

Additive Verfahren treiben die Medizintechnik voran

Additive Herstellungsverfahren für individualisierte Medizinprodukte, insbesondere in der Dentaltechnik und Hörgeräteindustrie, setzen sich zunehmend als wirtschaftliche Fertigungsmethode durch. Die Entwicklung neuer Anwendungen und Materialien wird stetig vorangetrieben.

EMANUEL MESARIC

Patientenbezogene Sonderanfertigungen, insbesondere in der dentalen und audiologischen Prothetik, waren bislang nur durch Handarbeit realisierbar. Die Fortschritte in der Digitalisierung und Konstruktion anatomischer Gegebenheiten ermöglichen es heutzutage, patientenbezogene Serienfertigungen zu realisieren. Als Fertigungsverfahren kommen abtragende (Fräsen) und zunehmend auftragende (additive, generative) Verfahren zum Einsatz. Sowohl die

Emanuel Mesaric ist Geschäftsführer der Deltamed GmbH in 61169 Friedberg, Tel. (06031) 7283-0, info@deltamed.de

abtragende Fertigung von keramischen Formteilen für Zahnersatz als auch die additive Fertigung von Hörgerätegehäusen kann als Stand der Technik angesehen werden.

Verlustfreie Herstellung von komplexen Formteilen

Im Vergleich zu den abtragenden Fertigungsverfahren ermöglicht die additive Fertigung eine effizientere und verlustfreie Herstellung von Formteilen mit nahezu unbegrenzter Geometriefreiheit. Auch die parallele Fertigung individueller Bauteile lässt sich derzeit

nur mittels generativer Fertigungsverfahren realisieren. Die dabei verwendete Anlage wird von der Envisiontec GmbH unter der Bezeichnung DDP (Digital Dental Printer) oder Perfactory hergestellt und vertrieben. Der Schichtaufbau erfolgt über die Projektion von Masken per Digital-Light-Processing-Technologie (DLP) auf ein photosensitives Material.

Bei additiven Verfahren werden konstruierte Volumenmodelle mittels entsprechender Software in Ebenen zerlegt. Die Anzahl der Ebenen wird über das zu generierende Bauteil beziehungsweise die ge-



Bild: Deltamed

Im Vergleich zu abtragenden Fertigungsverfahren ermöglicht die additive Fertigung eine effizientere und verlustfreie Herstellung von Formteilen mit nahezu unbegrenzter Geometriefreiheit, vor allem in der dentalen und audiologischen Prothetik.

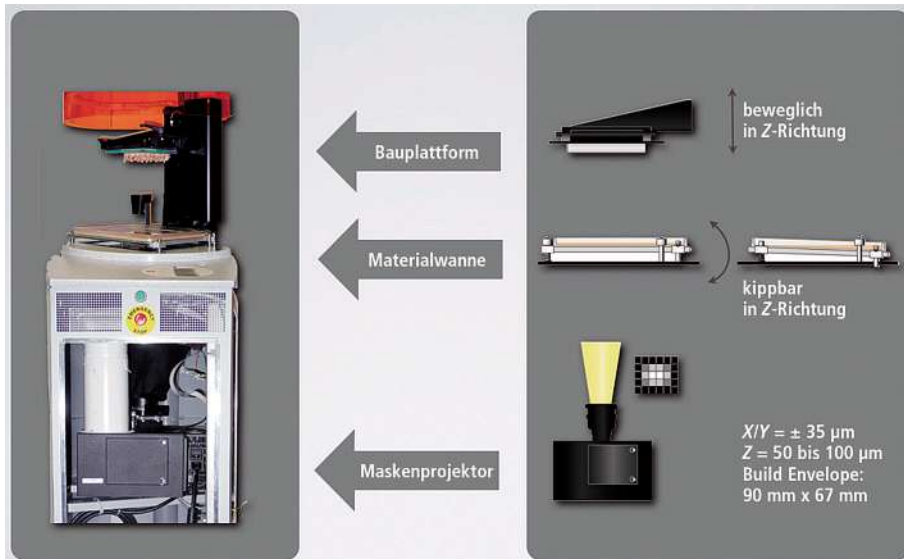


Bild 1: Das Volumenmodell wird in Ebenen zerlegt, die als pixelbasierte Bilder auf eine Referenzebene projiziert werden können. Die Maske der zu generierenden Schicht wird auf eine lichtdurchlässige Materialwanne projiziert.

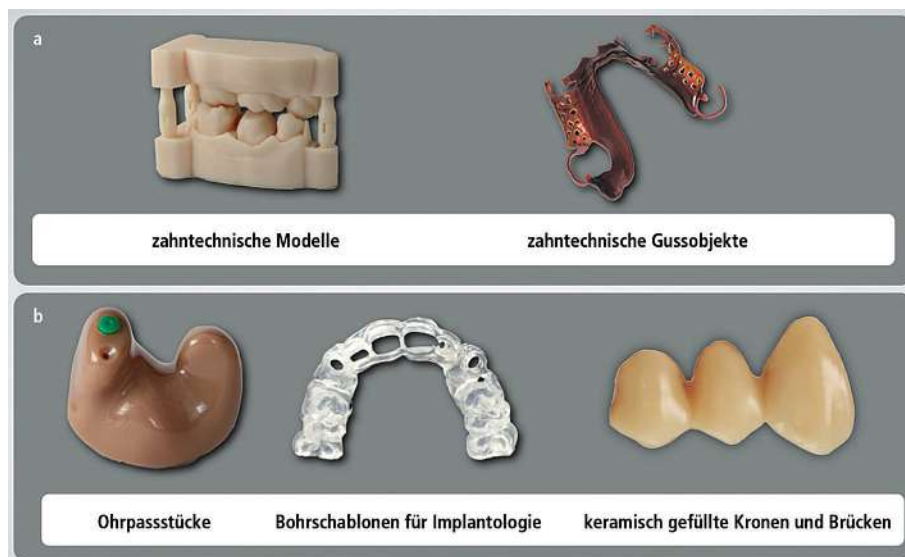


Bild 2: Generell unterscheidet man bei additiv gefertigten Formteilen zwischen indirekt (a) und direkt (b) verwendbaren Produkten.

wünschte Genauigkeit definiert (25 bis 100 µm). Die anlagenspezifisch verwendeten Materialien werden anschließend über einen Energieeintrag auf eine Ebene, beispielsweise Temperatur, Licht, Laser, selektiv verfestigt oder über einen Dosierkopf aufgetragen und verfestigt. Die verfestigten Ebenen werden anschließend über eine geeignete Absenk- oder Anheborrichtung auf die nächstfolgende Ebene verschoben. Mit Ausnahme des Lasersinterns oder Lasermeltings kommen bei additiven Fertigungsverfahren überwiegend photosensitive oder thermoplastische Kunststoffe zum Einsatz.

Eine Unterteilung der derzeit am Markt vertretenen Verfahren kann grob in die

Gruppen selektives Sintern (zum Beispiel EOS Electro Optical Systems in Deutschland), Stereolithographie (beispielsweise 3D Systems in den USA) und 3D-Drucker (Object Geometries in Israel) unterteilt werden. Herstellerseitig wird das hier beschriebene Verfahren den 3D-Druckern zugeordnet.

Fotosensitives Harz verfestigt sich bei Belichtung

Bei dem verwendeten Fertigungsverfahren wird das Volumenmodell in Ebenen zerlegt, die als pixelbasierende Bilder auf eine Referenzebene projiziert werden können. Der Querschnitt des zu erzeugenden Formkörpers kann somit als Voxel (Volumenpixel)

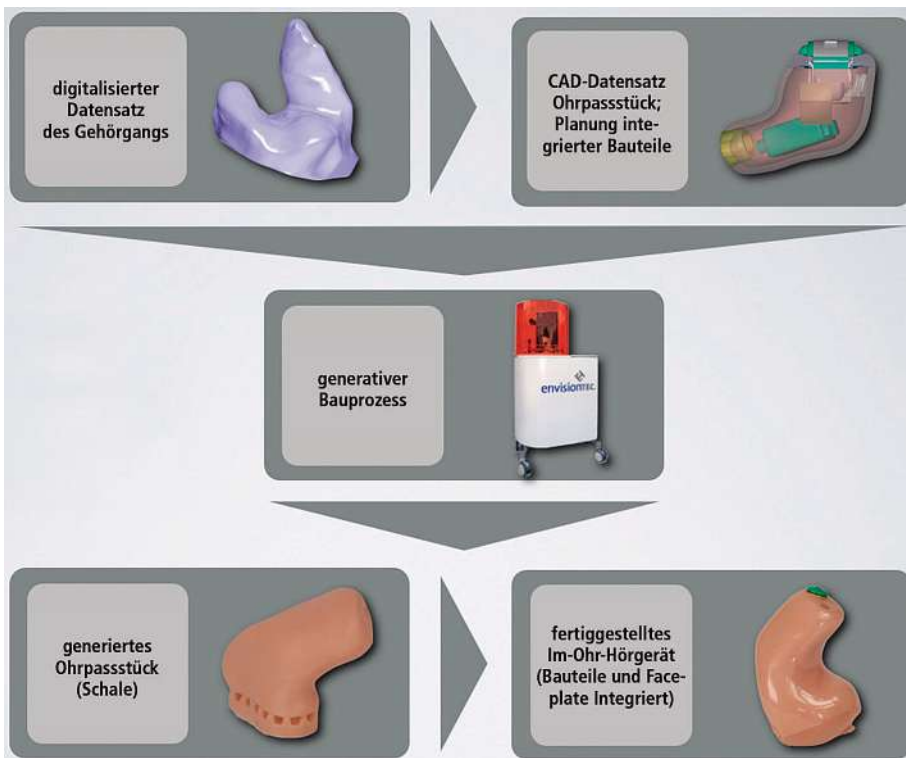


Bild 3: Vereinfachter Herstellungsprozess von Hörgerätegehäusen.

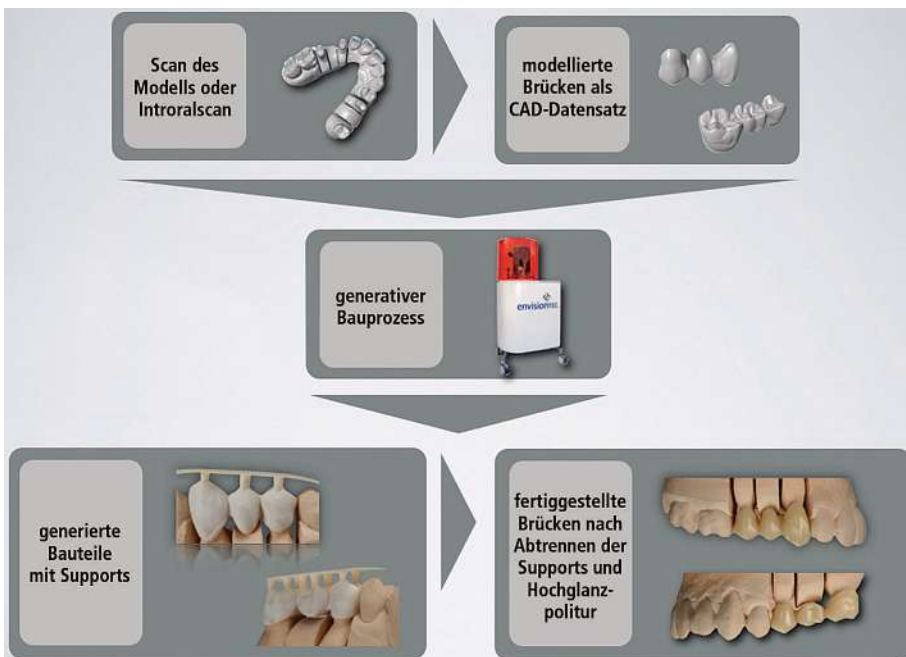


Bild 4: Digitalisierter Herstellungsprozess von Zahnersatz in Kronen- und Brückentechnik.

Bilder: Deltamed

Patientendaten werden mittels Silikonabdruck erfasst

Die Herstellung von Hörgerätegehäusen war eine der ersten Anwendungen der individualisierten Serienfertigung mittels additiver Verfahren. Bild 3 stellt den Entstehungsprozess vereinfacht dar. Die Patientendaten werden mittels eines Silikonabdruckes beim Hörakustiker erfasst. Der Abdruck wird dem Fertigungszentrum oder Hörgerätehersteller zugesandt und eingescannt. Der digitalisierte Datensatz dient als Basisgeometrie für die Konstruktion des Hörgerätes mittels CAD. Das Volumenmodell des konstruierten Gehäuses wird als Grundlage für die Fertigung weiterverarbeitet und in Masken zerlegt. Die Anlagen können je nach Größe bis zu 40

selektiv belichtet werden. Wie in Bild 1 dargestellt, wird die Maske der zu generierenden Schicht auf eine lichtdurchlässige Materialwanne projiziert. Diese enthält ein fotosensitives Harz, das sich bei Belichtung verfestigt. Die Bauplattform kann über eine Traverse in die Materialwanne eingebracht und auf die geforderte Ebenenstärke eingestellt werden. Das polymerisierte Material haftet nach der Belichtung an der Bauplattform

oder an der generierten Ebene und kann aus dem Materialreservoir abgehoben werden. Die Bauplattform wird um die nächste gewünschte Ebene angehoben. Material fließt in den Zwischenraum und die nächste Belichtungsmaske kann projiziert werden. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis das gewünschte Formteil generiert ist. Aufgrund der Maskenerzeugung ist die Geschwindigkeit des Bauvorganges im Gegensatz zu laser-

individuelle Gehäuse in zwei Stunden generieren. Nach einem Endbearbeitungsprozess werden alle elektronischen Komponenten integriert und das Gerät versiegelt. Die Produktivität und Qualität des Verfahrens ist der der konventionellen Herstellung klar überlegen.

Eine weitere, Anfang 2010 eingeführte Anwendung ist die Herstellung von Zahnersatz in der Kronen- und Brückentechnik. Der Herstellungsprozess (Bild 4) entspricht weitestgehend dem der Hörgeräteindustrie. Konstruktionssoftware und Scanverfahren sind den dentalen Ansprüchen angepasst. Die Aufnahme der Patientensituation erfolgt ebenfalls über einen Silikonabdruck, wobei zunehmend Intraoralscanner zum Einsatz kommen. Die Abdrücke werden, sofern nicht schon digital aufgenommen, eingescannt und dienen als Vorlage für die Konstruktion. In diesem Fall wird die Restauration, basierend auf der Situationslage, vollaratomisch virtuell aufgebaut.

Füllstoffe beeinflussen die mechanische Festigkeit

Die Patientenarbeit wird generiert, ausgearbeitet und auf Hochglanz poliert. Das verwendete Material besitzt einen keramischen Füllstoffanteil von 50 Gew.-% bei einer maximalen Partikelgröße von 0,7 µm. Gefüllte Materialien oder Komposite finden seit Jahrzehnten Anwendung in der dentalen Füllungstherapie. Dentale Füllungskunststoffe sind Komposite mit einem Füllstoffanteil von 55 bis 85 Gew.-%. Die verwendeten Füllstoffe, beispielsweise amorphes und sphärisches SiO₂, Bor-silikatgläser und weitere, dienen zur Einstellung der mechanischen Festigkeit, der geforderten Verarbeitungseigenschaften sowie der Reduzierung des Polymerisationsschrumpfes. Dentale Füllungskunststoffe können als Hochleistungswerkstoffe angesehen werden. Über Silanisierungs- und Acrylierungsmechanismen

sind die Füllkörper nach der Polymerisation über einen chemischen Verbund in die Matrix eingebunden. Dadurch lassen sich sehr hohe mechanische Festigkeiten erzielen. Alle konventionellen dentalen Komposite sind aufgrund des hohen Füllgrades hochviskos bis fest (knetbar). Aufgrund der pastenartigen Konsistenz der Komposite sind diese mit den momentanen Anlagen nicht oder nur mit erheb-

lichem Aufwand verarbeitbar. Die Herausforderung lag somit in der Entwicklung eines auf der Anlage verarbeitbaren Komposites, das im direkten Vergleich mit konventionellen Materialien ausreichende mechanische und physikalische Eigenschaften aufweist. Mit dem vorgestellten Material konnten erstmals Füllgrade von über 50% bei gleichzeitig ansprechender Ästhetik erreicht werden. Die mecha-

nischen Eigenschaften entsprechen denen der derzeit verwendeten dentalen Materialien.

Die Weiterentwicklung additiv verarbeitbarer Materialien, insbesondere für die individuelle Serienfertigung von Funktionsteilen, ist ein erklärtes Ziel. Das additive Verfahren hat ein großes Potenzial für weitere Anwendungen, die über die Herstellung von Medizinprodukten hinausgehen. **MM**