

# Schnittstelle Zahnmedizin – Zahntechnik

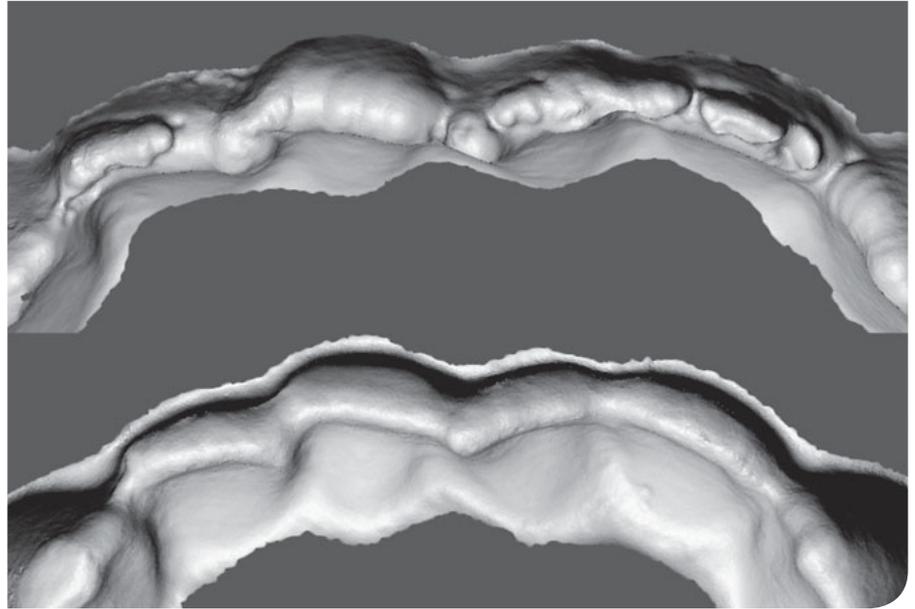
## Dentaler 3-D-Druck im Jahr 2019

Kurz vor der IDS 2019 beleuchten wir eines der Hauptthemen der Messe: die dentale 3-D-Drucktechnologie. Es wird dargestellt, warum es wichtig ist, Unterschiede in den Verfahrenstechniken zu kennen und sich mit den Materialien auseinanderzusetzen. Des Weiteren wird beschrieben, welche Indikationen aktuell umsetzbar und welche Neuheiten zur IDS 2019 zu erwarten sind.

Es war einmal ... An kaum einem Thema schieden sich die dentalen Geister einst so sehr, wie an der CAD/CAM-Technologie. Und heute? CAD/CAM-Fräsen ist gängiger Alltag und hat einen hohen Anteil am Gesamtmarkt „Zahnersatz“ übernommen. Eine ähnliche Entwicklung wird dem 3-D-Druck prognostiziert. Noch wird viel geredet, diskutiert, entwickelt, gerechnet. Bereits die IDS 2015 und 2017 brachten einen Boom an 3-D-Druckern für Dentalabore und Zahnarztpraxen. Seither ist viel passiert. Nicht nur aufseiten der Hersteller ist eine rasante Entwicklung zu beobachten. Auch Anwender setzen sich zunehmend mit der Technologie auseinander. Zur IDS 2019 lohnt sich ein Blick auf die Technologie und die Neuheiten.

### Überblick

Grundsätzlich wird jede Art der digital gestützten Fertigung als CAD/CAM-Technologie bezeichnet. Die digitale Konstruktion (CAD) wird mittels Maschine (CAM) in ein Objekt umgesetzt. Der Fertigungsweg erfolgt subtraktiv (Fräsen, Schleifen) oder additiv (3-D-Druck). Vorteil der additiven Fertigung ist, dass jede erdenkliche Geometrie umgesetzt werden kann (Abb. 1). Zudem ist der 3-D-Druck ein sparsames



**Abb. 1** Gefräst vs. gedruckt: Insbesondere bei kleineren Radien kann die CAD/CAM-Frästechnologie an Grenzen stoßen (obere Schiene). Hier bietet der 3-D-Druck Vorteile (untere Schiene).

Fertigungsverfahren, denn es wird nur das Material verbraucht, welches wirklich benötigt wird. Ein Grund für die Investition in einen eigenen 3-D-Drucker ist u. a. die Notwendigkeit, digitale Datensätze aus Intraoralscannern zu verarbeiten. Die Nachfrage wird zukünftig steigen, da immer mehr Zahnärzte und Zahntechniker die Vorteile der intraoralen 3-D-Datenerfassung für sich erkennen. Gegenüber dem Fräsen von Modellen ist der 3-D-Druck deutlich attraktiver. Zudem können Hilfsstrukturen und temporäre Therapiemittel im Druck umgesetzt werden, z. B. Abformlöffel, Schienen, Implantat-Bohrschablonen, Provisorien, Positionierungsschienen, Implantatmodelle, Gingivamasken etc. Interessante Aspekte bietet auch der Multi-Material-3-D-Druck (3-D-MMP). Bereits heute können einige Systeme in einem Druckvorgang mehrere Materialien zu einem Objekt zusammenführen.

### Beispiele 3-D-MMP

#### Herausnehmbare Valplast-Prothese

Der Dentalhersteller Valplast (Fa. Valplast International Corp., deutscher Vertrieb Johannes Weithas GmbH & Co. KG) hat zusammen mit dem Start-up Arfona (New York, USA) einen Drucker auf den Markt gebracht, mit dem partielle Prothesen aus thermoplastischem Nylon im 3-D-MMP-Verfahren gefertigt werden. Teilprothesen mit Klammern können volldigital hergestellt werden. Denkbar wäre ein gleichzeitiger Druck der Prothesenbasis mit Zähnen aus PMMA. Erste Patientearbeiten mit dem Valplast 3-D-Druck wurden im Jahr 2016 an der Universität Köln gefertigt. An der Universität Dresden läuft eine materialkundliche Untersuchung des gedruckten Valplast-Materials.



**Abb. 2** Beispielhafte Darstellung zweier DLP-/SLA-Drucker (links: Form 2, Formlabs; rechts: D20 II, Rapidshape).

### Histoanatomischer 3-D-Druck von Zähnen

Einen interessanten Ansatz zeigt die Firma Stratasys (Eden Prairie, USA) mit der PolyJet-Technologie. In einem Druckvorgang können verschiedene Materialien – von steif bis flexibel, von transparent bis undurchsichtig – mit einem Farbspektrum aus 360.000 Tönen vereint werden. So könnte z. B. der 3-D-Druck von mehrschichtigem Zahnersatz aus verschiedenen Materialien möglich werden (Multimaterial-Druck). Die identische Reproduktion natürlicher Zähne befindet sich in der Prototypen-Phase. Basis bildet die Zahnstrukturdatenbank nach Schweiger. Mit dieser wird der Aufbau natürlicher Zähne kopiert und die generierten Daten werden dann für den 3-D-Druck genutzt. Für die Umsetzung des Konzeptes wird das Polyjet-Verfahren (Stratasys) genutzt. Der derzeitige Entwicklungsstand ermöglicht die Anfertigung von „Ästhetik-Try-in“-Kronen/Brücken aus lichthärtenden Kunststoffmaterialien.

### Status quo Januar 2019

Im Dentalbereich hielt vor zirka 20 Jahren das Drucken von Metall (Lasersinterverfahren, SLM) Einzug. Heute wird dieses Verfahren von Fertigungsdienstleistern angeboten und von vielen Dental-laboren genutzt. Anbieter sind z. B. BEGO

Medical (Bremen), MACK Dentaltechnik (Dornstadt) und EOS (Krailling). Eine weitere, schon längere Zeit im Dentalbereich angewandte Drucktechnik ist die Stereolithografie (SLA). Mit dieser Technologie produzieren Fertigungszentren seit Jahren z. B. Bohrschablonen (u. a. Fa. Materialise, Leuven, Belgien; Fa. Swissmeda, Zürich, Schweiz) oder Modelle (u. a. Fa: 3M, Seefeld; Fa. Dreve, Unna). Seit einigen Jahren sind dentale 3-D-Drucker zu einem vergleichsweise günstigen Preis-Leistungs-Verhältnis erhältlich. Wer sich mit den Systemen beschäftigen, sie vergleichen und ggf. auch kaufen möchte, benötigt ein Grundverständnis für die Verfahrenstechnologien.

### Grundsätzliches

Dentale 3-D-Drucksysteme gibt es unzählige (Abb. 2). Fast monatlich kommen Anbieter dazu. Nicht nur die Dentalindustrie drängt mit Druckern auf den Markt, auch branchenfremde Technologie-Unternehmen entdecken die „dentale“ Zielgruppe. Wer kaufen will, steht vor einer großen Auswahl – vom günstigen Einstiegsmodell für zirka 1.500 EUR bis zum Hochpräzisionsgerät für 100.000 EUR ist alles möglich. Differenziert werden 3-D-Druck-Verfahren z. B. über den Vorgang des Objektaufbaus:

- Aufbau mittels Polymerisation  
Materialien: u. a. Polymere
- Aufbau mittels Verkleben  
Materialien: u. a. Metalle, Keramik, Gips
- Aufbau mittels Verschmelzen  
Materialien: u. a. Polymere

### Drucktechniken

Die Verfahrensweisen unterscheiden sich in Binder- und Abscheidungsprozess. Beim Abscheidungsprozess gibt eine Düse oder ein Druckkopf kontinuierlich Material ab – ähnlich wie bei einer Heißklebepistole. Schicht für Schicht

entsteht ein Objekt (z. B. Extrusionsverfahren, direkter 3-D-Druck/3-D-P).

Hingegen wird beim Binderverfahren eine komplette Schicht eines Materials ausgelegt und entsprechend den Konturen des CAD-Objektes verfestigt (Abb. 3 bis 5). Hierzu zählen das SLA-Verfahren und das DLP-Verfahren. Hier lohnt es sich, etwas genauer zu schauen. Grundsätzlich sind sich SLA- und DLP-Technologie zwar ähnlich, aber es gibt einen wesentlichen Unterschied. Bei der SLA-Technologie werden die Schichten des 3-D-Objektes mit einem Laser auf die Oberfläche des Materials projiziert. Ist eine Schicht erstarrt, wird das Druckobjekt um die Höhe eines Layers abgesenkt bzw. erhöht und die nächste Schicht projiziert. Während bei der SLA-Technik der Laserstrahl das zu druckende Objekt auf das Druckermaterial „malt“, wird beim Digital Light Processing (DLP-Technologie) ein DLP-Projektor (oder Beamer) verwendet. Die zu druckende Schicht härtet mit einem Mal aus. Daher sind DLP-Drucker schneller. Über die Genauigkeit der einzelnen Verfahren diskutieren die Hersteller. Wichtig zu wissen für den Anwender ist, dass die Druckgeschwindigkeit beim DLP-Verfahren bei mehreren und/oder größeren Objekten deutlich kürzer ist.

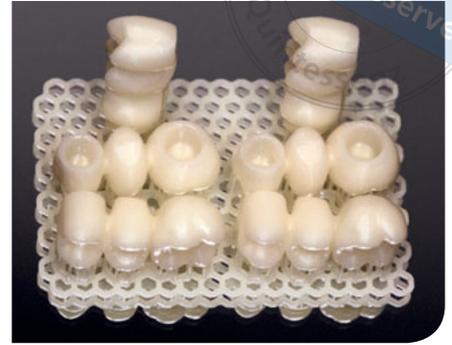
Ein weiteres für den dentalen 3-D-Druck gängiges Druckverfahren ist die PolyJet-Technologie. Ähnlich wie ein Tintenstrahldrucker verfügen diese Drucker über Druckköpfe; nur statt Tinte fließt Druckermaterial. Während des Drucks trägt ein Druckkopf hauchfeine Tröpfchen des Photopolymers auf die Bauplattform auf und härtet mit UV-Licht aus. Diese Methode hat einige Vorteile. Es werden hauchdünne Schichtdicken (16–32 µm) erreicht, was zu einer hohen Detailtreue führt und realitätsnahe Oberflächen erzeugt. Mithilfe der PolyJet-Technologie lassen sich z. B. Modelle drucken, deren realistische Wiedergabe kaum zu überbieten ist. Dies macht die Technologie



**Abb. 3** Gedruckte Brücke mit sichtbaren Schichten (Layern), die durch den Druck entstehen.



**Abb. 4** Gedruckte Schiene mit Stützstruktur.



**Abb. 5** Unterschiedliche Möglichkeiten der Ausrichtung einer Brücke auf der Bauplattform: Die Ausrichtung beeinflusst u. a. die Druckzeit. Vertikal ausgerichtete Strukturen benötigen eine längere Druckzeit, da mehr Schichten vonnöten sind.

beispielsweise für Aligner-Modelle oder dentale Präzisionsmodelle (auch Stumpfmodelle) interessant. Zusätzlich zur hohen Präzision können verschiedene Materialien (Multimaterial-Druck) in einem Objekt zusammengeführt werden. Beispiel für die dentale PolyJet-Technologie sind die Drucker aus der Dentalserie des Unternehmens Stratasys. Diverse Größen und unterschiedliche Preissegmente lassen die High-End-Geräte sogar für kleinere Labore und/oder Praxen interessant werden.

Hoffnung wird auch auf die Filamentdrucktechnik gesetzt, die sogenannte fu-

sed filament fabrication (FFF)/fused deposition modeling (FDM) oder fused filament technology (FFT), welche bereits vom Gebrauch im privaten Haushalt bekannt ist (Abb. 6 und 7). Bei dieser Technologie wird ein Stangenfilament durch einen Heizkopf erwärmt und mittels eines Extruders Schicht für Schicht auf die Bauplattform appliziert. Beim Abkühlen verfestigt sich das Material wieder. Je nach gewähltem Material müssen Bauplattform und Druckraum entsprechend aufgeheizt werden, um das Material verarbeiten zu können und eine zu schnelle Abkühlung

zu verhindern. War die Auflösung dieser Drucktechnologie bislang noch zu ungenau für die dentale Anwendung, so treten aktuell neue Industriepartner auf den Markt, welche einen präzisen Druck mit medizinischen thermoplastischen Materialien (z. B. Thermoplaste der Materialgruppe PAEK) anbieten (Fa. Kumovis, München; Fa. Apium Additive, Karlsruhe).

## Materialien

Neuralgischer Punkt beim 3-D-Druck sind die dentalen Materialien. Verwendet



**Abb. 6** Filament-Drucker des Münchner Start-ups Kumovis: Dieser Drucker kann auch PEEK drucken und ist somit interessant für die dentale Anwendung.



**Abb. 7a und b** Gegenüberstellung von Filament-Drucker und DLP-/SLA-Drucker: In der Spule des Filamentdruckers wird ein Stangen-Filament durch den Heizkopf erwärmt und mittels eines Extruders Schicht für Schicht auf die Bauplattform appliziert (a). Aus der mit photosensitivem Harz gefüllten Wanne des DLP-/SLA-Druckers „wächst“ das zu druckende Objekt Schicht für Schicht aus dem flüssigen Harz und härtet mittels Polymerisation aus (b).





**Abb. 8** Beispielhafte Darstellung verschiedener Nachbelichtungsgeräte (v. l. n. r.): Otoflash G171, Fa. NK Optik; PCU LED, Fa. Dreve; Labolight DUO, Fa. GC; LC-3D Printbox, Fa. NextDent.

werden in der Regel Harze, Thermoplaste bzw. Metallpulver (SLM).

Harze für polymerisierende Aufbauten sind flüssige Werkstoffe, die überwiegend auf der Basis von UDMA-Monomeren (Dimethacrylate) bzw. Oligomeren basieren, welche mit Initiatorsystemen und weiteren Additiven versehen werden. Teilweise werden von manchen Herstellern zu einem geringen Anteil keramische Füllstoffe zugeführt. Diese Harze sind hinsichtlich ihres Einsatzes im Mundmilieu chemisch als kritisch zu betrachten. Alleine die vielen Ausrufezeichen auf der Flasche warnen im unpolymerisierten Zustand vor allergischen Reaktionen sowie Haut- und Augenreizungen. Manche Harze sind unpolymerisiert sogar als umweltgefährdend und ätzend deklariert. Hier lohnt sich ein kurzer Blick auf deren Sicherheitsdatenblätter sowie auf die Klassen des Medizinproduktegesetzes (MPG). Die Klassifizierung von Materialien, die intraoral angewandt werden, erfolgt nach MPG I, IIa, IIb und III (Richtlinie 93/42/EWG). Ein wesentliches Merkmal ist u. a. die Art und Dauer der Anwendung im Mund. Ein Großteil der angebotenen Drucker-Materialien ist der MPG-Klasse I zuzuordnen – die ununterbrochene Anwendung im Mund ist auf 29 Tage begrenzt. Zahnersatz muss die Anforderung „Langzeitanwendung“ erfüllen und die Materialien sind somit der Klasse IIa – ununterbrochene Anwendung im Mund über einen Zeitraum von mehr als 30 Tagen – zuzuordnen.

Thermoplaste, welche mittels Filament-Technologien bearbeitet werden, sind hingegen monomerfrei und somit unbedenklich. Für den dauerhaften Zahnersatz ist es notwendig, auf die Qualität des Materials, dessen „medical grade“ (Anforderung an Kunststoffe als Medizinprodukt), zu achten. Zu den Thermoplasten zählen alle Materialien der Polyacryletherketone, wie z. B. PEEK oder PEKK. Auch PPSU (Polyphenylsulfone) und PC (Polycarbonat) können thermisch zu einer Restauration bearbeitet werden. Hier sind teilweise Temperaturen in der Druckdüse bis zu 400°C notwendig. Durch das Aufschmelzen des Materials können die mechanischen Eigenschaften – im Vergleich zu fräsbaren Ronden – verändert werden. Hierfür werden weitere Tempervorgänge oft direkt während des Druckes vorgenommen. Die genauen Parameter werden von den Herstellern sorgfältig ausgearbeitet und befinden sich meistens unter Geheimhaltung. Diese Werkstoffe und Drucktechniken stehen jedoch in der Dentalbranche erst am Anfang ihrer Entwicklung.

### Nachbearbeitung

Additiv gefertigte Objekte bedürfen in den meisten Fällen einer gewissen Nachbearbeitung. Stützstrukturen müssen entfernt und die Oberflächen ggf. poliert werden. Bei Objekten aus Photopolymeren, die durch die SLA- bzw. DLP-Technologie hergestellt wurden, ist eine korrekte Nachbelichtung von entscheidender Be-

deutung. Nur so können die Biokompatibilität sowie die mechanischen Eigenschaften sichergestellt werden. Die für diesen Zweck auf dem Markt angebotenen Polymerisationskammern sind größtenteils von der Kunststoffverblendung bekannt. Die Geräte unterscheiden sich dabei in den verwendeten Lichtemittern (Abb. 8). Die Firma NextDent (Soesterberg, Niederlande) empfiehlt für ihre Materialien das Verwenden der firmeneigenen LC-3DPrint Box. Diese arbeitet mit mehreren UV-Lampen, welche Wellenlängen von 315 bis 550 nm abdecken, bei Höhepunkten um etwa 360 und 43 nm. Das Unternehmen GC Europe (Leuven, Belgien) ist mit dem Labolight DUO vertreten. Diese Polymerisationskammer basiert auf LED und deckt Wellenlängen von 380 bis 510 nm mit Höhepunkten um etwa 395 und 475 nm ab. Das Otoflash G171 der Firma NK Optik (Baierbrunn) funktioniert mit Blitzlichtern hoher Energie. Das Besondere an diesem Gerät ist das mögliche Arbeiten unter Schutzgasatmosphäre (Stickstoff), was die Ausbildung einer Sauerstoffinhibitionsschicht verhindern soll. Von diesem Gerät werden Wellenlängen von 300 bis 700 nm abgedeckt, bei Höhepunkten um etwa 480 und 530 nm. Die ersten Untersuchungen zeigen einen Einfluss der Nachpolymerisation auf die mechanischen Eigenschaften deutlich.

### Dentale 3-D-Drucker auf der IDS 2019

Nachfolgend dargestellt sind einige 3-D-Drucker für Praxen und Labore, die auf der IDS 2019 präsent sein werden. Bei dem Überblick besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit. **Die Angaben beruhen auf den Herstellerinformationen und stammen nicht von den Autoren des Artikels.** Im Fokus stehen Geräte und Aspekte, die für das „normale“ Labor bzw. Praxislabor relevant sind. Alle vorgestellten Drucker verarbeiten offene STL-Daten.



## Varseo S

Das Unternehmen Bego stellte auf der IDS 2015 seinen eigens entwickelten 3-D-Drucker Varseo vor. Im Jahr 2017 wurde die Weiterentwicklung – der Varseo S – erfolgreich auf den Markt gebracht. Die 3-D-Drucker Varseo, Varseo L und Varseo S verfügen über ein Kartuschen-system, das einen schnellen Materialwechsel und geringen Materialverbrauch gewährleistet. Zur IDS 2019 wird das Varseo 3-D-Drucker-Portfolio erneut erweitert. Unter anderem wird der Varseo XS vorgestellt, der durch sein kompaktes und ansprechendes Design überzeugt. Er ist für eine Vielfalt von Anwendungen geeignet und bietet eine hohe Detailgenauigkeit.

BEGO	
Name des Gerätes	Varseo S
Anbieter/Hersteller	Bego/XYZ Printing
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	DLP-Technologie
Materialien	
Welche Materialien werden angeboten?	VarseoWax CAD/Cast, VarseoWax Model, VarseoSmile Temp, VarseoSmile Crown
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Nein
Welche Indikationen sind umsetzbar?	CAD/Cast-Kronen und -Brücken, zahntechnische Modelle (Quadranten), temp. Kronen/Brücken sowie def. Einzelkronen/Inlays/Onlays/Veneers
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Ja: VarseoSmile Temp und VarseoSmile Crown
Nachbearbeitung	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Im Lichthärtegerät (Dauer materialabhängig)
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Ja: BEGO Otoflash
IDS 2019	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 10.2 Stand: M-020/N-029

## Asiga MAX

Dentona bietet die 3-D-Drucker der Asiga-Serie an. Hierzu gehört u. a. der Asiga MAX. Der platzsparende Drucker (260 x 380 x 27 mm) ist speziell für die Anforderungen in Labor und Praxis konzipiert. Der Anbieter verweist auf die hohe Bedienerfreundlichkeit. Ein eingebautes LCD-Bedienfeld mit Touchfunktion informiert über den aktuellen Bauprozess und ermöglicht die interaktive Steuerung des Druckers. Eine Erweiterung des internen Speichers (Solid-State-Drive) gewährleistet die Hinterlegung mehrerer Druckaufträge in einer Warteschlange, die über das Bedienfeld vom Drucker aus gestartet werden.

DENTONA	
Name des Gerätes	Asiga MAX
Anbieter/Hersteller	Dentona/Asiga
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	DLP-Technologie
Materialien	
Welche Materialien werden angeboten?	Optiprint Splint (Schiene), Optiprint Tray (Abdrucklöffel), Optiprint Cast (ausbrennbares Material), Optiprint Model (Modellmaterial), Optiprint Gingiva (Gingivamasken), Optiprint Clear (Schaumodelle), Optiprint Match (scannbares Material), Optiprint I-B-T (Übertragungsschiene für Brackets)
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Ja, da offenes System
Welche Indikationen sind umsetzbar?	Kronen/Brücken (ausbrennbares Material), Modelle, Abdrucklöffel, Schienen, Gingivamasken, Übertragungsschiene für Brackets, Indikationen in der Hörakustik
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Ja: Optiprint Splint 385, Optiprint Splint 405
Nachbearbeitung	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Im Lichthärtegerät mit Stickstoffzufuhr (Otoflash G171): je nach Material 2–5 min (2000–4000 Blitze)
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Lichthärtegerät mit Stickstoffzufuhr (empfohlen wird Otoflash G171)
IDS 2019	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 11.1 Stand: H-010/J-011



## Organical 3D Print

Das Berliner Unternehmen R & K CAD/CAM bietet seit einigen Monaten einen 3-D-Drucker an, der insbesondere mit seinem geringen Preis eine Besonderheit darstellt. Der Organical 3D Print ist für alle gängigen dentalen und kieferorthopädischen Indikationen geeignet. Validierte 3-D-Printmaterialien zum attraktiven Einkaufspreis bieten zudem ein hohes Maß an Genauigkeit. Um weitere Prozesskosten zu sparen, kann die Membranfolie des Resintanks bei nachlassender Druckqualität durch kostengünstige Spezialfolien ersetzt werden.

R & K CAD/CAM	
Name des Gerätes	Organical 3D Print
Anbieter/Hersteller	R & K CAD/CAM
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	LCD DLP (UV integriertes Licht, Wellenlänge 405 nm)
Materialien	
Welche Materialien werden angeboten?	Organic 3D Tray, Organic 3D Gips, Organic 3D Standard, Organic 3D Surgical Guide, Organic 3D Ginigiva, Organic 3D Cast, Organic 3D Ortho ITB u. a.
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Ja, da offenes System (verwendbare Materialien u. a. von Shera, Detax, Next Dent, DMG)
Welche Indikationen sind umsetzbar?	Bohrschablonen, digitaler Guss, indirekte Bonding Trays, individuelle Löffel, Provisorien, Set-up-Modelle zur Herstellung von KFO-Alignern, ausgeblockte Modelle zur Herstellung von tiefgezogenen hart-/weichbleibenden Schienen u. a.
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Ja
Nachbearbeitung	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Abhängig von Materialtyp und Indikation
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Nein, Lichthärtung bei 405 nm (Lichthärtegerät)
IDS 2019	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 10.2 Stand: V-058

## SolFlex 170

Seit der IDS 2017 ist Voco mit der 3-D-Drucker-Serie SolFlex präsent. Als forschendes Dentalunternehmen verfügt Voco über 30 Jahre Erfahrung mit lichthärtenden Materialien – ein Know-how, das bei den Druckern sowie der parallel entwickelten Druckmaterialien eingeflossen ist. Die SolFlex 3-D-Drucker verarbeiten digitale Datensätze aus dem STL-Datenformat. Zur Auf- und Vorbereitung der Datensätze wird eine spezielle Software verwendet, die auch das Slicing übernimmt (Pyramis, beim SolFlex 170 kostenlos dabei). Die Slicing-Funktion zerschneidet die zu druckenden Werkstücke in einzelne sehr dünne Schichten, die der Drucker zum

VOCO	
Name des Gerätes	SolFlex 170
Anbieter /Hersteller	Voco GmbH, W2P Engineering GmbH
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	DLP-Technologie (385 nm)
Materialien	
Welche Materialien werden angeboten?	Auf die SolFlex-Drucker abgestimmte Druckharze: V-Print splint, V-Print SG und V-Print model
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Ja, alle Materialien auf Basis von 385 nm (Materialparameter erforderlich)
Welche Indikationen sind umsetzbar?	KFO-Basisteile, Röntgenschablonen, Schienen, Fixierungs- und Übertragungsschlüssel, therapeutische Schienen, Bleaching-Schienen (Home-Bleaching), Bohrerschablonen, Arbeits- und Präsentationsmodelle
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Ja: V-Print splint und V-Print SG (Medizinproduktklasse IIa)



gewünschten Objekt aufbaut. Eine leicht zu reinigende Materialwanne aus flexiblem Silikon sorgt bei SolFlex 170 und SolFlex 350 dafür, dass während des Aufbaus an der Oberfläche nur geringe Abzugskräfte entstehen. So können dünne und feine Bauteile mit hoher Geschwindigkeit gedruckt werden. Voco bietet insgesamt drei Druckermodelle an. Der SolFlex 170 (296 x 318 mm) ist der kompakteste und nimmt nicht viel mehr Stellfläche als ein herkömmlicher PC-Drucker ein.

VOCO (Fortsetzung)	
<b>Nachbearbeitung</b>	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Die Nachbelichtung kann mit folgenden Geräten durchgeführt werden: Xenonblitzlichtgerät Otofash G171 (2x 2000 Blitze, ca. 10 min) UV-Lichtbox LC-3DPrint Box1 (ca. 30 min) Hinweis: Bei Druckobjekten, die mittels Otofash G171 nachbelichtet werden, ist nach den ersten 2000 Blitzen eine Abkühlphase von mind. 2 min bei geöffnetem Deckel einzuhalten. Nach der Abkühlphase sind die Druckobjekte zu wenden und mit weiteren 2000 Blitzen zu belichten (Prozessdauer ca. 10 min)
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Xenonblitzlichtgerät Otofash G171 oder UV-Lichtbox LC-3DPrint Box1
<b>IDS 2019</b>	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 10.2 Stand: P-010

## Form 2

Der kleine Drucker Form 2 von Formlabs bietet einen guten Einstieg in die 3-D-Drucktechnologie oder er dient auch häufig als Zweitgerät. Das kompakte Gerät (350 x 330 x 520 mm) lässt sich selbst in kleinen Räumen gut integrieren. Die Druckermaterialien werden von Formlabs entwickelt, wobei die Materialwissenschaftler das Portfolio ständig erweitern. Das integrierte Harzsystem sorgt für einfaches Materialmanagement und ermöglicht einen sauberen Betrieb. Gewechselt werden die Materialien über ein Kartuschensystem. Der Drucker erkennt automatisch den Materialtyp, konfiguriert die Einstellungen und erlaubt es, den Kunstharzvorrat über das Dashboard zu kontrollieren.

FORMLABS	
Name des Gerätes	Form 2
Anbieter/Hersteller	Formlabs
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	SLA-Technologie
<b>Materialien</b>	
Welche Materialien werden angeboten?	Dental SG, Dental LT, Dental Modell, Castable Wax, Denture Base, Denture Teeth
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Eingeschränkt („offener Modus“ vorhanden)
Welche Indikationen sind umsetzbar?	Bohrschablonen, Löffel, Schienen, Modelle, Kronen, Brücken, Presskeramik (durch Gussverfahren), Aligner (durch Tiefziehen), LZP (zunächst US-amerikanischer Markt)
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Ja: Dental LT für Schienen und Denture Base/Teeth für Prothesen
<b>Nachbearbeitung</b>	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Lichtbox
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Empfehlung: Formlabs Form Cure
<b>IDS 2019</b>	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 03.1 Stand: L-070/M-071



## NextDent5100

Ein interessanter Drucker wird seit Sommer 2018 vom Hersteller 3D-Systems angeboten. Um seine Kompetenz im Dentalbereich zu stärken, übernahm 3D-Systems im Jahr 2017 den Dental-Materialhersteller Vertex, der u. a. für seine Marke NextDent bekannt ist. Auf Basis dessen werden dentale 3-D-Drucker gefertigt. Das 3-D-Drucksystem NextDent 5100 (426 x 489 x 971 mm) wurde auf der LMT Lab Day Chicago 2018 mit dem Versprechen einer Zeitersparnis von 70 bis 80 % vorgestellt. Der Drucker arbeitet mit der Figure 4-Technologie, einer modularen und skalierbaren Produktionsplattform. Die, laut Hersteller, „ultraschnelle“ Fertigung wird durch die individuelle Platzierung automatisierter Montagelinien und die Integration sekundärer Prozesse (z. B. Lichthärtung, Waschen etc.) möglich. Der Vertrieb in Deutschland erfolgt z. B. über Metaux Precieux Dental.

3D-SYSTEMS	
Name des Gerätes	NextDent 5100
Anbieter/Hersteller	3D-Systems/Metaux Precieux Dental
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	Figure 4 3-D-Drucktechnologie
<b>Materialien</b>	
Welche Materialien werden angeboten?	Prothesenbasen, Kronen und Brücken, Einproben, Löffel, Bohrschablonen, Modelle, Aufbisschienen, Gingivamasken, Gusstechnik, Indirect Bonding Trays
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Nein
Welche Indikationen sind umsetzbar?	Prothesenbasen, Kronen und Brücken, Einproben, Löffel, Bohrschablonen, Modelle, Aufbisschienen, Gingivamasken, Gusstechnik, Indirect Bonding Trays
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Prothesenbasen, Kronen und Brücken, Schienen
<b>Nachbearbeitung</b>	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Lichtbox Nextdent LC-3DPrint Box (Aushärtungszeiten materialabhängig 5–30 min)
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Empfehlung: NextDent LC3D-Print Box
<b>IDS 2019</b>	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 10.2 Stand: T-060

## Objet 30 Dental Prime

Mit dem Objet 30 Dental Prime bietet Stratasys einen 3-D-Drucker mit PolyJet-Technologie zum erschwinglichen Preis. Die PolyJet-Technologie arbeitet nach einem anderen Prinzip als die zuvor vorgestellten Geräte. Wie bereits beschrieben, ähnelt das Vorgehen einem Tintenstrahldrucker. Die Druckergebnisse überzeugen mit hoher Detailschärfe. Mit seiner handlichen Größe (825 x 620 x 590 mm) und präziser Arbeitsweise ist der Objet 30 Dental Prime geeignet für kleinere und mittlere Dentallabore. Ein Nachhärten der gedruckten Objekte ist nicht notwendig, da unmittelbar nach dem Aufbau die Schichten mittels UV-Licht polymerisiert werden – in einem Arbeitsgang. Die Wahl zwischen zwei Druckmodi schafft Flexibilität, z. B. beim Anfertigen von Modellen (Situationsmodell, Präzisionsmodell).

STRATASYS	
Name des Gerätes	Objet 30 Dental Prime
Anbieter / Hersteller	Stratasys
Nach welcher Drucktechnologie arbeitet das Gerät?	PolyJet-Technologie
<b>Materialien</b>	
Welche Materialien werden angeboten?	Med690 (für Kronen und Brückenmodelle) Med670 (für Modelle in der Kieferorthopädie) Med610 (für chirurgische Bohrschablonen)
Können Materialien von Fremdanbietern verarbeitet werden?	Nein
Welche Indikationen sind umsetzbar?	Kronen-, Brücken- und Implantatmodelle, chirurgische Bohrschablonen, Modelle in der Kieferorthopädie
Wird ein Material angeboten, das dem MPG Klasse II entspricht?	Nein
<b>Nachbearbeitung</b>	
Wie erfolgt die Endhärtung und wie lange dauert sie?	Automatisch während des Druckvorgangs
Wird ein spezielles Lichthärtegerät benötigt?	Keine zusätzlich Lichthärtung notwendig
<b>IDS 2019</b>	
An welchem Stand kann man sich über den Drucker informieren?	Halle: 10.2 Stand: P-032

## Make-or-buy

Eigenfertigung oder Fremdbezug? Grundsätzlich sollte vor der Investition in den neuen 3-D-Drucker eine individuelle Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgenommen werden, bei der alle Aspekte einfließen (Erstinvestition, Materialkauf, Wartung, Updates, Verschleiß etc.). Ggf. ist die Alternative „Fremdbezug“ der individuell

bessere Weg. Auf additive Technologien spezialisierte dentale Fertigungsdienstleister besitzen ein hohes Know-how im 3-D-Druck, arbeiten mit hochwertigen Materialien und halten Maschinen immer auf dem aktuellen Stand. Es werden Daten von digitalen oder physischen Modellen verarbeitet und ggf. auch CAD-Konstruktionen vorgenommen. Beispielhaft sei das Unternehmen DentaCore (Ber-

lin) genannt, das sich seit vielen Jahren intensiv mit dem dentalen 3-D-Druck befasst. Gearbeitet wird mit der bereits beschriebenen PolyJet-Technologie, die in ihrer Präzision und der realistischen Wiedergabe kaum zu überbieten ist.

Nachfolgend lassen wir einige Anwender sprechen, die sich entschieden haben, eigene Geräte für ihr Labor zu kaufen.

» Der 3-D-Druck ergänzt die digitalen Fertigungstechnologien in unserem Labor seit zirka 1,5 Jahren. Den Einstieg nahmen wir mit dem Form 2 (Fa. Formlabs) – einem SLA-Drucker. Vor einigen Wochen haben wir in einen

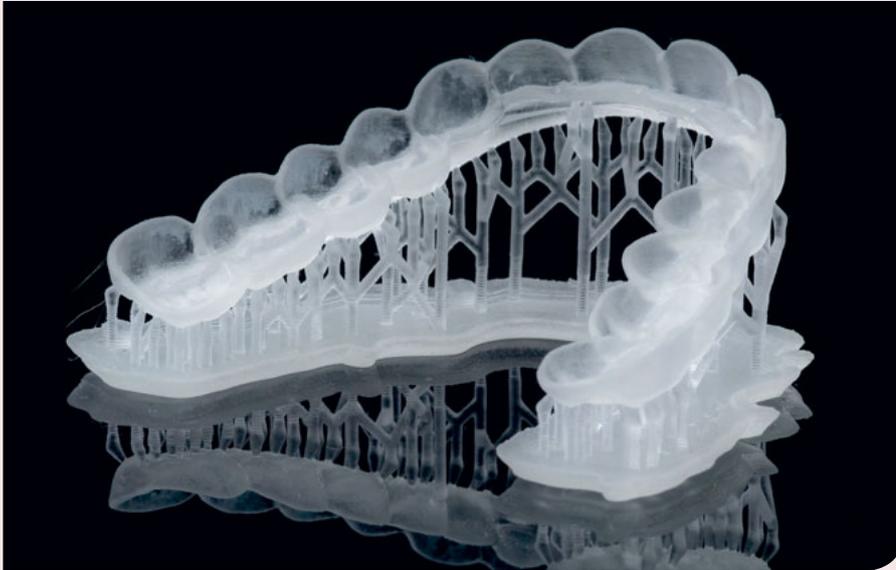
weiteren Drucker investiert, diesmal in einen DLP-Drucker (Anycubic Photon, Fa. Anycubic, Guangdong, China). Die Gegenüberstellung in der Tabelle spiegelt unsere Erfahrung mit den beiden Geräten wider.

Nachdem wir anfangs hauptsächlich Abformlöffel und Modelle gedruckt haben, setzen wir mittlerweile auch Setups, Bohrschablonen, Bisschablonen, Modellgussgerüste (CAD Cast) oder Try-in's mit dem Drucker um (Abb. 9 bis 11). Wir verwenden die Materialien von Formlabs für den Form 2. Im offenen Modus arbeiten wir mit den Materialien von NextDent und probieren momentan die Druckerharze von R & K CAD/CAM. Ich bin ein großer Fan des 3-D-Drucks geworden. Unter anderem im Bereich der Planung bietet uns als Labor die additive Fertigung viele Möglichkeiten und gerade die Planungssicherheit ist in unserer täglichen Arbeit sehr wichtig. Natürlich bedarf der 3-D-Druck einer gewissen Einarbeitungszeit und zahn-

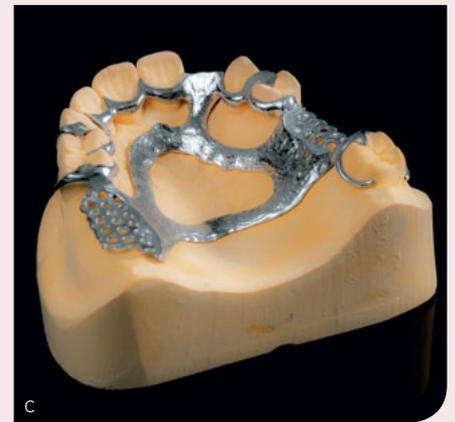
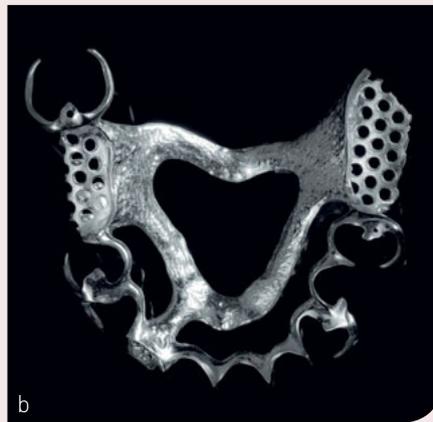
Formlabs Form 2 (SLA)	Anycubic Photon (DLP)
Einstellung von drei Parametern mgl. (0,25/0,5/1,0)	Individuelle Einstellung der Parameter
Extra-Tank für jedes Material notwendig, Kosten ca. 65 EUR	Nur ein Tank, der durch Lotuseffekt einfach gereinigt werden kann
Große Bauplattform	Kleine Bauplattform
Neuer Tank nach einem Liter empfohlen	Wechsel einer Folie, Kosten 20 EUR
Befüllen des Tanks im geschlossenen oder offenen Modus	Befüllen des Tanks im offenen Modus
WLAN-Netzwerk	USB-Stick
Positionierfehler werden angezeigt	Leider keine Fehlermeldung



**Abb. 9a und b** Aus transparentem Material gedrucktes Try-in zur Kontrolle der funktionellen Gegebenheiten im Mund (a). Die Nahansicht zeigt die hauchfeinen Slices, mit denen das Druckobjekt im Binderverfahren Schicht für Schicht aufgebaut wird (b).



**Abb. 10** Gedruckte Schiene vor dem Abtrennen von der Bauplatzform.



**Abb. 11a bis c** Das in der CAD-Software konstruierte Gerüst wurde in einem ausbrennfähigen Harz gedruckt (a) und anschließend in ein exakt passendes Modellgussgerüst überführt (b und c). (Abb. 9 bis 11 Fotos: Creativ Dental, Jüterbog)

technischer Erfahrung. Bereits die Auswahl des Druckers kann bei der Vielzahl an Geräten eine echte Herausforderung sein. Hierzu erfolgt z. B. beim DTG (Dental Technician Guild) ein reger Austausch unter Kollegen. Momentan stehen wir vor der Entscheidung, einen weiteren

Drucker anzuschaffen und informieren uns über den NextDent-Drucker (Metaux Precieux). Mit großem Interesse werden wir zur IDS reisen und erhoffen uns insbesondere neue Materialien, z. B. für den zahn- und gingivafarbenen Bereich.



**Jenny Ulrich**  
Creativ Dental GmbH, Jüterbog

Wir nutzen im Labor seit zirka zwei Jahren den 3-D-Druck; hauptsächlich für die Indikation „Bohrschablonen“, die wir im digitalen Workflow aus der Planungssoftware (Implant Studio) heraus erstellen. Auch gedruckte Gerüste für die Modellgusstechnik erfreuen sich bei uns immer mehr an Beliebtheit. Noch mehr erhoffe ich mir vom Einsatz von 3-D-gedruckten Implantatmodellen, die aus den Daten des Intraoralsscans gedruckt werden.

IDS? Hier erwarte ich den 3-D-Druck für Valplast oder flexible Kunststoffe bzw. mehrfarbige Harze, die für eine längere Tragedauer im Mund zugelassen sind.



**ZTM Maxi Grüttner**  
Dentallabor  
Grüttner,  
Pößneck

## Fazit

Obwohl die Fortschritte in der additiven Fertigung innerhalb der vergangenen Jahre rasant waren und noch sind, bleibt das Gefühl, dass die Möglichkeiten des 3-D-Drucks noch lange nicht ausgeschöpft sind. Insbesondere im Dentalbereich werden den Zahntechnikern und Zahnärzten in den kommenden Jahren noch interessante Entwicklungen begegnen. Auf der Additive Material Exhibition 2018 stellte das chinesische Technologieunternehmen Prodways einen Keramikdrucker vor, der laut Pressemitteilung vor allem für Medizin und Luftfahrtindustrie von Interesse sein könnte. Der Drucker kann Objekte mit Keramikmaterialien wie Aluminiumoxid, Zirkonoxid und Hydroxylapatit drucken. Auch andere Unternehmen sind bereits mit Keramik-Druckern am Markt präsent. Es scheint eine Frage der Zeit, dass z. B. auch Keramiken oder Zirkonoxid für definitiven Zahnersatz gedruckt werden können.



**Annett Kieschnick**  
Freie Fachjournalistin, Berlin  
E-Mail: [ak@annettkieschnick.de](mailto:ak@annettkieschnick.de)



**ZA Marcel Reymus**  
Poliklinik für Zahnerhaltung und  
Parodontologie  
LMU München



**PD Dr. Bogna Stawarczyk, M. Sc.**  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
LMU München

