

Digitale Fertigung mittels additiver Fertigungsverfahren

| ZTM Christoph Glodecki, Dr. André Neumeister, Dr. Hinrich Wiese

Vom Rapid Prototyping zum wirtschaftlichen Produktionsverfahren für dentale Medizinprodukte: Im nachfolgenden Artikel werden die Weiterentwicklung traditioneller Methoden und Ursachen des Wandels thematisiert.

Der 3-D-Druck ist in aller Munde¹ – und bald kann das sogar wortwörtlich Wirklichkeit werden, denn digitale Methoden halten zunehmend auch in allen Bereichen der Dentaltechnik Einzug. Ursprünglich dem schnellen Prototypenbau vorbehalten (bekannt als „Rapid Prototyping“), haben sich additive Fertigungsverfahren seit Mitte der 1990er-Jahre zu etablierten Fertigungsverfahren für Endprodukte entwickelt. Hier haben sich recht zügig die Begriffe Rapid Tooling, Rapid Manufacturing oder Direct Manufacturing etabliert. Die am weitesten verbreitete additive Technologie basiert nach wie vor auf dem ersten Schichtbauprinzip von 1986, der Stereolithografie, die gleichzeitig als die präziseste additive

Fertigungsmethode gilt.² Hier werden flüssige Monomere oder Präpolymere unter Einfluss von Licht geeigneter Wellenlänge zu festen Schichten verarbeitet, die übereinandergesetzt ein dreidimensionales Bauteil ergeben, gesteuert durch einen digitalen Datensatz des zu fertigenden Objektes. Durch stetige Weiterentwicklungen im Bereich der Maschinenteknik, speziell der Belichtungs- und Handhabungstechnik, vor allem aber auch im Bereich der Werkstoffwissenschaft, ist die Stereolithografie prädestiniert für die Produktion von Endprodukten, und dies vor allem in der Medizintechnik.

Neben dem eigentlichen Produktionsverfahren ist die Erstellung geeigneter digitaler Daten von höchster Relevanz, da erst durch diese die Produktions-

maschine „gefüttert“ wird. Dem Dentaltechnologen steht heutzutage eine Vielzahl von digitalisierenden Werkzeugen zur Verfügung, wie beispielsweise ein Intraoralscanner oder vielseitige CAD/CAM-Designpakete. Ganz neu ist der digitale Ansatz nicht mehr, denn in vielen dentalen Laboren sind Fräsmaschinen im Einsatz, die auf Basis digitaler Daten subtraktiv fertigen. CAD/CAM an sich ist also für den Dentalarbeitsplatz nichts grundlegend Neues, es kann auf bewährten Methoden aufgesetzt werden: Nach dem digitalen Fräsen sind nun die aufbauenden Verfahren an der Reihe.^{3,4} Der Materialverbrauch ist bei generativen Verfahren deutlich geringer als bei traditioneller oder subtraktiver Herstellungsweise, da nicht verbrauchtes Material vollständig in den Prozess zurückgeführt werden kann. Auf der anderen Seite zeichnen sich natürlich auch bei ausreichenden Rechnerkapazitäten ganz andere Risiken ab, wie z. B. Missbrauch von Patientendaten oder Programmierfehler. Da CAD/CAM-Methoden mittlerweile zur Ausbildung von Dentaltechnikern gehören, stellt die Einarbeitung keine weitere Hürde mehr dar.

Außer der Designfreiheit, der Materialersparnis, der Geschwindigkeit und der höheren Genauigkeit liegt ein weiterer Vorteil der generativen Fertigung darin, dass die Arbeitsplätze leichter sauber zu halten sind als wenn man Dentalprodukte spanend herstellt, was stets zur Staubbildung führt.⁷ Das Verfahren ermöglicht Geometrien, die mit tradi-



Abb. 1

Abb.1: Bohrschablone.

tionellen Verarbeitungsmethoden wie Fräsen und Gießen nicht verwirklicht werden können.

Optimale Ergebnisse hinsichtlich der Genauigkeit können durch einen vollständig digitalisierten Arbeitsablauf, beginnend mit einem Intraoralscanner bis hin zur generativen Fertigung, erreicht werden.

Der hier vorliegende Artikel gibt Einblicke in den aktuellen Stand der Technik zum Einsatz additiver Fertigungsverfahren im Bereich der Dentaltechnologie.

Anforderungen an die digitale Prozesskette

Die Anforderungen an dentaltechnische Produkte sind alles andere als gering: Für alle Anwendungen ist ein hohes Maß an definierten Eigenschaften erforderlich, von der Genauigkeit über die Mechanik bis hin zu wirtschaftlichen Aspekten. Vor allem aber ist wichtig für die Zukunft, um die bestehenden und weiter steigenden Auftragszahlen zu bedienen: Robustheit in der Produktion und möglichst fehlerfreie Prozesse durch Einfachheit in den Abläufen unter Beachtung der dentaltechnologischen Regeln. Hierbei unter anderem auf Systeme verwiesen, nach dem beispielsweise eine Totalprothese aufgestellt wird – APF (Ästhetik – Phonetik – Funktion), TIF® (Totalprothetik nach Funktion) – oder andere. Mechanische Ansprüche sind v. a. bei Medizinprodukten, wie z. B. Prothesen, Gerüstkonstruktionen, individuelle Implantatabutments, Bohrschablonen, Schienen oder Abformlöffeln von hoher Bedeutung. Besonders hoch sind die Anforderungen naturgemäß bei Produkten, die langfristig oder dauerhaft im Mund des Patienten verbleiben sollen und immensen Belastungen standhalten müssen. Im Bereich der 3-D-Druckverfahren drängen seit etwas über einem Jahr viele Hersteller von Maschinen, Software und Materialien auf den Markt, um dem Dentallabor Komplettlösungen für den vollständig digitalen, generativen Workflow anzubieten. Die oben beschriebenen hohen Anforderungen an dentale Anwendungen sind vielen dieser Unternehmen jedoch nicht bekannt, da hier das zahntechnische Know-how fehlt. Dieser Artikel will dem Zahntechniker Informationen an die Hand geben, welche Fertigungsverfahren für welche Anwendungen geeignet sind.



Abb. 2

Abb. 2: Modell mit Gingivamaske.

Eignung der generativen Fertigung im Dentallabor

Modelle

Modelle erfordern eine hohe Präzision bei der Übertragung und Darstellung der Situationsgeometrie. Ob man nun mittels Oralscanner gleich einen digitalen Datensatz erzeugt oder zunächst den Umweg über eine Abformung nimmt – in beiden Fällen erreicht man mit digitalen Modellen zahlreiche Vorteile:⁵

- Die vorgeschriebene Lagerung des Modells erfordert lediglich virtuellen Speicherplatz. Der Zahnarzt oder das Labor müssen nicht mehr schwere und zerbrechliche Gipsmodelle lagern.
- Existiert der Datensatz einmal, kann man bei Bedarf jederzeit wieder ein physisches Modell fertigen.
- Die Materialauswahl ist breiter und reicht bis zu transparenten Kunststoffen.
- Die Modelldaten können einfacher mit anderen geteilt werden, wie z. B. dem Zahnarzt, Labor, Hersteller.
- Bessere mechanische Eigenschaften der Modelle.
- Weniger Fehlerquellen.
- Einfachere Koordination der Arbeitsabläufe.

Zahnfleischmasken

Hier handelt es sich um ein Zusatzprodukt zu den Dentalmodellen: Das Zahnfleisch wird in einem gesonderten Modell dargestellt. Beide Bauteile kön-

nen im Anschluss über Steckverbindungen unkompliziert ineinandergesetzt werden. Derartige Gingivamasken liefern dem Zahntechniker wertvolle Informationen über die Zahnfleischposition und die Form des Zahnfleischsaums, welche bei der Herstellung von implantatgetragenen dentalen Restaurationen entscheidend zur Funktion und Ästhetik der künstlichen Zähne beitragen. Zudem vereinfachen die Steckverbindungen die Handhabung beim Herstellungsprozess der Restauration und gewährleisten eine definierte Position der Maske auf dem Modell. Solche Gingivamasken lassen sich über konventionelle Verfahren nur sehr aufwendig realisieren und sind nicht reproduzierbar zu fertigen.⁶

Prothesenbasen

Eine generativ gefertigte Vollprothese erfüllt derzeit noch nicht die notwendigen Anforderungen. So müssen die konfektionierten Zähne derzeit noch manuell eingefügt werden. Da es sich bei Prothesen um Medizinprodukte handelt, können nur zertifizierte Materialien eingesetzt werden. Wichtige Eigenschaften sind v. a. die Genauigkeit, die mechanischen Eigenschaften und die Haftung der Zähne an der Basis. Aber auch die Beständigkeit des Materials gegen Reiniger und Lebensmittel darf nicht außer Acht gelassen werden. Rotwein, Kaffee, Tee, Kurkuma oder Rauchen beeinflussen die Farbe oft nachhaltig, was für den Träger nicht akzeptabel ist. Dem kann v. a. durch hohe

STARTEN SIE MIT UNS IN DEN FRÜHLING!

-10%

Nutzen Sie unsere Frühjahrsaktion: **10% Rabatt** beim Kauf von muss.dental-Neugeräten und/oder Reparaturen.

Testen Sie unsere Produkte **14 Tage lang kostenlos** – direkt vom Hersteller und **mit 2 Jahren Garantie**.

MA 50 vorher ~~€ 990,-~~
jetzt nur

€ 891,-*

Bis 50.000 min⁻¹, inkl. Handstück
und Ablage mit Staufach.



*Preis zzgl. gesetzl. MwSt. 19% und zzgl. Versandkosten.
Aktion gültig bis zum 30.04.2015.

MA 35 jetzt nur **€ 864,-***
Bis 35.000 min⁻¹, inkl. Handstück
und Ablage mit Staufach.

Die Handstücke sind
in **10 Farben** erhältlich:


Unsere Micromotoranlagen
sind **optional mit Knie- oder
Fußsteuerung** erhältlich.



Servicepartner von:



Oberflächenqualität entgegengewirkt werden.

Bohrschablonen

Auch hier handelt es sich um Medizinprodukte. Allerdings werden sie nur für die Dauer einer Behandlung eingesetzt, d.h. es handelt sich um die Medizinprodukteklasse I. Auch hier ist wieder allerhöchste Präzision gefordert, um die Passgenauigkeit der eigentlichen Schablone auf dem Restzahnbestand und der Mundschleimhaut sowie der Bohrhülsenzugewährleisten. Das Material muss ohne Veränderung sterilisierbar sein. Das heißt, die Genauigkeit, die Mechanik und die optischen Eigenschaften dürfen unter gängigen Sterilisationsverfahren nicht leiden.

Transparenz des Materials ist erforderlich, um dem Zahnarzt die Sicht auf die Operationssituation zu garantieren.

Ausbrennbare Designprodukte

Die Herstellung der vollständig ausbrennbaren Produkte wie z. B. Kronen- und Brückengerüste, Sekundärkronen, Modellgusskonstruktionen, Wurzelstiftaufbauten usw. mithilfe generativer Verfahren hat die Dentaltechnologie aus der Schmuckbranche übernommen. Dort ist die generative Fertigung am Computer designter Modelle zur Herstellung von Gussformen schon länger gängig. Das Material wird beim Heizprozess im Vorwärmofen thermisch abgebaut. Die vollständige, rückstandsfreie Verbrennung ist daher eine der Schlüsselanforderungen. Speziell für



Abb. 3

Abb. 3: Modell mit Modellguss Pattern.

den Bau partieller Prothesen bzw. Modellgussprothesen ist das Prozessverständnis bzw. die Wahl des Materials und der Fertigungsmaschine für die Produktion der Gussform enorm wichtig: Das Modellgussobjekt ist geometrisch sehr komplex und feingliedrig bei gleichzeitig hohen lateralen, teils auch vertikalen Gesamtabmessungen. Das Objekt selbst kann dadurch bereits durch geringsten Deformation (z. B. durch Schrumpfung während der Herstellung oder Verformung durch die Schichtenerzeugung) für die weitere Nutzung unbrauchbar sein. Eine optimale Abstimmung der beteiligten Parameter (Material, Maschine und Prozess)

ist daher enorm wichtig. Ferner ist die softwareseitige Aufbereitung des digitalen Datensatzes unabdingbar.

Vollanatomische Kronen und Brücken

Diese Anwendungsfelder lassen sich aufgrund der hohen mechanischen Belastungen ausschließlich mit lichthärtenden oder einfach thermoplastisch verarbeitbaren Kunststoffen nicht bedienen. Ein möglicher Ansatz ist die Nutzung hochgefüllter Polymere, die mittels Licht geformt und anschließend über eine Sinterung zu hochfesten Teilen gehärtet werden. Der Kunststoffbinder brennt dabei aus. Auch aus lasersinterten Metallen oder teilweise auch Hochleistungskunststoffen wie PEEK können solche restaurativen Produkte sinnvoll hergestellt werden.

Andere Anwendungen

Es gibt noch zahlreiche weitere Anwendungsfelder für generative Verfahren, die hier aus Platzmangel nicht weiter ausgeführt werden sollen: Schienen (für Kieferorthopädie, Bruxismus ...), Zahnschutz für Sportler, patientenspezifische Abformlöffel und andere mehr.

Vor- und Nachteile der Systeme am Markt

Selective Laser Sintering (SLS)

Bei diesem Verfahren werden mithilfe von Laserstrahlen schichtweise Partikel



Abb. 4

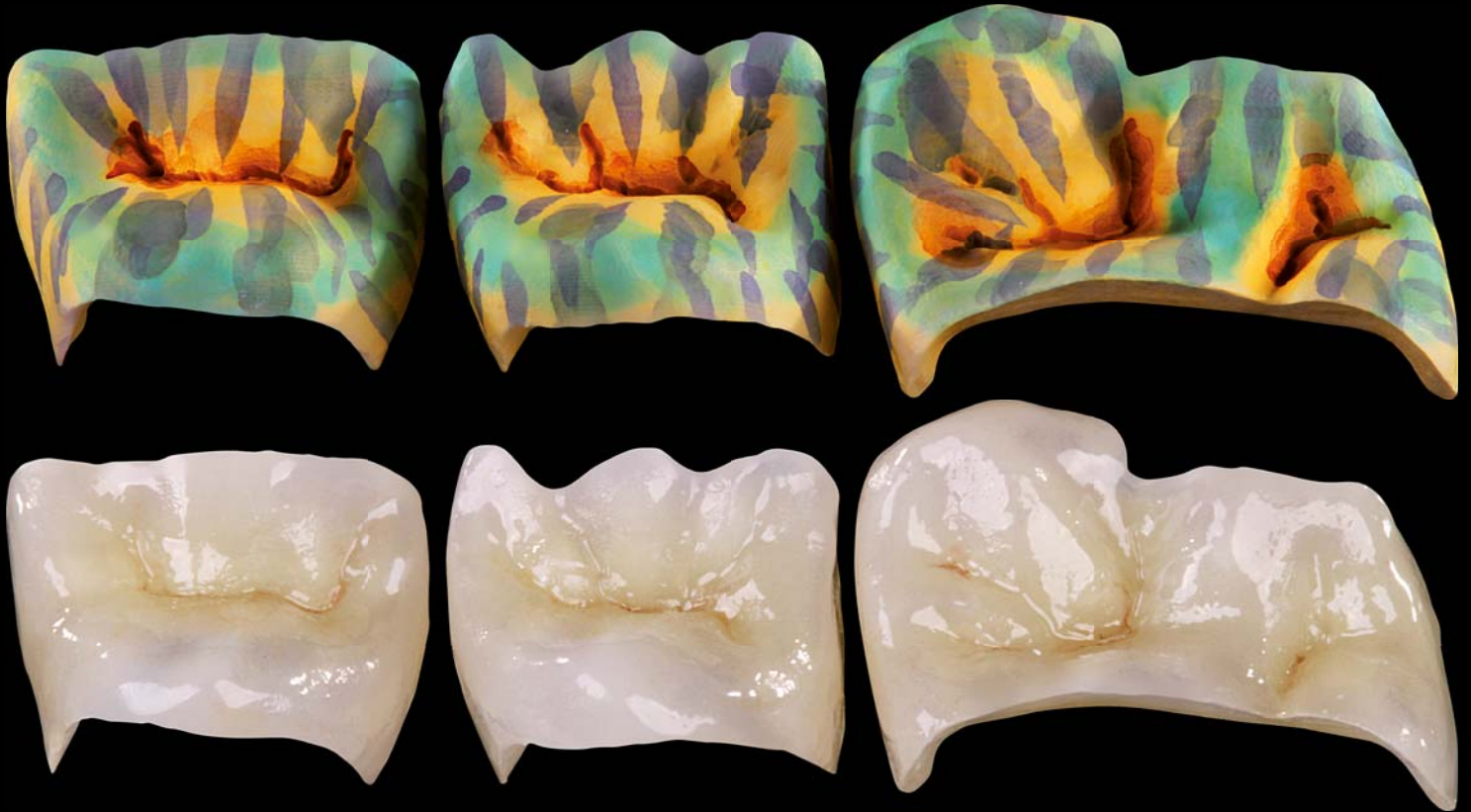
Abb. 4: Modellguss-Generativ-Abguss.

Zirkonzahn®

Human Zirconium Technology

NEUES ZIRKON

BIEGEFESTIGKEIT 670 MPA
(SCHOOL OF DENTAL MEDICINE, UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA)



PRETTAU® ANTERIOR

Mit seinen hervorragenden ästhetischen Eigenschaften und der hohen Biegefestigkeit ist Prettau® Anterior speziell für Frontzahnrestaurationen ausgelegt, jedoch auch für Seitenzähne besonders gut geeignet. Zur Bearbeitung des neuen Zirkonmaterials benötigt es keine Nassbearbeitungsfunktion, was es zur idealen Alternative zu Lithium-Disilikat macht!

- Biegefestigkeit: 670 MPa (School of Dental Medicine, University of Pennsylvania)
- hohe Transparenz durch optimierte Mikrostruktur des Zirkons bei gleichzeitiger guter Maskierung des Untergrundes
- besonders alterungsbeständig
- Indikationen: Teil- und Einzelkronen, Inlays, Onlays, Veneers, max. dreigliedrige Brücken (vollanatomische oder reduzierte Strukturen zum Verblenden mit Keramik)





Abb. 5

Abb. 5: Prothesenbasis.

aus Keramik versintert oder solche aus Metall oder Thermoplasten verschmolzen. Das übrige Pulver kann wieder eingesetzt werden. Die erzielbare Genauigkeit liegt in der Größenordnung der eingesetzten Partikel. Andererseits geht, wie bei allen generativen Verfahren, die Erhöhung der Genauigkeit mit einer Verlängerung der Bauzeit einher. Bei Kronen beispielsweise ist die bislang erreichbare Genauigkeit noch nicht so gut wie beim traditionellen manuellen Gussprozess, doch erfüllt sie die klinischen Anforderungen.⁸

Das breite Spektrum einsetzbarer Materialien ermöglicht es, auch hohen mechanischen Anforderungen gerecht zu werden. Das wiederum lässt auch die Möglichkeit zu, Zahnersatz wie Kronen

oder Brücken direkt zu fertigen.^{7,8} Der Patient muss im günstigsten Fall nicht einmal mehr mit einem Provisorium versorgt werden, sondern erhält in einer einzigen Sitzung gleich die endgültige Versorgung. Geeignete Metalle – z.B. Titan- oder Chrom-Cobalt-Legierungen – stehen zur Verfügung,⁹ aber auch reines Titan oder Gold können verarbeitet werden.¹⁰ Eine vollständige digitale Prozesskette wurde bereits 2005 vorgestellt. Damit können die Anforderungen an die Genauigkeit, die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit für solche Langzeitimplantate erfüllt werden.¹¹ Auch Prothesenzähne könnten hier direkt hergestellt werden. Nachteilig muss der hohe Anschaffungspreis der Laser-Sinter-Anlagen gesehen werden. Eine solche Investition rentiert sich nur dort, wo viele Aufträge abgearbeitet werden – in großen Labors oder zentralen Dienstleistungszentren. Die Materialien andererseits sind relativ günstig.

Fused Deposition Modelling (FDM)

Bei diesem Verfahren werden thermoplastische Kunststoffe eingesetzt, Materialien, die jedermann aus technischen Anwendungen vertraut sind, wie z. B. Polyamid oder ABS. Diese werden aufgeschmolzen und als Strang abgelegt, um daraus schichtweise Bauteile herzustellen. Am Markt sind schon Systeme verfügbar, die mehrere Materialien zu einem Werkstück kombinieren können. Andererseits werden auch schon sehr billige Systeme angeboten,

mit denen dennoch brauchbare Ergebnisse erzielt werden können.⁵ Die Bau- genauigkeit ist durch den Durchmesser der abgelegten Kunststoffschmelze begrenzt, der bislang bei den meisten Maschinen bei ca. 200 µm liegt. Dadurch sind auch die Schichten leichter zu unterscheiden als bei mittels Stereolithografie hergestellten Bauteilen. Der Bau von Überhängen ist nur in beschränktem Maße möglich, sonst sind Stützstrukturen erforderlich, die anschließend entfernt werden müssen. Je nachdem, welches Material dafür eingesetzt wurde, lassen sich solche „Supports“ mit Wasser entfernen oder sie brauchen aufwendigere Nachbearbeitungsschritte.

Stereolithografie (SL)

Bei diesem Verfahren werden mittels UV-Licht flüssige Harze zu Kunststoffen ausgehärtet. Hier können alle gewünschten Farben eingestellt werden. Die Stereolithografie ermöglicht von allen hier vorgestellten Verfahren die höchste Auflösung. Klassisch gesehen wird bei der Stereolithografie ein fokussierter Laserstrahl für die Belichtung eingesetzt, der zeilenweise über die Harzoberfläche gerastert wird. Je nach Durchmesser des fokussierten Strahles können unterschiedliche Genauigkeiten bis hinunter zu 25 µm in der x-y-Ebene eingestellt werden. Typische Schichtdicken liegen im Bereich 50–100 µm. Nach Belichtung einer Schicht wird über einen Beschichtungsmechanismus eine neue, flüssige Harzschicht aufgetragen. Dadurch ist der Prozess auf niedrigviskose Materialien beschränkt. Durch die Rasterung des Laserstrahls wird jedes Bauteil einzeln belichtet, sodass der Gesamtprozess bei Harzen geringer Reaktivität lange dauern kann. Für die Einstellung der finalen Mechanik des gereinigten Bauteils ist eine Nachhärtestation zu verwenden.

Digital Light Processing (DLP)

Das Verfahren ähnelt dem vorhergehenden, allerdings wird das Material nicht mittels Laserstrahl, sondern durch dynamische Maskenabbildung gehärtet: Der in der Maschine befindliche Projektor sendet auf LED-Basis (UV-Licht oder sichtbare Strahlung) ein Bild der zu erzeugenden Struktur auf die Harzober-

ANZEIGE

LABOR-GEFÜHLE



Wir **LIEBEN** unsere Kunden. Nur so können wir 100% Einsatz bringen. Dazu ein umfangreiches Sortiment und Leistungen: Legierungen, Galvanotechnik, Lasersintern, Metoxit, 3Shape, GC, Roland u.w. Partner – Mit dem Plus an Service! Tel. 040 / 86 07 66 · www.flussfisch-dental.de

since 1911

FLUSSFISCH

fläche. Großer Vorteil ist hier, dass die gesamten zu erzeugenden Strukturen über ein einzelnes Bild generiert werden. Im Gegensatz zum Laserverfahren ist der Prozess zeitlich unabhängig von der Anzahl der Teile. DLP-Maschinen existieren in verschiedenen Baufeldabmessungen und erlauben die Fertigung von oben beschriebenen dentalen Produkten ab einer Stückzahl von eins bis hin in den zweistelligen Bereich. Damit existieren auch bereits generative Fertigungssysteme für kleinere Laboratorien. Beispielfhaft seien hier die D30 der Rapid Shape GmbH oder die Micro der EnvisionTEC Inc. zu nennen.

Für die Dentaltechnik maßgeschneiderte und zertifizierte Materialien wie beispielsweise FotoDent LED.A Implant (für Bohrschablonen) oder FotoDent LED.A model (für Modelle) der Dreve Unternehmensgruppe ermöglichen zudem kürzere Bauzeiten bei gleichzeitig hoher Bauteilqualität. Das Laborprodukt FotoDent LED.A pattern ist prädestiniert für Modellgussysteme bzw. allgemein für Arbeiten, bei denen ein ausbrennbarer Kunststoff erforderlich ist.

Die erzielbare Genauigkeit ist weitgehend von der eingesetzten Optik der Fertigungsmaschine abhängig. Je höher die Qualität ist, desto höher ist die erreichbare Präzision. Andererseits ist es auch die Güte der Optik, die den Preis der Drucker mitbestimmt. Gerade im Dentalbereich ist daher die Nutzung von billigen Druckern riskant, sind doch auch die Preise der am Markt verfügbaren, geeigneten und hochwertigen Geräte in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen.

Zusammenfassung

Digitale Fertigungsmethoden halten in der Dentaltechnologie zunehmend Einzug. Sie stellen die natürliche Ergänzung zum hochauflösenden digitalen Scan und CAD-Methoden zur optimalen Gestaltung dar. Die Präzision ist mit der manuellen Fertigung durchaus vergleichbar. Die Arbeitsprozesse werden deutlich beschleunigt. Dazu kommen weitere Vorteile wie Flexibilität und Verbesserung des Arbeitsumfelds. Die Verbreitung der Methoden wird v.a. durch die hohen Anschaffungskosten limitiert. Es existieren verschiedene Verfahren, die jeweils für verschiedene

Anwendungen vorteilhaft sind. Auch maßgeschneiderte, zertifizierte Materialien für die generative Fertigung von Dentalprodukten sind für das Labor verfügbar. Das optimale generative Fertigungsverfahren der Zukunft sollte Eigenschaften verschiedener, am Markt befindlicher Verfahren vereinen:

- Einfache Bedienbarkeit („einfach drücken-drücken“), hohe Geschwindigkeit und geringe Unterhaltskosten, wie beim Digital Light Processing,
- Multi-Materialdruck, wie beim Fused Deposition Modelling,
- Variabilität der erreichbaren mechanischen Eigenschaften, wie beim Selective Laser Sintering,
- hohe Effizienz durch Anpassbarkeit an die Auslastung.

Der kleine Ausblick soll anhand von zwei Beispielen zeigen, dass die Entwicklung in diesem spannenden Feld sicher noch nicht am Ende ist.

Ausblick

Vollständig gedruckte Prothesen

Eine Totalprothese kann am Computer designt und gedruckt werden – eine schöne Vorstellung. Das Problem des Einpassens der Zähne in die Basis, das der Haftung zwischen beiden, würde verschwinden. Doch hat der Artikel bis hierher ja schon einige Schwierigkeiten aufgezeigt: Die Zähne und die Prothesenbasis haben völlig unterschiedliche mechanische Eigenschaften, müssen also aus zwei Materialien hergestellt werden, was ja beim Fused Deposition Modelling bereits möglich ist – doch damit erreicht man nicht die mechanischen Anforderungen an die Zähne. Diese werden wieder nur über das Selective Laser Sintering erreicht. Hier können die Teile aber bislang nur in je einem Material hergestellt und dann laminiert werden. Noch handelt es sich also um einen Traum, der der Realisierung harret.

Gedruckte Scaffolds für Tissue Engineering

Tissue Engineering und Regenerative Medizin sind Verfahren der Medizin, bei denen die Selbstheilungskräfte des Körpers aktiviert werden sollen, um fehlende oder nicht funktionsfähige Organe oder Körperteile zu ersetzen. Dazu werden neben Zellen und biologischen Boten-

stoffen sogenannte Gerüst- oder Scaffoldmaterialien eingesetzt, um mechanischen Halt zu geben und eine Form vorzugeben. Die Vorteile, sich für den Aufbau solcher Strukturen generativer Verfahren zu bedienen, liegen auf der Hand. Am besten wäre, auch die biologischen Materialien gleich mit auf diesem Wege zu strukturieren. Allerdings vertragen biologische Systeme weder hohe Temperaturen wie beim Lasersintern oder beim Fused Deposition Modelling noch toxische Ausgangsstoffe, wie die meisten bei der Stereolithografie eingesetzten Harze. Auch Scherung stellt ein Problem dar. Ansätze gibt es jedoch bereits am Markt, wie den 3-D-Bioplotter® von EnvisionTEC. Mit diesem können einige gut biokompatible, gelartige Materialien wie Alginat, Chitosan oder Gelatine zusammen mit Zellen verarbeitet werden. Für den Knochenersatz stehen auch harte Materialien zur Verfügung. Obwohl der Plotter schon vor über zehn Jahren entwickelt wurde, finden sich erst in letzter Zeit Kunden. Mit der Präsentation von erfolgreich gedrucktem Lebergewebe durch die amerikanische Organovo Inc. wurde das Thema im April 2013 in den Fokus des Interesses von Geldgebern und auch der Öffentlichkeit gerückt.



Literaturliste



Dreve
Infos zum Unternehmen

kontakt.

**ZTM Christoph Glodecki,
Dr. André Neumeister und
Dr. Hinrich Wiese**

Dreve ProDiMed GmbH
Max-Planck-Str. 31
59423 Unna
Tel.: 02303 8807-0
info@dreve.de
www.dreve.com