

DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION





1

MASSGESCHNEIDERTE LÖSUNGEN IN SERIE

Trends und Herausforderungen moderner Produktion

Die Produktionsbedingungen für Wirtschaftsunternehmen unterliegen wie die Produkte selbst einem ständigen Wandel. Kunden fordern immer komplexere und oft sogar maßgeschneiderte Produkte. Die bestellten Stückzahlen schwanken in einigen Branchen zwischen mehreren Tausend und der Losgröße Eins. Unter dem Druck wirtschaftlicher Optimierung von Geschäftsprozessen sind Konstrukteure und Produktionsverantwortliche heute angehalten, Bauteile so individuell und gleichzeitig so kostengünstig wie möglich auszulegen und zu fertigen. Dies gilt etwa in der Luftfahrt- oder der Automobilindustrie, wo Gewichtersparnisse zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs sowie eine Variantenvielfalt zur Erfüllung der Kundenwünsche immer wichtiger werden. Um Skaleneffekte zu realisieren, werden heute viele Bauteile überdimensioniert. Die Herausforderung besteht in der Auslegung dieser Bauteile auf die tatsächlichen Beanspruchungen, was klassischerweise meist mit einer Erhöhung der Komplexität einhergeht. Digital Photonic Production (DPP) bietet die Möglichkeit, Bauteile funktionsgerecht zu gestalten, ohne dabei die Produktionskosten zu erhöhen. Ein Beispiel sind die maßgeschneiderten Bauteile für die Luftfahrtindustrie.

In der Medizintechnik geht der Trend ebenfalls hin zur Individualität. Gefragt sind beispielsweise speziell auf den jeweiligen Patienten angepasste Implantate. Dies erfordert komplexere Teile, die darüber hinaus zu vertretbaren Kosten in Losgröße Eins gefertigt werden müssen. Neue Materialien, wie im Körper resorbierbare Werkstoffe, erfordern darüber hinaus eine erhöhte Flexibilität in den Fertigungsverfahren. Ob in der Medizintechnik oder im Flugzeugbau; teure Bauteile werden

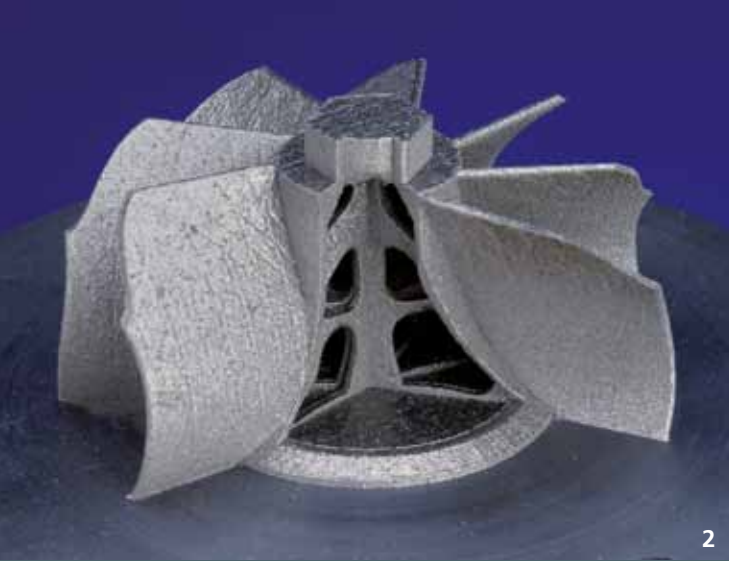
überwiegend noch durch konventionelle Verfahren hergestellt. Teilweise erzeugt dies bis zu 90% Abfall. Neben den vermeidbaren Kosten führt auch der Ruf nach einem nachhaltigen Umgang mit den verfügbaren Ressourcen zu einem Umdenken in der produzierenden Industrie.

Auch der Endkunde ist heute anspruchsvoller und fordert individuelle Produkte, mit denen er sich von der breiten Masse abhebt. Im Idealfall würde er gerne vor der Bestellung sein eigenes Bauteil selbst entwerfen. Auf Herstellerseite führt dies zwangsläufig zu einer Steigerung der Komplexität der Produkte und zu einer höheren Flexibilität in der Fertigung. Die herkömmlichen, meist mechanischen Bearbeitungsverfahren und die standardisierten Produktionsabläufe stoßen hier an ihre Grenzen – sowohl technologisch als auch wirtschaftlich. Auf dem Weg zur vierten industriellen Revolution wachsen Individualisierung und Serienproduktion sowie die gestaltungs-offene virtuelle und die produzierende reale Welt zunehmend zusammen. Das Werkzeug Licht stellt dabei das Bindeglied zwischen diesen beiden Welten dar. Digital Photonic Production bietet dem Kunden die Möglichkeit, aktiv am Gestaltungs- und Produktionsprozess teilzunehmen. Mit Hilfe des Lasers werden am Computer entworfene und optimierte Produkte zu vertretbaren Kosten in Serie produziert.

1 Mit Selective Laser Melting hergestellter individualisierter Zahnersatz.

2 Komplexe Bauteilgeometrien in kleinen Losgrößen.

3 Formeinsatz für ein Spritzgießwerkzeug mit konturnaher Kühlung und Kupferkern.



2



3

Digital Photonic Production – Complexity & Individualization for free

In der industriellen Praxis steigen die Produktionskosten eines Werkstücks mit seiner Komplexität und seiner Einzigartigkeit. Dieser Scale-Scope-Problematik begegnen die verschiedenen Prozesse der Digital Photonic Production, indem sie zu konstanten Kosten jedes Bauteil als Unikat erstellen – unabhängig von Komplexität und Losgröße. Nur noch das Gewicht des Bauteils und damit der Materialverbrauch bestimmen die Kosten. So werden bei den generativen lasergestützten Fertigungsverfahren Werkstücke unmittelbar aus den vorhandenen CAD-Daten produziert. Höhere Kosten, die bei konventionellen Fertigungsverfahren etwa durch die Herstellung von Formwerkzeugen entstehen, fallen bei den DPP-Verfahren nicht an. Das Werkzeug Licht wird flexibel, berührungslos und bauteilspezifisch durch den Computer gesteuert. Die CAD-Information wird mittels Licht auf die Materie übertragen: From bits to photons to atoms.

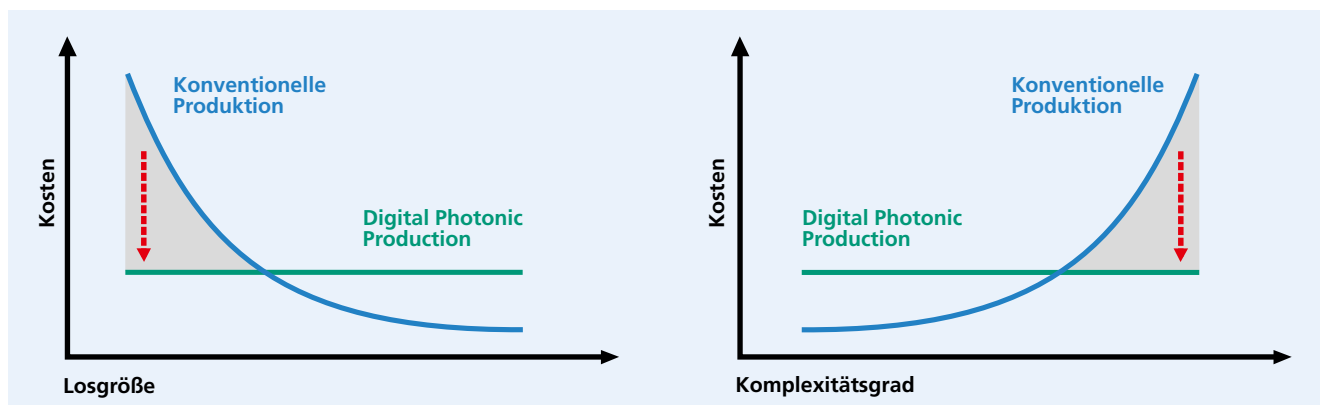
Digital Photonic Production – From Bits to Photons to Atoms

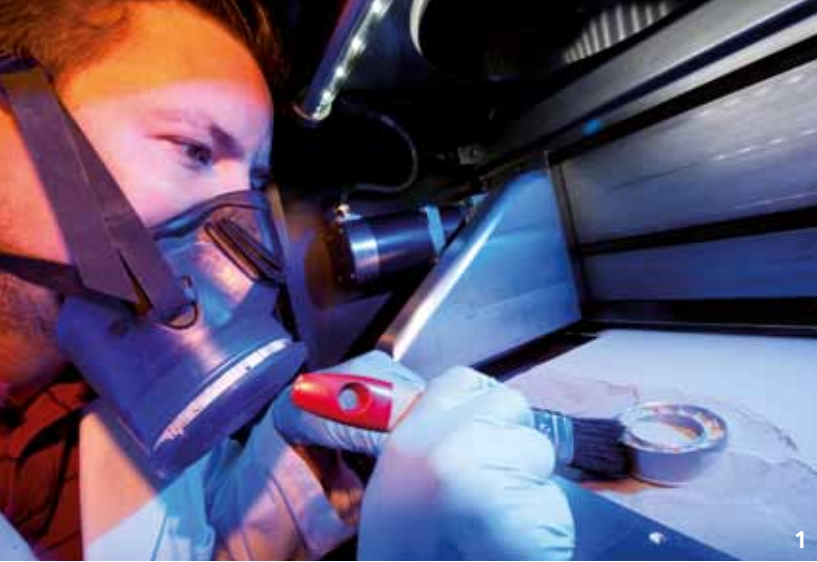
Laserbasierte Fertigungsverfahren erfüllen die vom Markt gestellten Anforderungen einer höheren Bauteilkomplexität und Individualisierung zu gleichzeitig attraktiven Kosten. Digital Photonic

Production bildet die »Speerspitze der Evolution« bei zukunfts-trächtigen Produktionsverfahren. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT bereitet mit der Entwicklung und Optimierung von generativen Fertigungsverfahren wie dem Selective Laser Melting (SLM) sowie mit neuen Laserverfahren zur Mikrobe-arbeitung wie dem Laserpolieren maßgeblich den Weg für diesen Trend. Digital Photonic Production steht am Fraunhofer ILT im Mittelpunkt der industriebezogenen Auftragsforschung und der grundlegenden Vorlauftforschung.

Um die Konkurrenzfähigkeit von DPP mit konventionellen Produktionsverfahren zu immer höheren Stückzahlen verschieben zu können, müssen die Systemkosten konsequent reduziert werden. Ein wesentlicher Kostenfaktor bei den DPP-Verfahren ist die Laserstrahlquelle in der Werkzeugmaschine. Die Aktivitäten des Fraunhofer ILT bei der Erforschung neuer und kostengünstiger Laserstrahlquellen tragen dazu bei, dass modernste Fertigungstechnik zu einem wirtschaftlichen Preis verfügbar wird. Dabei kooperiert das Fraunhofer ILT mit führenden Laserherstellern und spezialisierten Systemlieferanten. Laseranwender nutzen das Know-how des Fraunhofer ILT, um die Leistungsfähigkeit ihrer Anlagen über den Stand der Technik zu heben oder anwendungsspezifische Verfahren, Strahlquellen und Systeme zu entwickeln.

Das Fraunhofer ILT versteht Digital Photonic Production ganzheitlich – von der Strahlquelle bis zum Bearbeitungssystem und vom Material über das Fertigungsverfahren bis zum Produkt.





DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION – DIE ZUKUNFT DER PRODUKTION

Digital Photonic Production (DPP) steht für zukunfts- und kundenorientierte Produktion. Das Fraunhofer ILT treibt systematisch die generativen und abtragenden DPP-Verfahren voran. Erfolgreiche Pionierleistungen wurden in den Bereichen Medizintechnik, Werkzeugbau und Flugzeugtechnik in enger Partnerschaft mit den industriellen Keyplayern der jeweiligen Branchen realisiert.

Generative DPP-Verfahren

Generative Verfahren kommen dort zum Einsatz, wo komplexe Bauteilgeometrien, kurze Reaktionszeiten und ein ressourcenschonender Umgang mit dem Werkstoff gefordert werden. Zu den mehrfach prämierten innovativen Entwicklungen des Fraunhofer ILT zählt das Selective Laser Melting: Ähnlich wie bei einem Laserdrucker, der die gespeicherten Daten zweidimensional auf Papier aufbringt, wird beim SLM auf der Grundlage von CAD-Daten der Werkstoff dreidimensional in Schichten von wenigen Mikrometern aufgetragen. Hochleistungslaser schmelzen das Metall- oder Keramikpulver auf und bauen das Werkstück Schicht für Schicht auf. Auf diese Art lassen sich hochkomplexe geometrische Bauteile bei einer gleichzeitigen Individualisierbarkeit des Endproduktes gemäß den Bedürfnissen des Kunden realisieren. Die Produkte werden 1:1 aus den berechneten Konstruktionsdaten generiert. Bei industriellen Anwendungen kommen als Datenbasis CAD-Zeichnungen, bei medizintechnischen Anwendungen Daten aus Computertomographen oder anderen bildgebenden Verfahren zum Einsatz. Für Kunststoffe sind vergleichbare Rapid-Manufacturing-Verfahren bereits seit einigen Jahren im industriellen Einsatz. Bei keramischen und metallischen

Werkstoffen verhinderten die langen Bearbeitungs- und Produktionszeiten bislang eine Verwendung in der industriellen Serienfertigung. Mit den am Fraunhofer ILT entwickelten Strahlquellen und Prozessen werden die generativen Laserverfahren nun auch bei diesen Werkstoffen wirtschaftlich. Die in Aachen entwickelten Hochgeschwindigkeitsanlagen sind zehn mal schneller als die konventionellen SLM-Systeme. Eine weitere Technologie aus der Familie der generativen Verfahren ist das Laserauftragschweißen, welches beispielsweise bei der Produktion und der Instandhaltung von Flugzeugturbinen zum Einsatz kommt. Zu den Pionierleistungen des Fraunhofer ILT zählt in diesem Bereich die Instandsetzung von Blade Integrated Disks. Durch das Laserauftragschweißen wird im Schadensfall der Austausch dieser hochwertigen Turbinenteile vermieden. Zu marktfähigen Preisen eröffnet sich dem Industriekunden ein ganz neues Geschäftsfeld im Bereich Maintenance, Repair and Overhaul.

Digital Photonic Production ist dort im Vorteil, wo es auf Individualität bei gleichzeitiger Massenfertigung, auf kurze Reaktionszeiten und ressourcenschonenden Umgang mit Werkstoffen ankommt.



3



4

Abtragende DPP-Verfahren

Abtragende DPP-Verfahren verbinden ebenfalls die virtuelle mit der realen Welt. Statt Material dort aufzutragen, wo es in den CAD-Daten vorgesehen ist, wird hier Material entfernt – präzise, schnell und ohne Formwerkzeug. Um höchsten Ansprüchen an die Genauigkeit zu genügen, treibt das Fraunhofer ILT insbesondere die Ultrakurzpuls-laser-Technologie (UKP) systematisch voran. Laserpulse im Nano- oder Femtosekundenbereich (10^{-9} bis 10^{-15} Sekunden) entfernen oder modifizieren das Grundmaterial hochpräzise an der Oberfläche des Werkstücks. Der wesentliche Vorteil dieser Technologie liegt in der »kalten Bearbeitung«. Anders als bei Verfahren mit kontinuierlicher Strahlführung heizt sich der Werkstoff um die Bearbeitungsstelle nicht auf. Thermische Effekte und Beschädigungen können somit weitestgehend vermieden werden. Mit den abtragenden UKP-Verfahren ist es möglich, Werkstücke aus nahezu allen Materialien wie Kunststoff, oder Hartmetall aber auch aus Glas und sogar aus Keramik zu bearbeiten. Wie bei den generativen Verfahren lassen sich die Strukturen 1:1 aus den CAD-Daten übertragen. Lichtdurchlässige Materialien wie Glas oder Kunststoff können darüber hinaus auch im

Inneren (In-Volume) mit dem Laser bearbeitet werden. 3D-Strukturen und Markierungen unterhalb der Oberfläche sind in einem Arbeitsgang realisierbar.

Mit der UKP-Technologie eröffnen sich für die Kunden neue Horizonte in der Oberflächenbehandlung, der Innenstrukturierung oder dem Präzisionsbohren. Das Fraunhofer ILT bietet ganzheitliche Lösungen an, die von der Planung über Entwicklung und Produktion bis hin zum Testbetrieb neuer Systeme und Prototypanlagen reichen.

- 1 Bauteilentnahme nach dem SLM-Prozess.
- 2 Laserauftragschweißen von Testschaufeln auf einem BLISK-Demonstrator für den Flugzeugturbinenbau.
- 3 Schneiden von Glas mit UKP-Technologie.
- 4 Homogene Ausleuchtung von Flächen: Die Kunststoffbauteile streuen das einfallende Licht über Mikrolinsen, die durch Abformung von UKP-strukturierten Werkzeugen hergestellt werden.



FRAUNHOFER ILT – PARTNER DER INNOVATOREN

Das Fraunhofer ILT ist mit über 370 Mitarbeitern und über 11.000 m² Nutzfläche eines der bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstitute in den Bereichen Laserentwicklung und Laseranwendung.

In mehr als 25 Jahren Praxiserfahrung hat sich das Fraunhofer ILT weltweit anerkannte Kompetenz im Bereich der produktionsrelevanten Lasertechnologie erarbeitet. Rund 400 Patente in 25 Jahren sind das Resultat der Kreativität und Innovationskraft eines hoch spezialisierten und motivierten Teams von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern.

Jedes Jahr verwirklicht das Institut mehrere hundert Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Auftrag innovativer Unternehmen. Die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001 stellt dabei die Einhaltung anerkannter Qualitätsstandards sicher. Darüber hinaus koordiniert das Fraunhofer ILT zahlreiche nationale und internationale Verbundprojekte mit Signalwirkung für zahlreiche Branchen der Industrie.

Das Institut entwickelt flexible lasertechnische Lösungen für die produzierende Industrie, insbesondere für herausfordernde Aufgabenstellungen. Zahlreiche zufriedene Kunden bestätigen die Qualität der Ergebnisse und die hervorragende Zusammenarbeit.

Durch seine enge Vernetzung sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Umfeld hat das Institut bei Bedarf Zugriff auf Kooperationspartner im In- und Ausland. Die Einbindung in die Fraunhofer-Gesellschaft mit mehr als 80 Forschungseinrichtungen bundesweit sichert einen hohen Qualitätsstandard in der Durchführung der Projekte, einschließlich aller vertraglichen und schutzrechtlichen Fragestellungen.

Kurze Entscheidungswege versetzen das motivierte und dynamische Team in die Lage, flexibel und schnell auf die Anforderungen der Kunden einzugehen.

RWTH Aachen Campus

Die Region Aachen besitzt eine Dichte an Forschungseinrichtungen wie sie nur selten in Europa anzutreffen ist. An der Spitze steht die Exzellenz-Universität RWTH Aachen. Das Fraunhofer ILT arbeitet mit mehreren RWTH-Lehrstühlen und Forschungsgebieten langfristig zusammen und ist eng in den Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« eingebunden.

Mit dem RWTH Aachen Campus entsteht derzeit auf 250.000 Quadratmetern in unmittelbarer Nachbarschaft zum Fraunhofer ILT eine der größten Forschungslandschaften in Europa für Industrie-Wissenschaftskooperationen. Eines der vorgesehenen 19 Forschungscluster auf dem RWTH Aachen Campus ist ganz dem Thema »Digital Photonic Production« gewidmet und wird von Professor Reinhart Poprawe, Leiter des Fraunhofer ILT, koordiniert. Hier können sich Unternehmen in eigenen Büro-, Seminar- und Laborräumen niederlassen und eine neue Qualität der Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen und Forschungsinstituten wie dem Fraunhofer ILT verwirklichen.



2

Die technische und wissenschaftliche Ausstattung des Fraunhofer ILT setzt internationale Maßstäbe. So verfügt das Fraunhofer ILT über einen der größten industrierelevanten Laserparks in Europa. Hier stehen kommerziell verfügbare Systeme ebenso zur Nutzung bereit wie hoch spezialisierte Systeme aus eigener Entwicklung für eine Vielzahl von Anwendungen. Neben den etablierten trennenden und fügenden Laserverfahren hat das Fraunhofer ILT im Bereich der Digital Photonic Production Zugriff auf verschiedene Laseranlagen für generative und abtragende Verfahren. Hier bietet es seinen Kunden ganzheitliche Lösungen, die die neuesten FuE-Erkenntnisse enthalten.

Maßgeschneiderte Zusammenarbeit

So individuell wie der Bedarf der Kunden ist, so individuell und flexibel gestaltet das Fraunhofer ILT auch die Zusammenarbeit.

- Kurzfristige Kooperationen: Für fest eingegrenzte Aufgaben bieten sich bilaterale, firmenspezifische FuE-Projekte an.
- Mittelfristige Kooperationen: Auf eher grundlegende Fragestellungen der Vorlauftforschung sind Verbundprojekte ausgerichtet. Mehrere Unternehmen haben die Möglichkeit, gemeinsam mit dem Fraunhofer ILT oder den kooperierenden Lehrstühlen der RWTH Aachen ein für die Branche relevantes Thema zu bearbeiten. Im Bedarfsfall können Fördermittel der nationalen Ministerien oder der EU-Kommission in Anspruch genommen werden.

- Langfristige Kooperationen: Hierzu bietet das Fraunhofer ILT seinen Industriepartnern eigene Büro- und Laborräume im Gebäude des Fraunhofer ILT an. Dieses Spin-in Modell ist seit 1985 erprobt und wird von engen Partnern des Fraunhofer ILT intensiv genutzt. Mit dem RWTH Aachen Campus kommt die neue Möglichkeit hinzu, sich im Cluster »Digital Photonic Production« mit Tochtergesellschaften oder FuE-Einheiten in direkter Nachbarschaft zum Fraunhofer ILT niederzulassen.

Die Wirtschaftspartner profitieren in vielfältiger Weise von der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ILT:

- Zugriff auf die personellen und infrastrukturellen Ressourcen des Fraunhofer ILT und der RWTH Aachen.
- Zugang zum Netzwerk und allen Leistungen der gesamten Fraunhofer-Gesellschaft.
- Kurze Wege bei Forschung und Entwicklung durch die räumliche Nähe.
- Entscheidender Vorsprung bei der Gewinnung hochqualifizierter Nachwuchskräfte.

1 *Digital Photonic Production - der schnelle und effiziente Weg zu individualisierten Bauteilen.*

2 *RWTH Aachen Campus - Ansiedlungsoptionen für innovative Unternehmen in direkter Nachbarschaft zum Fraunhofer ILT und zur RWTH Aachen.*

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Bildnachweise

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen/
Volker Lannert (Titel, S. 4, S. 5 links)
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
(S. 2, S. 3, S. 5 rechts)
DAAD/ Volker Lannert (S. 6)
rha reicher haase + assoziierte, Aachen (S. 7)