

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Danksagung	VII
Über die Autoren	IX
1 Grundlagen der 3D-Druck-Technologie	1
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
2 Additive Fertigungsverfahren/3D-Drucken	35
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	Bioplotter	69
2.2	Indirekte Verfahren – Folgeprozesse	69
2.3	Schlussfolgerung	71
2.4	Fragen	71
3	Die additive Prozesskette und Maschinen für die Fertigung	75
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
4	Anwendungen der additiven Fertigung.....	101
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
5	Perspektiven und Strategien additiver Fertigung.....	139
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
6	Materialien und Konstruktion.....	171
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	Glossar: Begriffe und Abkürzungen.....	199
8	Literatur	209
	Stichwortverzeichnis.....	213