

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Additive Fertigung – kurze Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Industrialisierung von AM</b>	<b>2</b>
2.1	Von den Prototypen zur industriellen Fertigung	5
	a) Funktionalität	6
	b) Werkstoffe	6
	c) Reproduzierbarkeit	6
	d) Prozess-Nachweis	6
	e) Kosten	7
	f) Durchgängige Prozesse	8
	g) Fertigungseinbindung	11
2.2	Daten-Formate	12
	a) STL	12
	b) VRML	13
	c) 3MF/AMF	13
	d) PLM-Formate	15
	e) Drucker-Hersteller	16
2.3	Produktentwicklung	17
	a) Funktionsgerecht konstruieren	17
	b) Restriktionen traditioneller Fertigung umgehen	17
	c) Funktionale Auslegung	18
	d) Bionisches Design	22
2.4	Topologie-Optimierung	27
	a) CAD-Programme	27
	b) FEM-Programme	29
	c) Konstruktionsoptimierung (Adaption)	30
	d) Validieren	31
2.5	Konstruktions-Check	31
	a) Wandstärken, Keile und Spaltmaße	31
	b) Inseln/Überhang	32
	c) Stütz-Strukturen	32
	d) Treppenstufeneffekt	33
	e) Hohlräume	34
	f) VDI-Richtlinien	34
	g) Konstruktions-Check vs. Fertigungs-Check	34

<b>3</b>	<b>Additive Fertigungsverfahren</b>	36
3.1	Übersicht	36
3.2	Basis-Metalle	39
	a) Pulverbett-Schmelzen (Powderbed Fusion)	41
	b) Pulverauftrag-Verfahren	45
	c) Draht-basierter Auftrag	48
	d) Flüssig-Metall-Auftrag	49
	e) Hybrid Machining	49
	f) Aufbau-Raten und Genauigkeit	53
3.3	Basis-Kunststoffe/Keramik	54
	a) Stereolithographie (Vat Photopolymerization)	54
	b) Material Extrusion	55
	c) Laser-Sintern (SLS)	59
	d) Binder Jetting	59
	e) Material Jetting	62
	f) Continuous Liquid Interface Production (CLIP)	63
	g) ARBURG Plastic Freeforming (APF)	63
<b>4</b>	<b>Herstellungsprozess</b>	64
4.1	Arbeitsvorbereitung (Pre-Processing)	64
	a) Printability Check	64
	b) Mehr-Achsen-Auftrag (Material Deposition)	64
	c) Ebenen-Auftrag (Pulverbett etc.)	67
	d) Serialisierung	77
	e) Fertigungssimulation	78
4.2	Fertigung (Processing)	80
	a) Pulver-Management	80
	b) Aufbau-Prozess	81
	c) Prozess-Ende	82
3.3	Nacharbeit (Post-Processing)	83
	a) Vorbereitung	83
	b) Wärmebehandlung	83
	c) Spanende Bearbeitung	84
	d) Oberflächen-Veredelung	85
	e) Kunststoff-Teile nachbearbeiten	85
	f) Qualitätssicherung	86
4.4	Hybrid Machining	89

<b>5</b>	<b>Werkstoffe</b> .....	91
5.1	Einleitung .....	91
5.2	Aktuelle Werkstoffe .....	92
	a) Photopolymere .....	94
	b) Filament-Werkstoffe .....	96
	c) Pulverförmige Werkstoffe .....	97
5.3	Serienquantifizierung der Werkstoffe .....	112
<b>6</b>	<b>Sinnvoller Einsatz/Anwendungsfälle</b> .....	114
6.1	Produkt – Neue oder verbesserte Funktionen .....	115
6.2	Prozess .....	117
	a) Schneller und „on demand“ .....	117
	b) Preiswerter .....	117
	c) Weniger Teile .....	117
	d) Halbzeuge .....	118
	e) Mass-Customization .....	122
	f) Reparatur .....	124
6.3	Lebensdauer .....	125
	a) Leichter .....	125
	b) Haltbarkeit .....	126
	c) Verbesserte Zykluszeiten .....	128
6.4	Nachhaltigkeit .....	130
<b>7</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b> .....	131
7.1	Grundsätzliches .....	131
7.2	Methode zur Ermittlung der Herstellkosten von laseradditiv gefertigten Bauteilen .....	131
	a) Modellgestützte Betrachtung einer Prozesskette .....	132
	b) Eingangsgrößen .....	133
7.3	Selektives Laserschmelzen (SLS, SLM) .....	141
	a) Pre-Processing .....	141
	b) Fertigung .....	142
	c) Nachbearbeitung von Rohbauteilen .....	150
7.4	Laser-Auftragschweißen (LMD) .....	151
	a) Pre-Processing .....	151
	b) Fertigung des Bauteils .....	152
	c) Nachbearbeitung von Rohbauteilen .....	155
7.5	Schlussbetrachtung .....	156

<b>8</b>	<b>Industriezweige</b> .....	157
8.1	Luft- und Raumfahrt .....	158
	a) Flugzeugbau .....	158
	b) Raumfahrt .....	163
8.2	Medizintechnik/Gesundheitswesen .....	163
	a) Einführung .....	163
	b) Anwendung am Körper .....	164
	c) Anwendung innerhalb des Körpers .....	168
	d) Weitere Anwendungen .....	172
8.3	Automobil-Industrie .....	173
	a) Ersatzteile on demand .....	174
	b) Betriebsmittel .....	174
	c) Leichtere Fahrzeuge .....	175
8.4	Maschinenbau .....	177
	a) Leichter bauen – schneller bewegen .....	177
	b) Funktional entwickeln .....	178
	c) Effektivere Fertigung .....	179
	d) Ersatzteile .....	180
8.5	Weitere Industriezweige .....	180
	a) Bauindustrie .....	180
	b) Schmuck .....	180
<b>9</b>	<b>Datensicherheit und Produktpiraterie</b> .....	181
9.1	Interne Sicherheit .....	184
9.2	Externe Sicherheit .....	185
9.3	Produktkennzeichnungen .....	187
9.4	Rechtliche Aspekte .....	193
	a) Gestaltung von Verträgen und Urheberrecht .....	193
	b) Patent-, Marken- und Designschutz .....	194
	c) Zertifizierung externer Partner .....	195
9.5	Sichere Prozesskette Additive Fertigung .....	195

<b>10</b>	<b>Trends in der Additiven Fertigung</b> .....	199
10.1	Technik .....	199
	a) Ausbildung .....	199
	b) Pre-Processing .....	200
	c) Fertigung/Processing .....	202
	d) Post-Processing .....	206
10.2	Business .....	208
	a) Wachstum .....	208
	b) Patente SLS/SLM laufen aus .....	211
	c) Übergang zu einem Standard-Fertigungsverfahren .....	211
10.3	Sicherheit .....	211
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	212
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	223