

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
Danksagung .....	VII
Über die Autoren .....	IX
<b>1 Grundlagen der 3D-Druck-Technologie .....</b>	<b>1</b>
1.1 Grundbegriffe und Definitionen .....	2
1.1.1 Additive Fertigungsverfahren .....	2
1.1.2 Prinzip der Schichtbauverfahren .....	3
1.2 Anwendungsebenen .....	6
1.2.1 Direkte Prozesse .....	8
1.2.1.1 Rapid Prototyping .....	8
1.2.1.2 Rapid Manufacturing .....	12
1.2.1.3 Rapid Tooling .....	14
1.2.2 Indirekte Prozesse .....	19
1.2.2.1 Indirect Prototyping .....	19
1.2.2.2 Indirect Tooling .....	22
1.2.2.3 Indirect Manufacturing .....	25
1.3 Maschinenklassen für die additive Fertigung .....	27
1.3.1 Generische Bezeichnung für AM-Maschinen .....	28
1.3.2 Maschinenklassen und Bauteileigenschaften .....	30
1.4 Schlussfolgerungen .....	31
1.5 Fragen .....	32
<b>2 Additive Fertigungsverfahren/3D-Drucken .....</b>	<b>35</b>
2.1 Direkte additive Verfahren .....	35
2.1.1 Polymerisation .....	38
2.1.1.1 Laser-Stereolithographie (LS) .....	39
2.1.1.2 Polymerdruckverfahren und Thermojet-Drucken (Polymerjetting) .....	42

2.1.1.3	Digital Light Processing/Lampen-Masken-Verfahren . . . . .	44
2.1.1.4	Mikro-Stereolithographie . . . . .	45
2.1.2	Sintern und Schmelzen . . . . .	45
2.1.2.1	Lasersintern/Selektives Lasersintern (LS – SLS). . . . .	46
2.1.2.2	Laserschmelzen/Selektives Laserschmelzen (SLM) . . . . .	49
2.1.2.3	Elektronenstrahl-Schmelzen . . . . .	51
2.1.3	Extrusion/Fused Layer Modeling . . . . .	51
2.1.4	Pulver-Binder-Verfahren . . . . .	55
2.1.4.1	3D Printer – 3D Systems/Z-Corporation . . . . .	55
2.1.4.2	Metall und Formsand Printer – ExOne . . . . .	58
2.1.4.3	3D-Drucksystem – Voxeljet . . . . .	59
2.1.5	Layer Laminate Manufacturing (LLM) . . . . .	60
2.1.5.1	Laminated Object Manufacturing (LOM) . . . . .	60
2.1.5.2	Selective Deposition Lamination (SDL) . . . . .	62
2.1.5.3	LLM Maschinen für Metallteile . . . . .	63
2.1.6	Hybridverfahren . . . . .	64
2.1.6.1	Metallpulverauftragsverfahren (MPA) . . . . .	64
2.1.6.2	Direct Metal Deposition (DMD) . . . . .	65
2.1.6.3	Extrudieren und Fräsen – Big Area Additive Manufacturing (BAAM) . . . . .	66
2.1.7	Weitere Verfahren . . . . .	67
2.1.7.1	Aerosolprinting . . . . .	67
2.1.7.2	Biplotter . . . . .	69
2.2	Indirekte Verfahren – Folgeprozesse . . . . .	69
2.3	Schlussfolgerung . . . . .	71
2.4	Fragen . . . . .	71
<b>3</b>	<b>Die additive Prozesskette und Maschinen für die Fertigung . . . . .</b>	<b>75</b>
3.1	Datenfluss und Prozessketten . . . . .	75
3.1.1	Allgemeine AM-Prozesskette . . . . .	75
3.1.1.1	Prozesskette Rapid Prototyping . . . . .	77
3.1.1.2	Prozesskette Rapid Manufacturing . . . . .	79
3.1.2	Datenstrukturen und Fehlerbehebung . . . . .	80
3.2	Maschinen für die additive Fertigung . . . . .	84
3.2.1	Personal Printer . . . . .	85
3.2.1.1	Fabber – Do-it-yourself . . . . .	86
3.2.1.2	Desktop Printer . . . . .	88
3.2.2	Professional Printer . . . . .	91
3.2.3	Production Printer . . . . .	92
3.2.4	Industrial Printer . . . . .	95
3.3	Schlussfolgerungen und Ausblick . . . . .	98

3.4	Fragen.....	98
<b>4</b>	<b>Anwendungen der additiven Fertigung .....</b>	<b>101</b>
4.1	Automobilindustrie und Zulieferer .....	102
4.1.1	Automobilkomponenten – Interieur .....	102
4.1.2	Automobilkomponenten – Exterieur.....	105
4.2	Luftfahrtindustrie .....	107
4.3	Konsumgüter .....	109
4.4	Spielzeugindustrie .....	114
4.5	Kunst und Kunstgeschichte .....	116
4.6	Formenbau (Rapid Tooling) .....	119
4.7	Medizintechnik .....	121
4.8	Architektur und Landschaftsgestaltung .....	126
4.9	Verschiedene Anwendungen .....	131
4.9.1	Mathematische Funktionen .....	131
4.9.2	3D-Dekorationsobjekte und Ornamente .....	132
4.9.3	Aerodynamische und Freiformobjekte .....	132
4.10	Schlussfolgerungen.....	134
4.11	Fragen.....	134
<b>5</b>	<b>Perspektiven und Strategien additiver Fertigung .....</b>	<b>139</b>
5.1	Potenziale additiver Herstellungsverfahren.....	139
5.1.1	Komplexe Geometrien.....	141
5.1.2	Integrierte Geometrie .....	143
5.1.3	Integrierte Funktionalität.....	145
5.1.4	Multi-Material-Bauteile und Gradientenmaterialien.....	151
5.2	Strategien additiver Herstellungsverfahren.....	155
5.2.1	Individualisierte Massenfertigung .....	156
5.2.1.1	Einzelstücke und Kleinserienproduktion .....	156
5.2.1.2	Individualisierung .....	157
5.2.1.3	Personalisierung .....	160
5.2.2	Persönliche Produktion .....	164
5.2.3	Verteilte individualisierte Produktion .....	166
5.3	Schlussfolgerungen.....	166
5.4	Fragen.....	167
<b>6</b>	<b>Materialien und Konstruktion .....</b>	<b>171</b>
6.1	Materialien.....	172
6.1.1	Anisotrope Eigenschaften.....	174
6.1.2	Isotrope Grundmaterialien.....	176
6.1.2.1	Kunststoffe .....	177

6.1.2.2	Metalle .....	181
6.1.2.3	Keramische Materialien .....	183
6.1.2.4	Kompositwerkstoffe.....	184
6.1.2.5	Weitere Materialien.....	185
6.1.2.5.1	Beton.....	185
6.1.2.5.2	Carbon .....	185
6.1.2.5.3	Lebensmittel.....	185
6.1.3	Individuell zugeschnittene (graded) Werkstoffe und Kompositwerkstoffe.....	186
6.2	Konstruktion .....	187
6.2.1	Toleranzen – Vom digitalen Entwurf zum Objekt .....	188
6.2.2	Designfreiheit .....	188
6.2.3	Relative Passgenauigkeit .....	189
6.2.4	Flexible Bauteile, Gelenke, Clips .....	190
6.2.5	Lage und Positionierung der Bauteile im Bauraum.....	191
6.2.6	Bohrungen (Löcher), Spalte, Stifte und Wände .....	192
6.3	Auswahlkriterien und Prozessorganisation.....	195
6.4	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	196
6.5	Fragen.....	197
7	<b>Glossar: Begriffe und Abkürzungen.....</b>	<b>199</b>
8	<b>Literatur .....</b>	<b>209</b>
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>213</b>