

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Der Herausgeber	VII
Das Autorenteam	VIII
1 Einführung in die aufbauenden Verfahren	1
1.1 Die Produktentstehung eines Handbremshebels	1
1.2 Umfeldbetrachtung	3
1.3 Wegweiser für das Buch	5
2 Rapid-Technologien als Fertigungsverfahren	9
2.1 Begriffsdefinitionen	9
2.2 Das Grund-Prinzip des schichtweisen Aufbaus	11
2.3 Vergleich von schichtweise aufbauenden Verfahren mit spanenden Technologien	12
2.3.1 Verfahrensablauf bei konventioneller Fertigungstechnologie	12
2.3.2 Vorteile beim generativen Fertigen des Schwungrades	13
2.4 Verfahrensablauf	14
2.4.1 3D-CAD-Modellierung	15
2.4.2 Triangulation	16
2.4.3 Slice-Prozess	16
2.4.4 Bauprozessvorbereitung	16
2.4.5 Bauprozess	17
2.5 Datenverarbeitung	19
2.5.1 Herausforderung	19
2.5.2 Grundlegende Softwarekomponenten	21
2.5.2.1 Jobvorbereitung	21
2.5.2.2 Prozesssteuerung	22
2.5.3 Standard-Dateiformate	23
2.5.4 Leistungsmerkmale	25
2.5.5 Marktübersicht	29
2.6 Einteilung der Rapid-Technologien	32
2.6.1 Grundlegende Verfahrensgruppen	32
2.6.2 Stereolithographie (SLA)	33
2.6.2.1 Geschichtliche Entwicklung	33
2.6.2.2 Funktionsweise	34
2.6.2.3 Wirkprinzip	36

2.6.2.4	Anwendungen	39
2.6.2.5	Anlagen und Hersteller	41
2.6.3	Selektives Sintern	47
2.6.3.1	Funktionsweise	47
2.6.3.2	Wirkprinzip	49
2.6.3.3	Anwendungen	53
2.6.3.4	Anlagen, Hersteller und Trends	54
2.6.3.5	Elektronenstrahlschmelzen	65
2.6.4	Extrusionsverfahren	70
2.6.4.1	Fused Deposition Modeling	70
2.6.4.2	Multi-Jet-Modeling	73
2.6.5	Schicht (Laminat)-Verfahren	76
2.6.6	3D-Printing (3DP)	78
2.6.7	Kombination von Verfahren	80
2.6.7.1	Layer Milling Process (LMP)	81
2.6.7.2	Solidscape Drop-on-Demand-Jet Technology (DODJET)	83
2.7	Rapid Tooling	85
2.7.1	Prozessketten beim Rapid Tooling	85
2.7.2	Gießverfahren als Folgetechnologie	89
2.7.2.1	Vakuumgießen	89
2.7.2.2	Gipsgießen	92
2.7.2.3	Sandgießen	93
2.7.2.4	Feingießen	95
2.7.2.5	Spin-Casting	99
2.7.2.6	Niederdruckspritzgießen	100
2.7.2.7	Niederdruckgießen	100
2.7.2.8	Schleudergießen	101
2.7.2.9	Druckgießen	102
2.7.2.10	Spritzgießen	104
2.7.3	Gegenüberstellung der vorgestellten Verfahren	105
2.8	Konstruieren für Rapid-Technologien	108
2.8.1	Konventionelle Gestaltungsrichtlinien	108
2.8.1.1	Restriktionen von urformenden Verfahren	108
2.8.1.2	Restriktionen von umformenden Verfahren	109
2.8.1.3	Restriktionen von spanenden Verfahren (Fräsbearbeitung)	109
2.8.2	Richtlinien und Restriktionen bei Rapid-Technologien	110
2.8.2.1	Allgemeine Restriktionen von generativen Fertigungsverfahren	111
2.8.2.2	Verfahrensspezifische Restriktionen	114
2.8.3	Neue Freiheiten durch Rapid-Technologien	115
2.8.3.1	Conformal Cooling	115
2.8.3.2	Umdenken in der Produktion	116

2.8.3.3	Gelenke aus einem Bauteil fertigen	116
2.8.3.4	Strömungsoptimierte Kanäle	117
2.8.3.5	Verbesserte Formschlussverbindungen	117
2.8.3.6	Farbige Modelle	118
2.9	Herstellernachweis	120
3	Wirtschaftlicher Einsatz	121
3.1	Marktbedürfnisse	121
3.2	Motivation für die Anwendung von Rapid-Technologien	123
3.3	Anwendung im Produktentstehungsprozess	126
3.3.1	Konzept-/Entwurfsphase - Rapid Prototyping	128
3.3.2	Detaillierung/Vorserie - Rapid Tooling	130
3.3.3	Markteinführung - Rapid Manufacturing	134
3.4	Abgrenzung zu konventionellen Verfahren hinsichtlich Wirtschaftlichkeit	138
3.4.1	Anwendungsbeispiel Schwungrad	138
3.4.1.1	Einzelfertigung eines Schwungrades	138
3.4.1.2	Mengeneffekt bei generativen Verfahren	141
3.4.2	Anwendungsbeispiel Formeinsatz	149
3.4.2.1	Einzelfertigung eines Formeinsatzes	149
3.4.2.2	Herstellung mehrerer Formeinsätze	155
3.4.3	Anwendungsbeispiel Kunststoffbauteil	164
3.4.3.1	Herstellung von Serienbauteilen durch schichtweise arbeitende Verfahren	164
3.4.3.2	Serienfertigung von Kunststoffbauteilen	165
3.5	Eigenfertigung oder Fremdbezug (Make or Buy)	172
3.5.1	Anlagenbetrieb im eigenen Unternehmen	172
3.5.1.1	Integrationsmöglichkeiten	173
3.5.1.2	Anlagenbeschaffung und -betrieb	176
3.5.1.2.1	Marktüberblick	176
3.5.1.2.2	Auswahlkriterien	179
3.5.1.2.3	Investitionskostenrechnung	183
3.5.1.2.4	Betriebskosten und Folgekosten	184
3.5.2	Zukauf von Bauteilen über Lohnfertiger	188
3.5.2.1	Ablauf einer Externvergabe	188
3.5.2.2	Wertschöpfungstiefe	194
3.5.2.2.1	Prozess-Know-how	195
3.5.2.2.2	Bauteilherstellung	196
3.5.2.2.3	Nacharbeit	196
3.5.2.2.4	Engineering	197
3.5.2.2.5	Systemlieferant	197

4	Rapid-Technologien – Quo Vadis?	199
4.1	Abriss der bisherigen Entwicklungen	199
4.2	Derzeitiger Stand	202
4.3	Zukünftige Entwicklungen	204
4.3.1	Verfahren im Entwicklungsstadium.....	204
4.3.1.1	Präzisionslaserstrahlsintern (PLS)	204
4.3.1.2	Foam Reaction Prototyping (FRP)	206
4.3.1.3	MELATO	207
4.3.1.4	EcoMold.....	208
4.3.1.5	Controlled Metal Buildup (CMB)	210
4.3.2	Kontinuierliche Weiterentwicklung	211
4.3.2.1	Verbesserung bestehender Prozesse und Anwendungen	212
4.3.2.2	Verfahrens- und Anlagenneuentwicklung	213
4.3.2.3	Entwicklung neuer Werkstoffe.....	214
4.3.3	Neue Anwendungsfelder	215
4.3.3.1	Tissue Engineering	215
4.3.3.2	Weitere medizinische Anwendungen.....	216
4.3.3.3	Herstellung kompletter Baugruppen	217
4.3.4	Arbeitsschutz.....	218
4.3.5	Steigerung des Bekanntheitsgrades.....	220
4.3.6	Normung.....	221
4.3.7	Auswirkungen auf die Fabrik von morgen – Änderung der Fertigungsorganisation.....	222
4.3.7.1	Werksumgebung	224
4.3.7.2	Mitarbeiter	225
4.3.7.3	Auftragsabwicklung.....	226
4.4	Visionen	227
4.5	Und so schließt sich der Kreis	228
5	Abbildungsverzeichnis	231
6	Literaturverzeichnis	239
7	Anhang	249
7.1	Abkürzungen.....	249
7.2	Checkliste für den Zukauf von Bauteilen	250
7.3	Checkliste für die Anlagenbeschaffung.....	252
8	Index	255