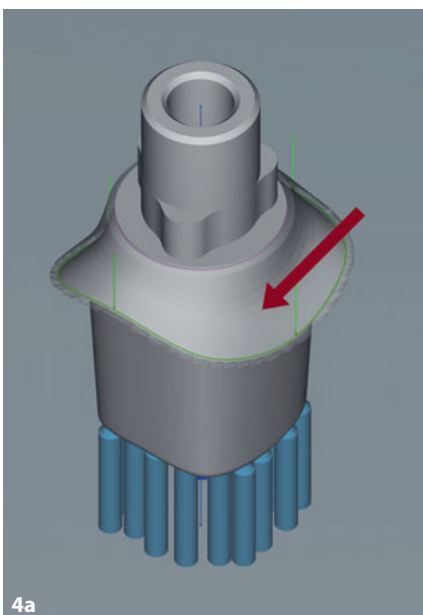
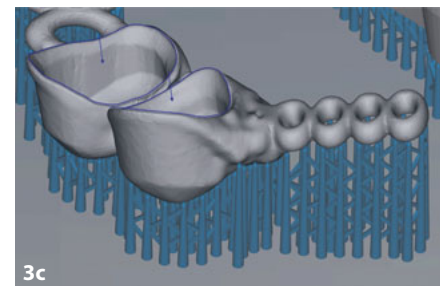
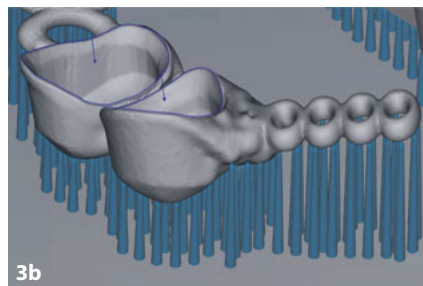
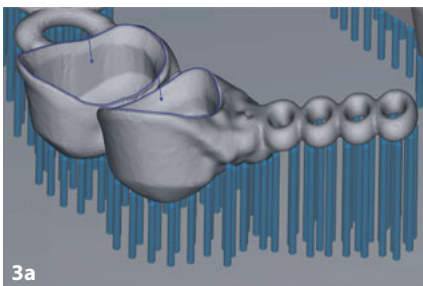


Abb. 3 Supportstrukturen **a** zylindrisch, **b** konisch, **c** mit Querstreben. **Abb. 4a** Abutment mit und **b** ohne Aufmaß. **Abb. 5a** Kappe mit und **b** ohne Aufmaß.



mithilfe spezieller CAD-Bibliotheken direkt im STL hinterlegt (Abb. 6).

3-D-Druck

Mit dem gerade generierten Datensatz geht es nun zum passenden 3-D-Drucker. Als Material wird für den Druckprozess entweder Kobalt-Chrom oder Titan verwendet. Das Einrichten der Maschine dauert in der Regel nur wenige Minuten: Pulverkammer mit ausreichend Pulver befüllen, den Beschichter überprüfen und bei Bedarf austauschen und dann noch die Bauplattform einlegen, fertig. Die Druckdauer, in Abhängigkeit von der Maschinenkonfiguration, der Anzahl der Bauteile sowie der Anzahl der Laser beträgt zwischen dreieinhalb bis sechs Stunden. Der Trend geht hierbei immer öfter zum Dual-Laser-System, mit dem die Bauzeit deutlich reduziert werden kann. Das Auspacken der Plattform funktioniert fast ebenso schnell wie der Einrichtprozess. Nach einer kleinen Qualitätsprüfung geht es schon weiter zum nächsten Schritt (Abb. 7).

Wärmebehandlung

Die Wärmebehandlung ist ein elementarer Bestandteil des Fertigungsprozesses, um eine hohe Fertigungsgenauigkeit zu erhalten. Was bei Einzelelementen, wie Kappchen, Kronen oder Abutments, nicht unbedingt notwendig ist, wird bei Brücken oder Stegen zum absoluten Muss! Durch den Prozess des 3-D-Drucks bauen sich im Bauprozess Spannungen auf. Diese müssen durch eine nachgelagerte Wärmebehandlung aus den Teilen entfernt werden, um einen Verzug der Teile beim Abnehmen von der Bauplattform zu vermeiden. Hierbei ist es zwingend notwendig, den Herstellerangaben zu den verwendeten Materialien für den Glühprozess genauestens zu folgen, um ein optimales Ergebnis zu gewährleisten.

Nachfräsen

Nachdem die Platte wieder abgekühlt ist, geht es nun an den letzten Prozessschritt und die Bauplatte wird an die Fräsmaschine Datron D5 oder C5 übergeben. Sie

wird hierbei als Erstes in speziell angefertigte Halter passend zur 3-D-Druckplattform eingespannt. Die Plattformgeometrie und -größe ist für jeden Hersteller von 3-D-Druckern unterschiedlich.

Sobald der Halter in der Datron Maschine eingespannt wurde, kann das zuvor in hyperDENT erzeugte NC-Programm gestartet werden. Nun kommen auch die drei Pins, die schon in der CAM-Software vordefiniert sind, zum Einsatz. Mithilfe eines Messtasters wird jeder einzelne Pin auf Höhe und Durchmesser vermessen. Durch die gesammelten Daten wird der reale Nullpunkt in der Mitte der Platte vollautomatisch mithilfe der Rotary Tool Center Point (RTCP)-Funktion (stammt aus dem Maschinenbau) von der Steuerung berechnet, wodurch im Anschluss sofort mit dem Fräsprozess begonnen werden kann. Dieser Prozess ist einmalig und zeigt die hohe Leistungsfähigkeit der Datron-Maschine.

Extra für den Hybridprozess wurden hierfür von Datron vier unterschiedliche T-Nutenfräser entwickelt. Diese sind für das Nachfräsen der Schraubensitze wichtig, die nicht von der Okklu-

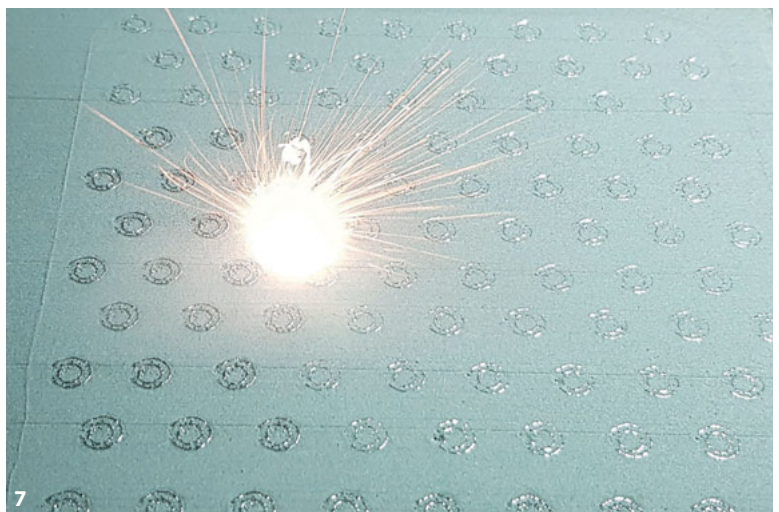
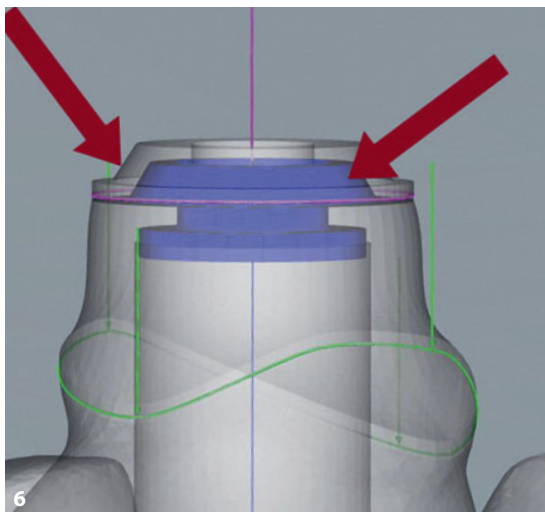


Abb. 6 Transparenter Implantatbereich mit Aufmaß; blauer Implantatbereich ohne Aufmaß. **Abb. 7** Belichtung der Bauplattform.

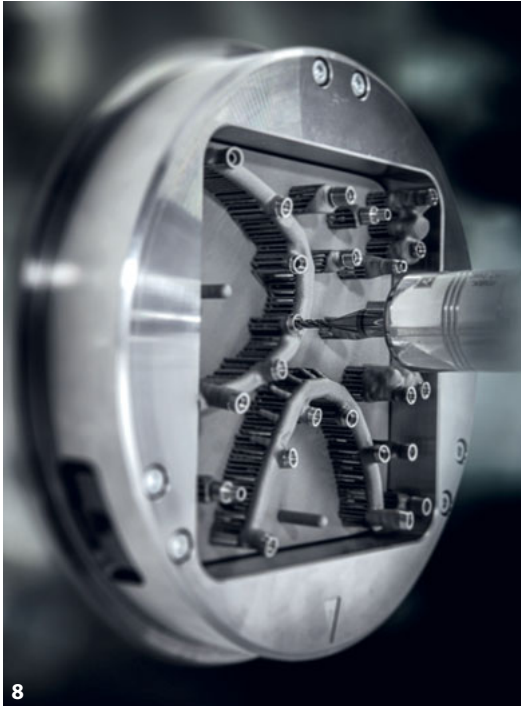


Abb. 8 Hybridbearbeitung auf dem Datron D5. **Abb. 9** Hybrid-Musterteil auf dem Modell.

salseite bearbeitet werden können. Mit den vier unterschiedlichen Größen können nahezu alle gängigen Implantatsysteme nachgefräst werden. Mitbewerber müssen unzählige T-Nutenfräser für die unterschiedlichsten Implantatsysteme verwenden. Dies treibt die Lager- und Teilekosten enorm in die Höhe (Abb. 8 und 9).

Fazit

Nach dem Motto „Das einzig Konstante ist der Fortschritt“ nimmt die Hybridfertigung langsam, aber sicher einen festen Platz in der Produktion vieler Labore und Produktionszentren ein. Um hier auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben, werden sich dieser Entwicklung Stück für Stück weitere Produktionsbetriebe anschließen. Immerhin lassen sich bei der Herstellung von Implantatsuprastrukturen und Teleskopsekundärkro-

nen bis zu 40 Prozent Herstellungskosten einsparen. Die Investitionssumme in die Maschinen ist hierbei sicherlich noch das größte Hindernis, gerade für kleinere Betriebe. Da sich jedoch die Kosten innerhalb kürzester Zeit amortisieren und auch die Maschinenkosten durch mehr Wettbewerb sinken werden, wird hier die Hürde zum Einstieg kleiner werden.

Hinweis

Ein englischsprachiges Video zur Hybridfertigung von der Fa. Follow me! Technology findet sich unter diesem QR-Code.



Simon Jakubka
 Follow me! Technology
 Regerstraße 27
 81541 München
 E-Mail: info@fm-dental.com



Dirk Iller
 Datron
 In den Gänsäckern 5
 64367 Mühlthal