

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Überblick über die additiven Fertigungsverfahren	11
1.1 Prinzip der Additiven Fertigung	11
1.2 Fused Deposition Modelling	15
1.3 Lasersintern	18
1.4 Laserschmelzen	20
2 Integration additiver Fertigungsverfahren in die Produktion	27
2.1 Direkte Integration der Additiven Fertigung in die Prozesskette	27
2.2 Indirekte Integration der Additiven Fertigung in die Prozesskette	28
3 3D-Datenerzeugung für additive Fertigungsverfahren	33
3.1 Prozesskette der Datenvorbereitung	33
3.2 CAD & Tools	36
3.3 Dateiformate	38
3.3.1 STL	38
3.3.2 AMF	40
3.3.3 3MF	41
3.4 Topologieoptimierung	41
3.5 3D-Scannen und Reverse Engineering	45
3.5.1 Photogrammetrie	45
3.5.2 Laserscanner	46
3.5.3 Streifenlichtscanner	46
3.5.4 Reverse Engineering	48
4 Qualitätssicherung und Kontrolle additiv gefertigter Bauteile	49
4.1 Qualitätssicherung während des Fertigungsprozesses	49
4.1.1 Fused Deposition Modelling	49
4.1.2 Lasersintern	51
4.1.3 Laserschmelzen	52
4.2 Kontrolle der gefertigten Bauteile	54
4.2.1 Zerstörende Prüfung von Fertigungsbegleitproben	54
4.2.2 Zerstörungsfreie Prüfung von Bauteilen	55
5 Kostenstruktur der Additiven Fertigung	63
5.1 Einleitung	63
5.2 Kosten bei Eigenfertigung	66
5.3 Kosten bei Fremdbezug	67
5.4 Lebenszykluskosten	69
6 Anwendungsfelder Additiver Fertigung im OEM	71
6.1 Einleitung	71
6.2 Additive Fertigung als Wertschöpfungstreiber	72

6.3	Anwendungsfelder Additiver Fertigung entlang der Wertschöpfungskette	73
6.3.1	Prototyping und agile Produktentwicklung	75
6.3.2	Verbesserte Produkte durch Additive Fertigung	79
6.3.3	Inkrementelle Markteinführung	81
6.3.4	Kundenspezifische Produkte: Customization mittels Additiver Fertigung	84
6.3.5	Additiver Werkzeug- und Formenbau	89
6.3.6	Additiv hergestellte Fertigungsmittel	90
6.3.7	Flexiblere Auftragsabwicklung	92
6.3.8	Rückwärtsintegration durch Additive Fertigung	94
7	Auswahl von Bauteilen und Baugruppen für die Additive Fertigung	95
7.1	Gründe für die Additive Fertigung	95
7.2	Strategische Entscheidungen vor der Bauteilauswahl	96
7.3	Vorgehen für die Bauteilauswahl ohne Veränderung der Bauteilform	97
7.4	Vorgehen für die Bauteilauswahl mit Veränderung der Bauteilform	99
7.4.1	Funktionsintegration	100
7.4.2	Performancesteigerung	100
7.4.3	Leichtbau	101
7.4.4	Kleinserie / Individualisierung	102
7.5	Vorgehen bei Neukonstruktionen	102
7.6	Prozess zur Identifikation und Beurteilung von Bauteilen	103
8	Gestaltungsleitfaden für die Additive Fertigung	107
8.1	Aufbau und Struktur des Leitfadens	107
8.2	Verfahrensmerkmale der Additiven Fertigung	109
8.2.1	Schichtweiser Aufbau	109
8.2.2	Treppenstufeneffekt	109
8.2.3	Werkstoffe	111
8.2.4	Anisotropie	111
8.2.5	Eigenspannungen und Verzug	113
8.2.6	Supportstrukturen (Stützstrukturen / Hilfsgeometrien)	114
8.2.7	Restpulver	115
8.2.8	Mögliche Auflösung	116
8.3	Verfahrensspezifische Gestaltungsprinzipien	117
8.3.1	Funktionsorientierte Gestaltung	118
8.3.2	Funktionsintegration	122
8.3.3	Frühzeitiges Festlegen der Bauteilorientierung	124
8.3.4	Materialminimalismus	128
8.3.5	Vermeidung von Stützstrukturen	130
8.3.6	Vermeidung von Verzug	132
8.3.7	Integrierte Halbzeuge und Komponenten	135
8.3.8	Konstruktiver Toleranzausgleich	136
8.3.9	Pulverentfernung ermöglichen	137
8.3.10	Nachbearbeitung sicherstellen	139
8.4	Gestaltungsrichtwerte	141
8.4.1	Wanddicke	141
8.4.2	Freiwinkel	143

8.4.3 Spaltbreite	144
8.4.4 Kanaldurchmesser	145
8.4.5 Überhang	146
8.4.6 Materialkennwerte	147
8.5 Erweiterung des Gestaltungsleitfadens durch Unternehmen	148
9 Anwendungsbeispiele Additiver Fertigung aus der Industrie	153
9.1 Übergangsstück für einen hocheffizienten Wärmetauscher	153
9.2 Fördertöpfe für Automationstechnik	155
9.3 Transparente herausnehmbare Zahnspangen	158
9.4 Abgestimmte Streulichtblenden für modulare High-End-Kameras	161
9.5 Batteriekühlsystem für das Flugzeug Solar Impulse	164
9.6 Ionisierer zur Reinigung von Chip-Bonding-Substraten	166
9.7 Patientenspezifische Einweg-Schnittschablonen für chirurgische Eingriffe	168
9.8 Zahnräder für Tram-Rolldisplays	171
9.9 Automatisiertes Zuführsystem für spritzgussgefertigte Steckverbinder	174
9.10 Additiv gefertigte Einsätze für CFK-Composite-Rahmen einer Flugdrohne	177
9.11 Strukturkomponenten für das «Chairless Chair»-Exoskelett	179
10 Strategische Implementierung Additiver Fertigung beim OEM	183
10.1 Voraussetzungen für die Implementierung	183
10.2 Einbindung der Mitarbeiter bei der Implementierung von AM	186
10.3 Beschleunigung des Wissenstransfers durch ETM	188
10.3.1 Erster Teil des ETM: Expertise in der Bauteilauswahl	189
10.3.2 Zweiter Teil des ETM: Design-Expertise	191
Abkürzungen	193
Lebensläufe	195
Literaturverzeichnis	197
Quellenverzeichnis der Bilder	204
Stichwortverzeichnis	206