

Der inhouse 3D-Druck als neuer Baustein in der digitalen Fertigungskette

DO IT YOURSELF

Ein Beitrag von Carsten Fischer, Frankfurt am Main/Deutschland

KONTAKT

- Carsten Fischer
- sirius ceramics
- Lyoner Straße 44-48
- 60528 Frankfurt
- ConnectDental@sirius-ceramics.com
- www.sirius-ceramics.com

INDIZES

- 3D-Druck
- Additives Verfahren
- Aufbiss-Schiene
- Bohrschablone
- CAD/CAM
- CAD/Cast-Gerüste
- Individuelle Abformlöffel
- Modelle

HOMEPAGE





Manchmal fängt die Zukunft da an, wo man sie nicht vermutet, zum Beispiel beim Altbekannten „Do it yourself“. Mit CAD/CAM und innovativen Materialien wie Zirkonoxid hat der allgemeine Strukturwandel der Veränderungsprozess des Berufes „Zahntechnik“ bereits vor vielen Jahren begonnen. Nun steht mit dem 3D-Druck eine neue Fertigungstechnologie zur Verfügung. Der Autor des Artikels beschreibt aus der Warte des Laborinhabers, wie der 3D-Druck sinnvoll in den Arbeits- und Behandlungsablauf integriert werden kann. Zudem werden die Fragen beantwortet, wie der 3D-Druck den Fertigungsprozess im Labor verändert und welche Vorteile diese Technologie dem Zahntechniker bietet.

DD-CODE**67d7u**

Einfach diesen dd-Code in das Suchfeld auf www.dentaldialogue.de eintragen und zusätzliche Inhalte abrufen



01 & 02 Beispiele für den 3D-Druck mit dem Varseo von Bego: Ungesägtes Kontrollmodell und individueller Abformlöffel. Solche Indikationen können sehr präzise und in sehr guter Qualität hergestellt werden. Die veränderte Fertigungstechnologie hat hier Vorteile gegenüber den subtraktiven Fertigungsverfahren

Seit einiger Zeit gesellt sich zu den Herstellungstechnologien im Dentallabor ein additives Fertigungsverfahren: der 3D-Druck. Mit modernen Druckverfahren ergeben sich neue Denkansätze für den zahntechnischen Workflow. Innovativen Geräten mit einem überzeugenden (da vernünftigen) Preis-Leistungsverhältnis ist es zu verdanken, dass der Trend beim 3D-Druck zurück zur eigenständigen Fertigung im Labor geht. So gewährt zum Beispiel das 3D-Drucksystem Varseo von Bego bei überschaubaren Anschaffungskosten eine hohe Materialvielfalt und ein einfaches Handling (Halbautomat). Für Dentallabore eröffnet sich so der Zugang zu einer zukunftsorientierten Technologie und es ergeben sich vorhersagbare Ergebnisqualitäten von bekannten und neuen prothetischen Indikationen. Damit ist auch der Weg für Geschäftsfelder geebnet, die wir bislang externen Anbietern überlassen mussten. So zum Beispiel die Herstellung von Bohrschablonen für die navigierte Implantologie (Guided Surgery). Grundsätzlich ist der 3D-Druck nicht mit der CAD/CAM-Frästechnologie zu vergleichen, sondern als eine zusätzliche Technologie zu betrachten.

Auftragen statt abtragen

Der 3D-Druck gilt als ein wirtschaftliches Fertigungsverfahren, denn die Herstellung

des Bauteils erfolgt additiv. Verbraucht wird daher – bis auf die Supportstrukturen – nur die Materialmenge, die für das Bauteil notwendig ist. Wir als Labor erhalten somit zusätzlich zur subtraktiven Fertigung eine Technologie, mit der wir jedwede Geometrie mit hoher Genauigkeit und aus einer breiten Materialvielfalt fertigen können. Das ist eine perfekte Ergänzung zum CAM-Fräsgesetz. Viele Indikationen können mittels 3D-Druck in einer höheren Präzision bei geringeren Kosten umgesetzt werden, als auf manuellem Weg (Abb. 1 und 2). Dazu gehören beispielsweise Schienen oder Bohrschablonen, also weitspannige Konstruktionen, bei denen durch das Fräsen Verzüge und somit Spannungen auftreten können. Hier ist der 3D-Druck klar überlegen.

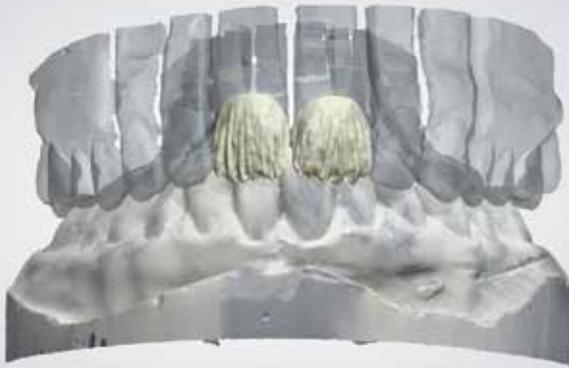
Grundlagen zur 3D-Technologie

Ein 3D-Drucker benötigt – wie eine Fräs- oder Schleifeinheit auch – eine digitale Datei, die die Informationen für das zu druckende Bauteil beinhaltet. Dabei handelt es sich um eine dreidimensionale Konstruktion (zum Beispiel ein STL-Datensatz einer Aufbiss-Schiene), die von der Software des Druckers in zweidimensionale, horizontale Scheiben (Layer) zerlegt wird und mit dem daraus entstehenden Datenformat den 3D-Drucker speist. Während des Druckens werden die 2D-Schichten so

aufeinander aufgebaut, dass ein dreidimensionales Objekt entsteht. Gut vorstellbar ist das Prinzip, wenn man sich die 3D-Puzzels mit Motiven vom Eiffelturm oder den Pyramiden von Gizeh ins Gedächtnis ruft. Grundsätzlich umschreibt der Oberbegriff 3D-Druck eine Vielzahl von Fertigungsverfahren und ist ein Sammelbegriff für diverse Technologien. Allen gemein ist, dass es sich um Prinzipien des Rapid Prototyping (oder Rapid Manufacturing) handelt. Nachfolgend sind die geläufigsten aufgeführt.

Poly-Jet-Technologie

Die Technologie kommt dem Verfahren eines Tintenstrahldruckers am nächsten. Denn Poly-Jet-Drucker verfügen ähnlich wie Tintenstrahldrucker über Druckköpfe; allerdings fließt anstatt von Tinte ein Bindemittel oder ein Photopolymer. Bei der ersten Variante wird das Bindemittel (Kleber) auf 2D-Pulverschichten aufgetragen, die von einer Walze Schritt für Schritt auf eine Druckplatte aufgebracht werden. In einer anderen Variante wird ein flüssiges Photopolymer auf eine 2D-Bauplattform aufgetragen (X- und Y-Koordinaten) und anschließend mittels Lichtquelle ausgehärtet. Mit jeder ausgehärteten Schicht senkt sich die Bauplattform (Z-Koordinate), so dass nach und nach das 3D-Objekt entsteht. Dadurch wächst das 3D-Objekt langsam nach oben.



03 & 04 Ein Beispiel für CAD/Cast-Gerüste. Zwei Veneers werden in der 3Shape-Software 2015 virtuell konstruiert und mittels 3D-Druck aus einem ausbrennfähigen Spezialharz gefertigt. Das rechte Bild zeigt die Entnahme der gedruckten Objekte aus der Kartusche

3D-Druck mit Pulver

Beim 3D-Pulverdruck spricht man auch vom Selektivem Laser-Sintern (SLS) oder Selective Laser-Melting (SLM). Hier werden die pulverförmigen Ausgangsmaterialien schichtweise aufgetragen und mittels Laser zu einem 3D-Objekt „verdichtet“. Die Herstellung erfolgt in der Regel unter erhöhtem Druck und unter Zuführung von Hitze. Ähnlich funktioniert das SLM (Selektives Laserschmelzen), nur dass bei diesem Verfahren Metallpulver verwendet wird. Beim SLM werden die Metalle mit einem Hochleistungslaser im Schichtbauverfahren lokal verschmolzen (Metall 3D-Druck).

3D-Druck mit geschmolzenen Materialien

Sobald bereits geschmolzenes Material dreidimensional aufgebaut wird, spricht man vom Fused Deposition Modeling (FDM). Das Prinzip ähnelt dem Einsatz einer Heißklebepistole aus dem Baumarkt. Verarbeiten lassen sich nur Materialien, die bei Hitze weich werden (Wachse oder thermoplastische Kunststoffe). Der Druckkopf hat im Inneren eine heiße Düse, in die das Rohmaterial geführt wird. Durch die Erwärmung schmilzt das Material auf und tritt auf der anderen Seite der Düse in flüssiger Form aus. Eine Kühlvorrichtung stabilisiert das ebenfalls in horizontalen Schichten applizierte Material, so dass kontinuierlich die Folgeschichten aufgetragen werden können.

3D-Druck mit flüssigen Materialien

Ein Beispiel für den Druck mit flüssigen Materialien ist die Stereolithografie (SLA). Das SLA-Verfahren ist der Ursprung des 3D-Drucks. Hier gelangt das Objekt in einem Bad aus flüssigem Kunstharz (Photopolymer) zur gewünschten Form. Dieses Kunstharz härtet unter UV-Licht oder Laser punktuell aus. Die einzelnen Schichten des 3D-Modells werden mithilfe von LED-Licht auf die Oberfläche des flüssigen Materials projiziert oder mit einem Laser selektiv belichtet. Die Schicht erstarrt und fixiert das Objekt an das darunterliegende bewegliche Druckbett. Jetzt zieht ein mechanischer Arm das Modell um die entsprechende Schichthöhe nach oben und es sammelt sich wieder flüssiges Material darunter, sodass die nächste Schicht projiziert werden kann.

Für die Dentalindustrie haben sich zwei Technologien als besonders geeignet erwiesen: Das Selektive Laserschmelzen (SLM, Selective Laser Melting) und die Stereolithographie (SLA). Die SLA-Technologie bildet hierbei den Grundstein der additiven Fertigung. Der Varseo 3D-Drucker von Bego arbeitet mit der DLP-Technologie, einem modernen Belichtungsverfahren.

Die Vielfalt der 3D-Technologie lässt die Umsetzung von Materialien zu, an die wir heute vielleicht nicht denken, die uns aber in naher Zukunft und mit rasanter Geschwindigkeit er-

schlossen werden. Daher sollten sich Labore möglichst frühzeitig mit der additiven Fertigung auseinandersetzen. Die Technologie ist ausgreift. Die Wünsche von Zahnärzten und deren Patienten an uns als Labor werden korrespondierend zum größer werdenden Materialportfolio steigen (Abb. 3 bis 8).

Der Einsatz des 3D-Druckers Varseo im Laboralltag

Gesamtwirtschaftlich betrachtet wird der 3D-Druck die industrielle Wertschöpfungskette verändern. Auch wir als Zahntechniker können mit dem 3D-Druck nur gewinnen. In unserem Labor arbeiten wir seit einiger Zeit mit dem Varseo-Drucksystem. Der 3D-Drucker ist unserer Ansicht nach mit seinem Kosten-Nutzen-Verhältnis das erste sinnvolle 3D-Druck-Gerät für den zahntechnischen Alltag. Grundsätzlich bedeutet die Etablierung der 3D-Drucktechnologie aber nicht, dass bewährte CNC-Fertigungsmaschinen aus der Zahntechnik verschwinden werden. Vielmehr wird die Zahntechnik immer mehr computergestützte Fertigungsverfahren anbieten können und sollen. Wir Zahntechniker werden lernen müssen, „hybrid“ zu denken: Fräsen/Schleifen oder Drucken – es wird je nach Indikation entschieden. Mit Zirkonoxid hat sich zum Beispiel ein sehr wirtschaftlich fräsbares Material etabliert, das wir nicht



05 - 08 Nach der Reinigung im Ethanolbad (96 %) werden die gedruckten Objekte auf das Modell gesetzt. Ab jetzt wird dem normalen Verfahrensprotokoll gefolgt, in diesem Fall wurden die Veneers presstechnisch in Keramik umgesetzt

müssen möchten. Mit dem Drucker hingegen realisieren wir Objekte, die nicht oder nur mit hohem Aufwand zu fräsen sind, zum Beispiel Schienen, Bohrschablonen oder Modellguss-Strukturen.

Überzeugend am Varseo ist das Materialspektrum. Momentan kann der Anwender zwischen fünf Spezialharzen entscheiden und somit unterschiedliche Indikationen abdecken. Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft weitere Harze und somit Anwendungsbereiche folgen werden. Der Charme des Varseo-Druckers besteht in seiner einfachen Handhabung. Denn mit dem Varseo 3D-Drucker wurde ein 1-Knopf-System entwickelt, das mit drei Handgriffen intuitiv zu bedienen ist. Ein klug ausgeführtes Kartuschensystem lässt den unkomplizierten Materialwechsel zu. Für jedes Material sollte

eine separate Kartusche verwendet werden. Daher ist zu empfehlen, mehrere Kartuschen zu kaufen. Dank der geschlossenen Kartuschen wird das Risiko einer Verunreinigung sowie eine unnötige Belichtung des Harzes auf ein Minimum reduziert.

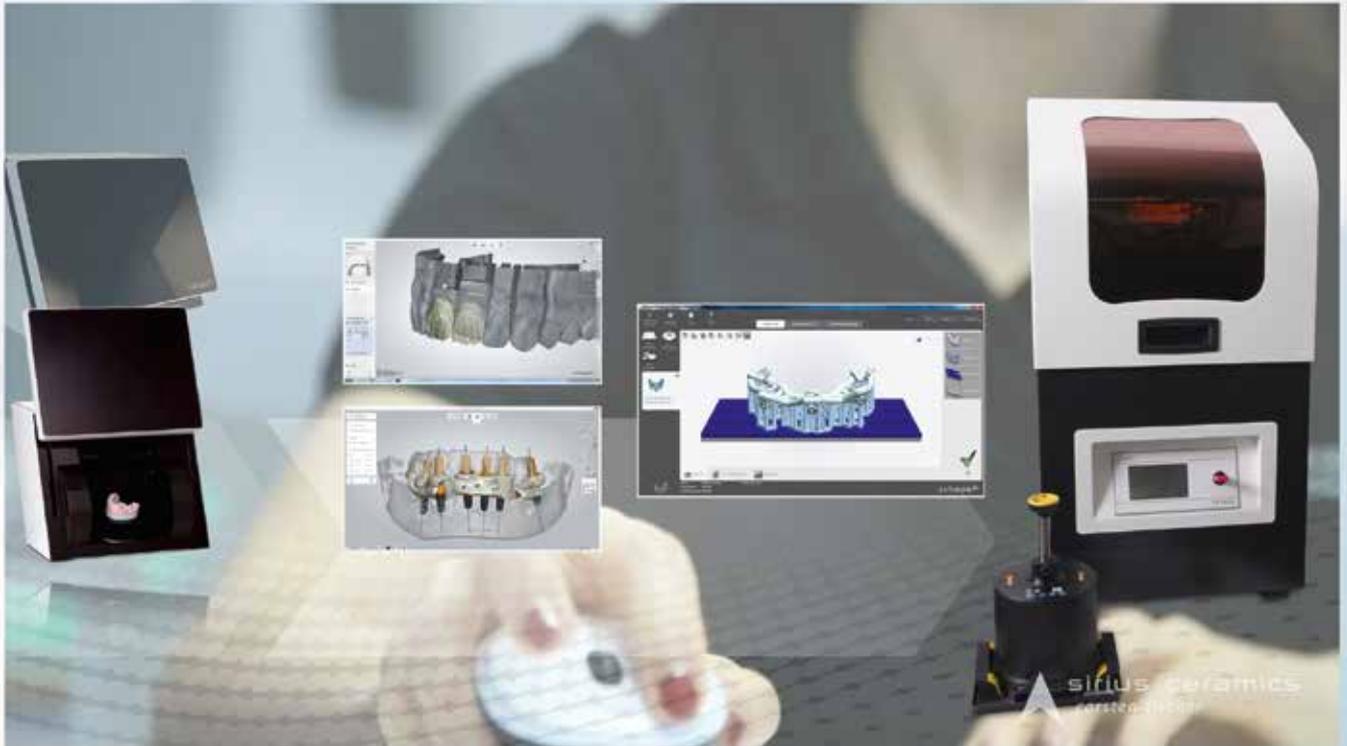
Der Drucker ist als „open-STL-file“-Gerät für alle dentalen Softwarelösungen konzipiert. Die Datenübertragung kann problemlos via USB-Stick erfolgen. Alternativ kann das System allerdings auch komfortabel in das Labornetzwerk eingebunden werden.

Der Varseo ist ein klassischer Halbautomat, weshalb uns dieses Gerät besonders sympathisch ist. Das bedeutet, dass der Zahntechniker voll in die Prozesskette eingebunden ist und ein wichtiger Teil der Produktion bleibt. An dieser Stelle wird deutlich, dass der moderne Zahntechniker auch bei der 3D-Technologie absolut unersetzlich ist.

Derzeitige Einsatzbereiche des Varseo im Überblick

- Aufbiss-Schienen
- Bohrschablonen
- CAD/Cast-Gerüste (Kronen, Brücken, Modellguss)
- Individuelle Abformlöffel
- Modelle

In unserem Labor kommt die Technologie für die Anfertigung von Bohrschablonen, Schienen und CAD/Cast-Gerüsten zum Einsatz. Zunehmend fertigen wir aber auch Abformlöffel mit dem Varseo Drucker. An dieser Stelle mag manch ein Leser die CAD/CAM-gestützte Anfertigung eines Löffels dem Aufwand einer CAD-Konstruktion gegenüberstellen. Hierzu ist zu sagen, dass der Beruf des Zahntechnikers nicht an Attraktivität gewinnt, wenn



09 Laborseitiger Workflow bei der Anwendung und Integration des 3D-Drucks mit dem Varseo: Scannen, CAD, CAM und Fertigung (3D-Druck)

der Azubi „Löffel“ schleifen muss. Für alle Beteiligten ist es doch viel komfortabler, am Abend den Drucker einzustellen und diesem am nächsten Morgen den fertigen Löffel entnehmen zu können. Mit solchen modernen Technologien können wir unseren Berufszweig wieder interessanter gestalten und den Azubis von heute neue Technologien bieten.

Workflow bei der Anwendung des 3D-Druckers

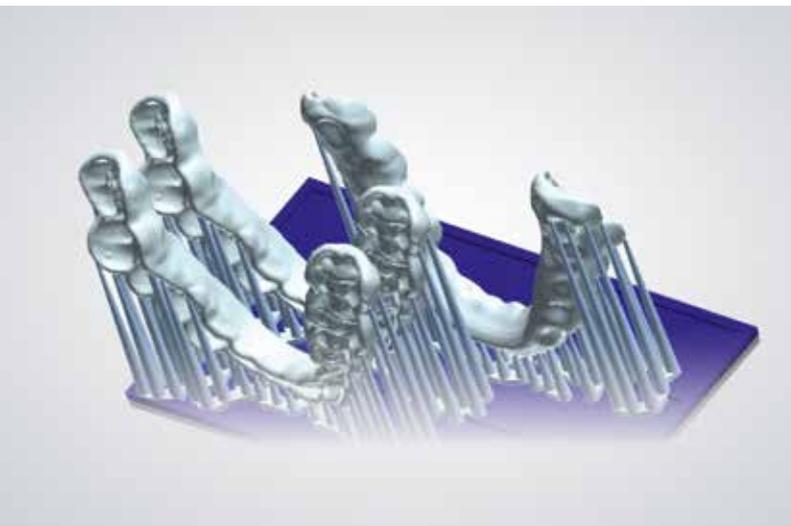
Für die Integration des 3D-Druckers haben wir an der Konstruktionstechnologie der vorhandenen CAD/CAM-Technik nichts ändern müssen. Die CAD-Umsetzung erfolgt bei uns mit dem 3Shape-System. Dem Digitalisieren der Situation (3Shape-Scanner) folgt die Konstruktion des Druckobjektes in

der Software DentalDesigner. Danach muss für das CAM ein sogenannter Bau-Job erstellt werden. Hierfür steht das Software-Modul CAMbridge zur Verfügung. Damit wird die Konstruktion entsprechend der Ausgabe-datei für den 3D-Druck konfiguriert und an den Drucker übergeben (Abb. 9). Da die Konstruktionsdaten gespeichert werden, kann das Objekt jederzeit erneut gedruckt werden, was beispielsweise bei Provisorien oder Schienen sinnvoll ist.

Vorbereiten einer Schiene für den 3D-Druck

Immer häufiger werden Schienen in den prothetischen Therapieablauf integriert. Neben der Behandlung von Funktionsstörungen werden mit Schienen zum Beispiel allfällige vertikale Bisshebungen validiert.

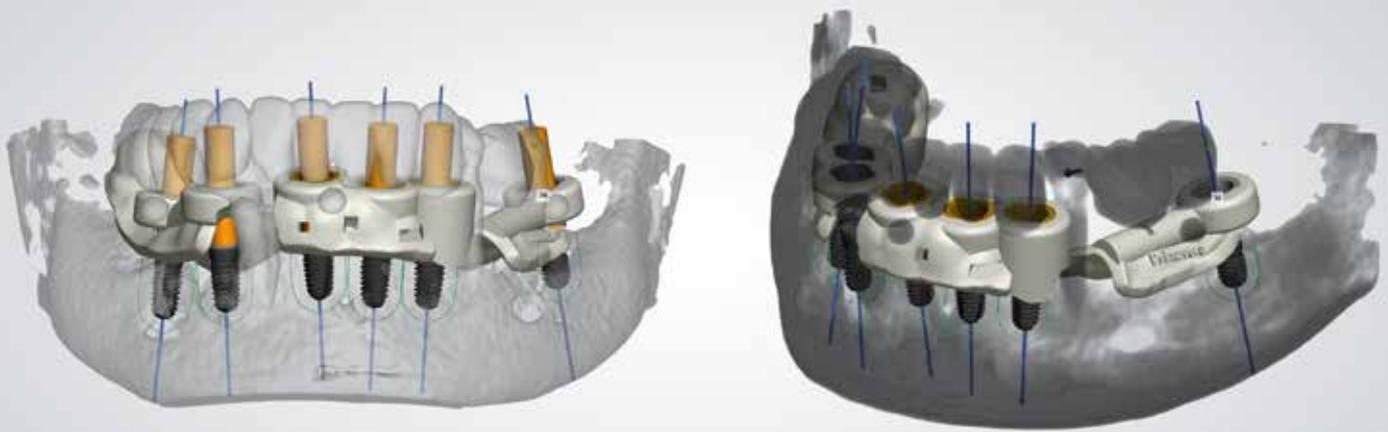
Viele unserer Kunden gehen dazu über, Patienten bei größeren Restaurationen zunächst mit einer Schiene zu versorgen; die Schiene gleicht quasi einem „Probetragen“ der späteren Versorgung. Auch bei kieferorthopädischen Regulierungen sind Schienen ein sinnvoller Begleiter. Zu nennen ist hier die Zahnkorrekturschiene (Aligner). Nach dem Scannen des Gipsmodells oder dem Laden der intraoralen Abformdaten steht uns ein virtuelles Diagnostik-Modell zur Verfügung. Dieses kann vom Zahnarzt oder dem Zahntechniker in allen Ebenen ausgewertet werden. Entsprechend der Modellationsanleitung der Software erfolgt daraufhin die Schienenkonstruktion. Zu beachten ist die Mindestwandstärke von 1,0 bis 1,5 mm. Nach der Freigabe der konstruierten Schiene wird die Option „Send design to manufacturing“ ausgewählt, da wir



10 - 13 Die gedruckte Schiene wird samt Stempel entnommen und vorsichtig abgelöst. Die Passung auf dem Modell ist beispiellos. Nach einer abschließenden Polymerisation im Lichthärtegerät (auf dem Modell) ist die Schiene nach wenigen Schritten zum Einsetzen in den Mund bereit



14 & 15 Die mittels 3D-Druck realisierte Schiene im Mund. Die Daten werden so präzise umgesetzt, dass erfahrungsgemäß sehr wenig Nacharbeit und/oder Adjustierungen notwendig sind



16 & 17 Beispiel einer Implantatplanung in der 3Shape Software ImplantStudio. Die Anwendung ist recht intuitiv, allerdings gilt es die weitere Entwicklung abzuwarten

die Schiene laborintern drucken möchten. Mit Hilfe der Software-Applikation „3Shape CAMbridge“ wird die Konstruktion als Baujob (Druckobjekt) vorbereitet. Hierfür wird eine Job-Datei erstellt und unter dem Punkt „Maschine“ der Varseo-Drucker angeklickt. Als Material steht mit „VarseoWax Splint“ ein spezielles Harz für Schienen zur Verfügung. Nun werden die STL-Daten in den Job-Auftrag geladen. Um den Maschinen-Stundensatz zu reduzieren und die Maschine effizient auszulasten, ist es sinnvoll den Drucker so zu bestücken, dass mehrere Objekte in einem Auftrag gedruckt werden.

Nun muss die Schienenkonstruktion mit der CAMbridge-Software im Drucker positioniert werden. Veränderungen können auf den X- und Y-Achsen vorgenommen werden. Die Supports (Stützen für die Bauplatzform, die vielen kleinen Gusskanälen ähneln) werden von der Software automatisch generiert und deren Verteilung in der 3D-Ansicht kontrolliert. Überlappende oder falsch positionierte Supports können verschoben oder entfernt werden. „Produzieren“ ist der Button, mit dem der Baujob automatisch aufbereitet und gespeichert wird. Die Datei wird daraufhin direkt an den Drucker übergeben oder auf einem USB-Stick gespeichert (weiterer Ablauf siehe Seite 71). Der 3D-Drucker verarbeitet nun die Datei und heraus kommt dabei eine gedruckte Schiene (Abb. 10 bis 15).

Sie sind und bleiben unentbehrlich

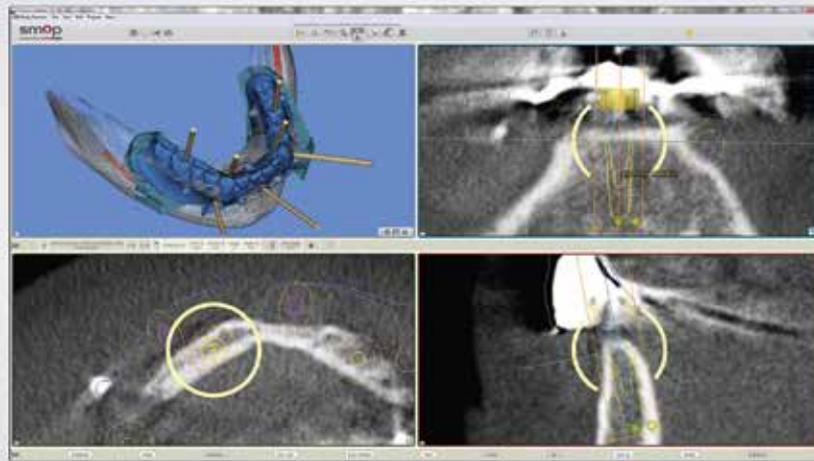
Ein Bereich, den wir uns als Labor mit dem 3D-Druck neu erschließen beziehungsweise ausbauen können, ist die präimplantologische Planungsdienstleistung. Auch das kleine und mittelständige Labor sollte versuchen, in die „Fertigungskette“ der Implantologie von Beginn an als beratender Partner integriert und respektiert zu werden. Große Achtung verdient auch der Zahnarzt/Oralchirurg. Das heißt jede Planung muss vom Zahnarzt/Oralchirurg genehmigt und idealerweise schriftlich bestätigt werden.

Wir Zahntechniker können durch neue Technologien die Arbeitsprozesse nicht nur kostengünstiger und effizienter gestalten, sondern uns vom Image des „Erfüllungsgehilfen“ lösen. Verfügen wir über die entsprechende Kompetenz, werden wir beispielsweise bei einer implantatprothetischen Behandlungsplanung frühzeitig als Partner einbezogen. Die dreidimensionale Planung (klassisches Backward Planning) setzt die Kommunikation im Team zwingend voraus. Sie als Zahntechniker werden somit unentbehrlich. Selbstverständlich bleibt die Planung in der Hoheit des Zahnarztes/Oralchirurgen, allerdings kann der Zahntechniker wertvolle Vorarbeit leisten und dem Behandler somit einen echten Mehrwert generieren.

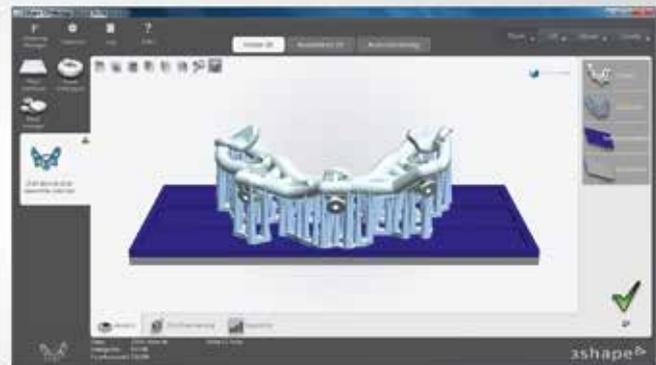
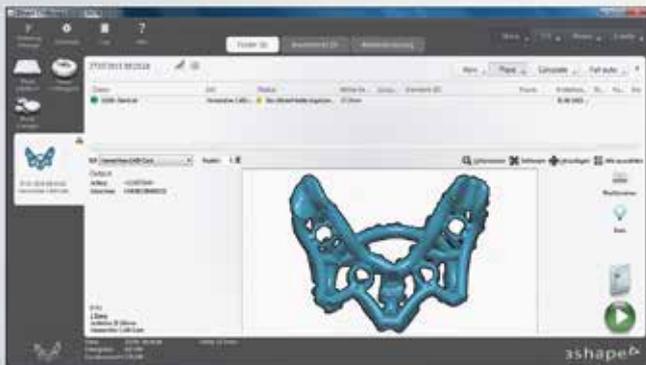
Vorbereiten einer Bohrschablone für den 3D-Druck

Mit dem 3D-Druck ist es nach der virtuellen Planung ein Einfaches, die Bohrschablone herzustellen. Bislang wurden die Schablonen aufwendig händisch gefertigt (zum Beispiel mit dem Hexapod und eingebrachtem Le-gostein) oder bei einem externen Dienstleister gedruckt. Betrachten wir die reinen Fertigungs- beziehungsweise Materialkosten beim 3D-Druck, wird schnell klar, warum dies zur wirtschaftlichsten Fertigungsart gehört. Das Vorgehen ist verblüffend schnell, exakt und günstig.

Als Implantat-Planungsprogramme kommen bei uns ImplantStudio (3Shape) und smop (Swissmeda) zur Anwendung. Beide Programme liefern uns offene STL-Datensätze, mit denen der Drucker gespeist werden kann. Die noch relativ junge Software ImplantStudio zeigt sehr gute Ansätze; hier gilt es allerdings die weitere Entwicklung abzuwarten (Abb. 16 und 17). Die Software smop ist ausgereift und praxisnah. Vorteil dieser intuitiv zu bedienenden Software ist der optimierte Gesamtprozess – von der Fallplanung bis zur Herstellung der Bohrschablone. Hierbei ist es nicht notwendig, vor der CT- beziehungsweise DVT-Aufnahme eine Scanschablone zu fertigen. Die interdisziplinäre Kommunikation im Behandlungsteam erfolgt über ein



18 Implantatplanung in der Software smop der Schweizer Firma Swissmeda. Geplant werden hier vier Implantate im zahnlosen Unterkiefer



19 & 20 Nach der Freigabe der virtuellen Planung durch den Chirurgen wird eine schleimhautgetragene Bohrschablone konstruiert und in der CAMbridge-Software von Bego der Baujob für den 3D-Druck erstellt

serverbasiertes System. Ein umständliches Versenden von Datenträgern ist somit nicht mehr notwendig. Die DICOM-Daten des DVT- oder CT-Bildes werden ebenso importiert wie der STL-Datensatz der Mundsituation und des Set-ups. Nach der Überlagerung der Datensätze sind alle relevanten Informationen auf einer Darstellung ersichtlich (Abb. 18). Die dreidimensionale Darstellung des Kieferknochens zeigt die anatomischen Strukturen. Das Set-up liefert die Vorgabe

für die prothetische Ausrichtung. In der Software sind alle gängigen Implantatsysteme integriert, sodass das gewünschte System ausgewählt und virtuell im ortsständigen Knochen positioniert werden kann. Das Implantat wird mit der Maus gefasst und an die korrekte Position geschoben. Nach der virtuellen Insertion der Implantate wird die geplante Situation auf einem Übersichtsbild wiedergegeben und zur Kontrolle an den Implantologen gesandt. Dieser prüft die Im-

plantatachsen und passt sie gegebenenfalls an. Nach der abschließenden Kontrolle wird die Planung vom Zahnarzt verriegelt und an das Labor zurück geschickt. Basierend auf dieser Implantatplanung konstruieren wir in der Planungssoftware die Bohrschablone, wobei lediglich die äußere Begrenzung der Schablone festgelegt werden muss. Die Software kombiniert die Information mit den geplanten Implantatpositionen und erstellt automatisch einen Designentwurf. Das De-



21 & 22 Die Bohrschablone wird unmittelbar nach dem 3D-Druck dem Varseo entnommen und danach vom Stempel gelöst



23 Die Implantathülsen werden händisch in die Bohrschablone eingebracht. Danach werden die Hülsen mit dem Original-Bohrschablonenmaterial fixiert

sign kann nun individuell an die spezifischen Wünsche des Behandlers angepasst werden. Adäquat zur Schienenherstellung wird die Bohrschablone (Abb. 19) für den Druckvorgang in der CAMbridge-Software „genestet“. Die Bohrschablone wird hierbei auf dem Kopf liegend (horizontal) angeordnet. Bei der Kontrolle der Supports ist zu beachten, dass die Kanten der Bohrhülsen freigehalten werden (Abb. 20). Gegebenenfalls müssen die Supports in diesem Bereich gelöscht

oder verschoben werden. Nach der exakten Positionierung der Schablone wird der Baujob erstellt und die Datei an den Drucker übermittelt.

Der 3D-Druck mit dem Varseo

Nachdem die Datei an den Drucker übermittelt wurde, gibt das Gerät die gefundene Datei in der Spalte „Begojob1“ wieder. Daneben werden die Anzahl der Schichtbilder

und die für den Druckvorgang benötigte Zeit aufgeführt. Bevor nun der Druckjob gestartet werden kann, sollte man die Kartusche (Harzbehälter) von Kunststoffrückständen befreien. Mögliche Verunreinigungen auf der Glasscheibe der Kartusche können mit etwas Ethanol entfernt werden. Mit dem Button „Start Print Job“ startet der Druckprozess. Die einzelnen Schichten des Objektes werden im sogenannten Maskenprojektionsverfahren mit Hilfe von UV-Licht auf die Oberfläche des



24a & b Die mit dem Varseo 3D-Drucker hergestellte Bohrschablone im Mund des Patienten. Warum sollten wir Zahntechniker Bohrschablonen outhouse fertigen lassen, wenn uns der laborseitige 3D-Druck diese Indikation erschließt

flüssigen Materials projiziert. Die belichtete Schicht erhärtet und fixiert das Objekt an dem oberliegenden beweglichen Stempel (das zu druckende Objekt wächst quasi nach unten). Ein mechanischer Arm zieht das am Stempel befindliche Modell um die entsprechende Schichthöhe nach oben, sodass sich wieder flüssiges Material unter dem Objekt ansammelt und die nächste Schicht projiziert werden kann. Schritt für Schritt entsteht so die Schiene oder Bohrschablone. Die Aufbaurrate bei 50 µm beträgt 20 mm/Stunde und bei 100 µm 40 mm/Stunde. Die Druckzeit hängt somit von der Bauhöhe ab und ist

grundsätzlich unabhängig von der Anzahl der Bauteile pro Druckprozess. Nach dem Druck wird das Objekt dem Gerät entnommen (Abb. 21) und vom Stempel gelöst. Zunächst erfolgt im Ultraschallbad eine Reinigung mit Ethanol. Um letzte Harzreste zu entfernen, kann das Objekt danach mit einem in Ethanol getränkten Pinsel gesäubert werden. Der Reinigungsprozess dauert im frischen Ethanolbad maximal 5 min. Jetzt können die Supports mit einer Trennscheibe oder einer Zange abgetrennt werden. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass man das gedruckte Objekt nicht beschädigt oder

deformiert. Bei Bohrschablonen ist insbesondere im Bereich der Hülsen Sorgfalt geboten. Abschließend erfolgt im Polymerisationsgerät die vollständige Durchhärtung des gedruckten Objektes und erst jetzt werden die finalen Materialeigenschaften erreicht, sodass die Hülsen in die Bohrschablone eingesetzt werden können (Abb. 22 und 23). Die Fixierung erfolgt mit einem Tropfen des Harzes „VarseoWax Surgical Guide“ und einer erneuten Lichthärtung. Ohne weitere Nacharbeit ist die Schiene oder Schablone somit zum Einbringen in den Mund bereit (Abb. 24a und b).

TAB. 1 – REINE MATERIALKOSTEN DES 3D-DRUCKS (LABOREIGENE BERECHNUNGEN)

Indikation	Durchschnittsgewicht mit Platte (mehr Objekte = weniger Gewicht)	Material-Netto-Preis
Modellguss-Basis (CAD/Cast-Verfahren)	zirka 8 Gramm	3,03 Euro
Bohrschablone	zirka 15 Gramm	7,15 Euro
Schienen	zirka 12 Gramm	5,64 Euro
Abformlöffel	zirka 20 Gramm	7,58 Euro

PRODUKTLISTE

Produkt	Name	Firma
3D-Drucker	Varseo	Bego/Henry Schein
CAD/CAM-System	ConnectDental	Henry Schein
CAD-Software	DentalDesigner/	3Shape
CAM-Software	3Shape CAMbridge	3Shape
Implantatplanungssoftware	ImplantStudio	3Shape
	smop	Swissmeda
Laborscanner	GC Aadva Lab Scanner	GC Germany
Lichtpolymerisationsgerät	HiLite power	Heraeus Kulzer
Material		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbissschiene ▪ Bohrschablone 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VarseoWax Splint ▪ VarseoWax Surgical Guide 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bego/Henry Schein ▪ Bego/Henry Schein

Ausblick

Mit dem Varseo-Drucker können derzeit Modelle, Abformlöffel, CAD/Cast-Gerüste (also Gerüste für Kronen, Tertiärstrukturen, Überwurfstrukturen, Modellguss) Schienen, Bohrschablonen und Modelle gefertigt werden. In naher Zukunft wird sich das Materialangebot sicherlich um zahnfarbene Materialien erweitern und der Drucker somit für das Herstellen von Table Tops oder Provisorien interessant werden. Blickt man in die ferne Zukunft ist zu erwarten, dass Keramik in den dentalen 3D-Druckprozess eingebunden

werden kann. Im „nicht-dentalen“ Alltag ist dies keine visionäre Vorstellung mehr. Im April 2015 wurden auf der Hannover Messe 3D-Drucker vorgestellt, die Hochleistungskeramiken drucken können. Hier sind in dem photosensitiven Harz keramische Partikel homogen verteilt.

Fazit

Nachdem sich im vergangenen Jahrzehnt die CAD/CAM-Frästechnik in der Zahntechnik etabliert hat, gesellt sich nun der 3D-Druck hinzu. Die Vorteile für das Labor sind neben

der Wirtschaftlichkeit die Präzision, die hohe Baugeschwindigkeit, die Umsetzung jedweder Geometrien, die Materialvielfalt und das damit verbundene breite Indikationsspektrum. „Do-It-Yourself“ – mit dem 3D-Druck können wir als Labor unser Leistungsspektrum erweitern und Produktionsprozesse optimieren. Somit kann die Wertschöpfung im Labor bleiben, ohne dass wir auf die hohe Fertigungspräzision verzichten müssen (Tab. 1).

WERDEGANG

Carsten Fischer ist seit 1996 selbstständiger Zahntechniker mit seinem Fachbetrieb in Frankfurt am Main. Seit 1994 referiert er international und unterstreicht diese Tätigkeit durch Publikationen in diversen Ländern (Brasilien, Argentinien, Japan, Australien, Europa). Carsten Fischer ist Mitglied in verschiedenen Fachbeiräten und langjähriger Berater für namhafte Firmen der Dentalindustrie. Zu seinen Schwerpunkten gehören die CAD/CAM-Technologien, die keramische Doppelkrone, individuelle Abutments und vollkeramische Werkstoffe. Carsten Fischer war während der Jahre 2012 bis 2014 nebenberuflich Mitarbeiter der Goethe-Universität Frankfurt und pflegt seither eine enge Zusammenarbeit. Im Jahr 2013 wurde sein Beitrag zum besten Vortrag der Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologien ADT gekürt. Besonders die prämierten Publikationen mit Dr. Peter Gehrke finden aktuell in der Fachpresse eine hohe Beachtung und gelten als Gradmesser zur zeitgemäßen Bewertung individueller Abutments.

