



Petra Fastermann

3D-Drucken

Wie die
generative
Fertigungstechnik
funktioniert

 Springer

Technik im Fokus

Weitere Bände zur Reihe finden Sie unter
<http://www.springer.com/series/8887>

Petra Fastermann

3D-Drucken

Wie die generative Fertigungstechnik
funktioniert

2., aktualisierte Auflage

 Springer Vieweg

Petra Fastermann
Fasterpoly GmbH
Krefeld, Deutschland

„Konzeption der Energie-Bände in der Reihe Technik im Fokus: Prof. Dr.-Ing. Viktor Wesselak, Institut für Regenerative Energiesysteme, Hochschule Nordhausen“

ISSN 2194-0770

Technik im Fokus

ISBN 978-3-662-49865-1

DOI 10.1007/978-3-662-49866-8

ISSN 2194-0789 (electronic)

ISBN 978-3-662-49866-8 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Einbandabbildung: InfObjekte, Johannes Tsopanides

Fotonachweis Umschlag: SHAPES iN PLAY, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Germany

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort zur 2. Auflage

In der letzten Zeit hat sich das 3D-Drucken so sehr weiterverbreitet, dass die Technologie zunehmend zum Mainstream geworden ist. Zwischen der vorliegenden und der ersten Auflage des Buches liegen drei Jahre, in denen sich der 3D-Druck in den Verfahren, der Anwendung und der Software in allen Bereichen stark weiterentwickelt hat.

Inzwischen wird sogar der 3D-Druck mit Elektronik für die Massentauglichkeit denkbar. Das 3D-Drucken mit Metall ist in der Industrie längst selbstverständlich geworden und wird von einigen Dienstleistern auch für Privatanwender angeboten. Zudem werden mehr und mehr Verfahren entwickelt, die das 3D-Drucken beschleunigen und schon heute eine Serienfertigung von Teilen ermöglichen.

In der Medizintechnik wird das 3D-Drucken von Organen in greifbare Nähe gerückt. Auch der 3D-Druck von so genannten „smarten“ Textilien ist ein Trend. Durch 3D-Druck wird speziell auf den Träger zugeschnittene Kleidung möglich, die individualisierte zusätzliche Funktionen bieten kann – so zum Beispiel die Messung von Körperfunktionen. Die ersten individuellen Laufschuhe aus dem 3D-Drucker werden bereits angeboten, und dieser Trend wird sich fortsetzen. Für den Arbeitsschutz ebenso wie für das Militär wird 3D-Druck bei der Ausrüstung immer interessanter. Mittlerweile ist es möglich, mit mehreren Farben und mehreren Kunststoffen gleichzeitig zu drucken. Das Drucken mit verschiedenen Kunststoffmaterialien erlaubt unterschiedliche Härtegrade: von weich wie Gummi bis hart wie Keramik.

Bald wird es noch mehr Maschinen geben, die als Multifunktionsgeräte arbeiten können. Das bedeutet, dass diese Maschinen nicht nur 3D-drucken, sondern gleichzeitig auch Laserschneiden und CNC-Fräsen

oder dass sie das Scannen und Drucken in einem einzigen Gerät – dem 3D-Kopierer – vereinen.

Dieses Buch ist in seiner zweiten Auflage komplett aktualisiert worden und geht auf die neuen Entwicklungen ein. Zudem wurde es um einen besonders wichtigen Themenbereich erweitert: den 3D-Druck in der Bildung, der am Beispiel von Datensculpturen dargestellt wird.

Mein Dank geht wiederum an Frau Kollmar-Thoni und Frau Hestermann-Beyerle vom Springer-Verlag für die gute Zusammenarbeit.

Krefeld-Uerdingen, im Herbst 2016

Petra Fastermann

Vorwort

Dieses Buch soll jedem, der schon einmal von 3D-Druck gehört hat, kurz und knapp eine Einführung in diese auch Privatpersonen immer zugänglichere Zukunftstechnologie geben. Es hat vor allem das Ziel, die Leserinnen und Leser dazu anzuregen, sich weiter mit 3D-Druck zu beschäftigen. Vorkenntnisse werden zum Verständnis nicht benötigt. Es reicht aus, wenn Sie sich für das Thema interessieren. Das Buch bietet umfassende Erklärungen der Technologie. Gleichzeitig soll es Denkanstöße und Ideen vermitteln.

Die Lektüre versetzt Sie in den Stand, die Grundlagen der Technik zu verstehen und – im Idealfall – 3D-Druck selbst praktisch anzuwenden. Als Privatperson sollen Sie sich dazu ermutigt fühlen, meinen Vorschlägen zu folgen und selbst eine kostenlose Software auszuprobieren oder möglicherweise sogar in einem FabLab einen 3D-Drucker zu nutzen. Schließlich gibt es auch noch Ratschläge dazu, wie Sie am besten vorgehen, wenn Sie einen 3D-Drucker erwerben möchten.

Was bedeutet 3D-Druck für den Einzelnen? Welche gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungen – zum Beispiel in der Medizintechnik oder der Industrie – wird es durch diese Zukunftstechnologie geben? Diese Fragen möchte ich mit dem Buch beantworten. Zusätzlich soll es ein kompaktes Grundlagenwerk sein, das auch Tipps und Hinweise auf weiterführende Werke und Möglichkeiten gibt, die Sie sich über das Ihnen mit dem Buch vermittelte Basiswissen hinaus selbst erschließen können.

Dieses kleine Werk ist eine komprimierte Zusammenfassung eines sehr komplexen Themas: Anders als bei vielen nur auf Technik konzentrierten Büchern werden darin auch die gesellschaftlichen Einflüsse

des 3D-Drucks sowie Trends und Zukunftsperspektiven behandelt. Ich versuche, mit einem aktuellen Bezug einen Gesamtzusammenhang herzustellen.

Mein besonderer Dank gilt Edward von Flottwell, der mich mit seinem Rat und seiner konstruktiven Kritik bei diesem Buch unterstützt hat.

Vielen Dank an den Springer-Verlag, insbesondere an Frau Hestermann-Beyerle und Frau Kollmar-Thoni, für die außerordentlich gute Zusammenarbeit.

Krefeld-Uerdingen, im Herbst 2013

Petra Fastermann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: 3D-Druck als neue industrielle Revolution?	1
1.1	Eine revolutionäre Technologie – oder nicht?	1
1.2	Was verbessert werden sollte	3
1.2.1	3D-Drucker für Privathaushalte sollten anwenderfreundlicher sein	3
1.2.2	Für die Industrie muss das 3D-Drucken schneller werden	3
1.3	Überwältigende Entwicklungen	5
	Literatur	6
2	Jeder kann Erfinder und Entwickler werden	7
2.1	Selbst Hersteller werden	7
3	Was ist 3D-Druck?	11
3.1	3D-Druck – was man als Anwender wissen muss	12
3.2	Eine Datei auf Druckbarkeit prüfen	15
3.3	Der 3D-Druckvorgang, erklärt am Beispiel des PolyJet-Verfahrens	17
3.3.1	Das 3D-Drucken	17
3.3.2	Stütz- oder Support-Material wird erforderlich	19
4	Rapid Prototyping oder 3D-Druck?	23
4.1	Es gibt Unterschiede	23
	Literatur	25

5	Welche 3D-Druck-Technologien gibt es und welche Technologie eignet sich wofür?	27
5.1	Die Technologien des 3D-Drucks im Überblick	27
5.1.1	3D-Drucken mit Pulver (3DP)	28
5.1.2	Selektives Lasersintern (SLS)	30
5.1.3	Selective Heat Sintering (SHS)	31
5.1.4	Selektives Laserschmelzen (SLM, Selective Laser Melting)	32
5.1.5	Elektronenstrahlschmelzen (EBM – Electron Beam Melting)	33
5.1.6	Fused Deposition Modeling (FDM, Schmelzschichtung)/ Fused Filament Fabrication (FFF)	33
5.1.7	Continuous Liquid Interface Production (CLIP)	35
5.1.8	Multi-Jet Modeling (MJM)	36
5.1.9	Stereolithografie (STL oder auch SLA)	37
5.1.10	Scan-LED-Verfahren (SLT) als Weiterentwicklung der klassischen Stereolithografie	38
5.1.11	Film Transfer Imaging (FTI)	39
5.1.12	Digital Light Processing (DLP)	40
5.1.13	PolyJet	41
5.1.14	Laminated Object Modeling (LOM) oder Folienlaminier-3D-Druck	42
5.1.15	Selective Deposition Lamination (SDL)	43
5.1.16	Contour Crafting (CC)	44
	Literatur	47
6	3D-CAD-Zeichensoftware und Umgang mit 3D-Druck-Daten	49
6.1	Blender	49
6.2	OpenSCAD	50
6.3	SketchUp Make	50
6.4	Autodesk 123D (Apps)	50

6.5	Tinkercad	51
6.6	Leopoly	52
6.7	Shapesmith	52
6.8	ViaCAD	52
6.9	TurboCAD	53
6.10	Weitere Softwares	53
6.11	Softwares von 3D-Druck-Dienstleistern	53
	Literatur	54
7	Tauschplattformen: fertige Modelle bekommen oder seine eigenen feilbieten – ein paar Tipps dazu	55
7.1	Tauschplattformen im Internet	55
7.2	In seinem eigenen Shop etwas anbieten	56
7.3	Oder die 3D-gedruckten Objekte auf einer Tauschplattform vertreiben	56
7.4	Der Erfolg soll nicht ausbleiben	58
	Literatur	59
8	FabLabs – wie sich in offenen Werkstätten weitere Möglichkeiten erschließen	61
8.1	Demokratisierung der Produktion	61
8.2	Weltweit entstehen immer mehr FabLabs	63
	Literatur	63
9	Messen zu 3D-Druck und Maker Faires	65
9.1	EuroMold in München	65
9.2	Rapid.Tech in Erfurt	66
9.3	FabCon 3.D – ebenfalls in Erfurt	66
9.4	Inside 3D Printing	67
9.5	Maker Faire Hannover und MakeMunich	67
9.6	Show Additive Manufacturing	68
9.7	3D Printing Event – Niederlande	68
	Literatur	69

10	3D-Druck-Dienstleister oder eigener 3D-Drucker – was spricht wofür?	71
10.1	Ein klares „Ja“ zum eigenen 3D-Drucker?	71
10.2	Oder doch nur „Vielleicht“?	72
10.3	Einige gute Gründe dafür, einen 3D-Druck-Dienstleister zu beauftragen	72
10.4	Wenn Sie einen 3D-Drucker kaufen möchten: Nehmen Sie sich genug Zeit dafür!	73
11	Open-Source-3D-Drucker oder Profi-Maschine?	75
11.1	Open-Source-3D-Drucker – vom Anfang bis zur Gegenwart	76
11.1.1	Zur Entstehungsgeschichte der Open-Source-3D-Drucker	76
11.1.2	Was sollten Sie beim Kauf eines Open-Source-3D-Druckers beachten?	77
11.2	Oder eignet sich für Sie ein Closed-Source-3D-Drucker oder sogar eine Profi-3D-Druck-Anlage?	79
	Literatur	81
12	3D-Scannen wird immer einfacher	83
12.1	Wie funktioniert 3D-Scannen?	83
12.2	Einsatz von 3D-Scannern in allen Bereichen – nicht nur in der Industrie	85
12.3	3D-Scannen – immer einfacher	85
12.4	Sich selbst dreidimensional scannen lassen	87
12.5	Das Smartphone als 3D-Scanner?	89
12.6	3D-Scannen in der Kunst – zwei Beispiele	91
12.6.1	3D-Scanner als „Detektiv“: Rubens oder van Dyck?	91
12.6.2	Van-Gogh-Museum scannt Meisterwerke für Replikate	93
12.7	Bald alles mit nur einem Gerät? 3D-Scannen, 3D-Drucken, 3D-Kopieren und 3D-Faxen? Multifunktionsgeräte?	94
	Literatur	95

13	Produktpiraterie und Urheberrechte: die gegenwärtige Gesetzeslage	97
	13.1 Produktpiraterie	97
	13.2 Urheberrechte	98
	13.2.1 Die Frage des Urheberrechts wird im Bereich 3D-Druck zunehmend Bedeutung einnehmen	98
	13.2.2 Was lässt sich gegen Produktpiraterie unternehmen?	100
	Literatur	101
14	3D-Druck in der industriellen Anwendung	103
	14.1 Möbel	103
	14.2 Medizintechnik	106
	14.2.1 Implantate drucken	106
	14.2.2 Tissue Engineering als Grundlage für Bio-Printing	107
	14.2.3 Bio-Printing mit embryonalen Stammzellen oder den eigenen Körperzellen	108
	14.2.4 Künstliche Knochen aus Stammzellen herstellen	109
	14.3 Lehre und Forschung	111
	14.3.1 Daten-Skulpturen: Zahlen haptisch begreifbar machen	111
	14.3.2 Daten-Skulpturen werden künftig klüger	113
	14.3.3 Daten-Skulpturen für Lehre und Forschung	114
	Literatur	116
15	Nachhaltigkeit – 3D-Druck als umweltfreundliche Technologie?	117
	15.1 Recyclerter Plastikmüll als Bau-Material	118
	15.2 Ein langfristiges Ziel: Noch mehr biokompatible 3D-Druckmaterialien, idealerweise aus nachwachsenden Rohstoffen	120
	15.3 Weniger Materialausschuss bei der Produktion, geringeres Gewicht des 3D-gedruckten Objekts als bei herkömmlicher Herstellung: Beispiel Luftfahrt	122
	15.4 Die eigene Öko-Bilanz beim 3D-Drucken ermitteln	124

15.5	3D-gedrucktes Fleisch könnte Tiere und Ressourcen schonen	125
	Literatur	126
16	Chancen und Risiken der Technologie – Ausblick und Prognosen	129
16.1	Wie wird sich die 3D-Druck-Technologie weiterentwickeln?	129
16.2	Wird bald jeder Haushalt seinen eigenen 3D-Drucker haben?	130
16.3	3D-Druck – eine Technologie zum Nutzen oder zum Schaden der Menschheit?	131
16.4	3D-Druck: Auf jeden Fall ein Wachstumsmarkt	132
16.5	Was werden die nächsten großen Meilensteine im 3D-Druck sein?	132
	16.5.1 Das 3D-Drucken zusammen mit Elektronik	132
	16.5.2 Mit Metall drucken	133
	16.5.3 Auf dem Mond drucken	135
	Literatur	140
	Kurzbiografie	141
	Weiterführende Literatur/Internetlinks	143
	Sachverzeichnis	145