

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung.....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VII</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>XV</b>
<b>Formelzeichen.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>XXV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>XXIX</b>
<b>1    Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1    Nachhaltigkeit – der Megatrend .....	1
1.2    Generative Fertigungsverfahren – die Antwort.....	2
1.3    Zielsetzung und Aufbau .....	4
1.4    Abgrenzung.....	6
1.5    Literaturverzeichnis – Kapitel 1 .....	9
<b>2    Definition zentraler Begriffe.....</b>	<b>11</b>
2.1    Wirtschaftlichkeit .....	11
2.2    Leichtbau- und Funktionspotentiale .....	12
2.3    Generative Fertigungsverfahren und mediale Begriffe .....	13
2.3.1    Rapid Prototyping.....	14
2.3.2    Rapid Manufacturing.....	15
2.4    Literaturverzeichnis – Kapitel 2 .....	15
<b>3    Stand der Wissenschaft und Technik .....</b>	<b>17</b>
3.1    Generative Fertigungsverfahren .....	17

3.1.1	Historische Entwicklung .....	17
3.1.2	Verfahrensgrundlagen .....	19
3.1.3	Erzeugen der Schichtinformationen .....	22
3.1.4	Generieren durch Aufschmelzen pulverförmiger Werkstoffe ...	23
3.1.5	Vor- und Nachteile generativer Fertigungsverfahren .....	33
3.1.6	Industrielle Anwendung generativer Fertigungsverfahren .....	35
3.2	Produktentstehungsprozess in der Luftfahrt .....	36
3.2.1	Überblick zum Produktentstehungsprozess .....	37
3.2.2	Produktplanung .....	38
3.2.3	Produktentwicklung .....	39
3.2.4	Strukturoptimierung .....	41
3.2.5	Konstruktionsmethoden .....	46
3.2.6	Qualifizierung .....	47
3.2.7	After-Sales und Ersatzteilversorgung .....	49
3.3	Fertigungsverfahren in der Luftfahrt .....	49
3.3.1	Spanende Fertigungsverfahren .....	50
3.3.2	Gussverfahren .....	53
3.3.3	Generative Verfahren in der Luftfahrt .....	57
3.4	Methoden zur Wirtschaftlichkeitsbewertung .....	60
3.4.1	Übergreifende Potentialbewertungen .....	61
3.4.2	Leichtbaupotential .....	64
3.4.3	Funktionspotentiale .....	68
3.4.4	Kosten- und Zeitabschätzung .....	69
3.5	Literaturverzeichnis – Kapitel 3 .....	73

## **4 Methodik der Potentialbewertung ..... 85**

4.1	Methodenstruktur .....	85
4.2	Verfahrensauswahl .....	87
4.3	Bauteilauswahl .....	90
4.4	Leichtbau .....	92
4.4.1	Konzept und Überblick .....	92
4.4.2	Dichteskalierung .....	95
4.4.3	Design- und Non-Design-Bereiche des Bauteils .....	98
4.4.4	Auslastungsfaktor .....	100
4.4.5	Benchmark: Auslastungsfaktor .....	105
4.4.6	Minimalgewicht .....	112
4.4.7	Benchmark: Minimalgewicht des Bauraums .....	114
4.4.8	Durchführung der Gewichtsabschätzung .....	120

4.4.9	Anwendungsspektrum der Kennzahlen .....	121
4.4.10	Restriktionen der Methode .....	122
4.4.11	Übertragbarkeit auf Hydraulikkomponenten .....	123
4.4.12	Zusammenfassung .....	129
4.5	Funktion .....	130
4.5.1	Struktur der Funktionspotentiale .....	130
4.5.2	Funktionskatalog .....	134
4.5.3	Bewertung der Funktionen .....	135
4.6	Kosten und Zeit .....	136
4.6.1	Produktentstehungsprozess .....	136
4.6.2	Entwicklungsaufwand .....	137
4.6.3	Qualifizierung .....	139
4.6.4	Prozessketten der Fertigungsverfahren .....	140
4.6.5	Struktur der Kosten- und Zeitabschätzung .....	142
4.6.6	Kosten- und Zeitmodell für SLM-Verfahren .....	145
4.6.7	Kosten- und Zeitmodell für CNC-Fräsen .....	154
4.6.8	Kosten- und Zeitmodell für Feingießen .....	160
4.7	Gesamtsystem zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	166
4.7.1	Finanzielle Bewertung der Leichtbaupotentiale .....	166
4.7.2	Finanzielle Bewertung der Funktionspotentiale .....	169
4.7.3	Sekundäreffekte im Gesamtsystem .....	169
4.7.4	Gesamtbewertung .....	170
4.8	Zeitliche Entwicklung der Wirtschaftlichkeit .....	171
4.8.1	Variablen in der Wirtschaftlichkeitsbewertung .....	171
4.8.2	Künftige Entwicklung der Technologie und Rahmenbedingungen .....	172
4.9	Literaturverzeichnis – Kapitel 4 .....	176

## **5 Validierung und Ergebnisse der Potentialbewertung ..... 181**

5.1	Leichtbaupotential .....	181
5.1.1	Betrachtete Bauteile .....	181
5.1.2	Vorgehensweise der Validierung .....	182
5.1.3	Finite-Elemente-Analyse .....	183
5.1.4	Topologieoptimierung der Bauteile .....	184
5.1.5	Ergebnisse des Leichtbaupotentials .....	186
5.1.6	Diskussion und Bewertung .....	189
5.2	Funktionspotential .....	190
5.2.1	Stand des Funktionskatalogs .....	190

5.2.2	Beschreibung identifizierter Funktionspotentiale .....	191
5.3	Kosten und Zeit .....	194
5.3.1	Betrachtete Bauteile .....	194
5.3.2	Validierungsgrößen .....	194
5.3.3	Generierzeiten des SLM-Verfahrens .....	195
5.3.4	CNC-Fräszeiten .....	196
5.3.5	Kosten im Feinguss .....	198
5.3.6	Ergebnisse .....	199
5.4	Gesamtwirtschaftlichkeitsbewertung .....	203
5.5	Perspektivische Änderung der Wirtschaftlichkeitsaussage .....	204
5.6	Literaturverzeichnis – Kapitel 5 .....	206
<b>6</b>	<b>Anwendungsbeispiele .....</b>	<b>209</b>
6.1	CCRC-Bracket .....	209
6.1.1	Bauteilbeschreibung und Randbedingungen .....	209
6.1.2	Leichtbaupotential .....	210
6.1.3	Kosten und Zeit .....	212
6.1.4	Wirtschaftlichkeit im Gesamtsystem .....	213
6.2	FCRC-Bracket .....	214
6.2.1	Bauteilbeschreibung und Randbedingungen .....	214
6.2.2	Leichtbaupotential .....	215
6.2.3	Kosten und Zeit .....	216
6.2.4	Wirtschaftlichkeit im Gesamtsystem .....	218
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>219</b>
7.1	Zusammenfassung .....	219
7.1.1	Leichtbaupotential generativer Fertigungsverfahren .....	219
7.1.2	Funktionspotentiale generativer Fertigungsverfahren .....	221
7.1.3	Kosten/Zeit generativer und konventioneller Fertigungsverfahren .....	222
7.1.4	Gesamtwirtschaftlichkeit .....	223
7.2	Generative Fertigungsverfahren in der Zukunft .....	224
7.3	Literaturverzeichnis – Kapitel 7 .....	224
<b>A</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>225</b>
A.1	Ergebnisübersicht der Leichtbaubewertung .....	227

---

A.2	Funktionskatalog .....	239
A.3	Ergebnisübersicht der Kosten- und Zeitabschätzung .....	243
A.4	Ergebnisübersicht der Gesamtwirtschaftlichkeit .....	247

Potentialbewertung generativer Fertigungsverfahren  
für Leichtbauteile

Schmidt, T.

2016, XXIX, 247 S. 91 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-52995-9