

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>xvii</b>
<b>Formelzeichen</b>	<b>xix</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	2
1.3 Forschungskonzeption .....	3
1.4 Aufbau dieser Arbeit .....	4
<b>2 Grundlagen des Betrachtungs- und Gestaltungsbereichs</b>	<b>7</b>
2.1 Additive Fertigungstechnologien .....	7
2.1.1 Klassifizierung und Eigenschaften additiver Fertigungsverfahren .....	7
2.1.2 Fertigungsprozesskette des Laser-Strahlschmelzens .....	9
2.1.3 Einsatzgebiete additiver Fertigungsverfahren .....	19
2.1.4 Geschäftsmodelle der additiven Fertigung .....	20
2.1.5 Produktivitätspotenziale der Prozesskette additiver Fertigungsverfahren .....	24
2.2 Fabrikplanung .....	31
2.2.1 Ziele der Fabrikplanung .....	32
2.2.2 Planungsprozess .....	32
2.2.3 Entscheidende Rolle der Strukturplanung im Rahmen der Fabrikplanung .....	38
2.2.4 Planungsbereiche der Fabrikplanung .....	39
2.2.5 Alternativenbildung in der Fabrikplanung .....	43
2.3 Produktionsprogramme .....	45
2.3.1 Strukturdeterminanten von Produktionsprogrammen .....	46
2.3.2 Struktur (Merkmale und Ausprägungen) .....	48
2.3.3 Strukturtypologie .....	51
2.3.4 Erhebung im Unternehmenskontext .....	53
2.3.5 Rolle bei der Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	54
2.4 Simulationsbasierte Ansätze im Rahmen der Fabrikplanung .....	54
2.4.1 Simulationsbasierte Ansätze in der Planung und Optimierung von Fabriken .....	54
2.4.2 Vorgehensmodell zur Erstellung von Simulationsstudien .....	57
2.4.3 Konzepte für die Dimensionierung von Produktionssystemen .....	60

<b>3</b>	<b>Definition des Forschungsbedarfs</b>	<b>63</b>
3.1	Marktseitige Bedeutung .....	63
3.1.1	Gesamtentwicklung additiver Produktionskapazitäten .....	63
3.1.2	Bedeutung entlang der Wertschöpfungskette .....	64
3.2	Forschungsbedarf .....	65
3.2.1	Unzulänglichkeit bestehender Methoden und Anforderungen an eine Methode für die Gestaltung von Fabrikstrukturen für additive Fertigungsverfahren .....	65
3.2.2	Fehlende ganzheitliche Bewertung von Produktivitätspotenzialen .....	67
3.3	Ableitung des Forschungsbedarfs und Berücksichtigung in dieser Arbeit .....	67
<b>4</b>	<b>Modell zur Bewertung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung</b>	<b>69</b>
4.1	Aufgabendefinition .....	69
4.2	Beobachtungen am Realsystem .....	69
4.3	Systemanalyse .....	70
4.3.1	Systemdefinition .....	70
4.3.2	Aufbaustruktur des Systems .....	76
4.3.3	Ablaufstruktur des Systems .....	84
4.4	Datenbeschaffung und -aufbereitung .....	95
4.4.1	Finanzwirtschaftliche Information .....	95
4.4.2	Zeitwirtschaftliche Information .....	98
4.4.3	Wertschöpfungstiefendefinition .....	108
4.5	Modellformalisierung und Implementierung .....	109
4.6	Verifikation und Validierung .....	109
4.6.1	Verwendete Verifikations- und Validierungstechniken im Rahmen der Simulationsstudie .....	110
4.6.2	Validierung der Simulationsergebnisse .....	111
4.6.3	Fazit zur Verifikation und Validierung .....	115
<b>5</b>	<b>Methode zur Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung</b>	<b>117</b>
5.1	Konzeption der Methode zur Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	117
5.2	Detaillierung der Methode zur Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	118
5.2.1	Anforderungsermittlung .....	118
5.2.2	Strukturvariantenbildung .....	122
5.2.3	Variantenauswahl .....	127
5.3	Anschlussfragestellungen .....	129
5.3.1	Anforderungen an die sekundäre Fabrikstruktur .....	129
5.3.2	Gestaltung des Fabriklayouts .....	130
5.4	Anwendung der Methode zur Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	132
5.4.1	Anwendungskontext .....	132
5.4.2	Anforderungsermittlung .....	134
5.4.3	Strukturvariantenbildung .....	138

5.4.4	Variantenauswahl.....	141
<b>6</b>	<b>Produktivitätspotenziale der Prozesskette additiver Fertigungsverfahren</b>	<b>149</b>
6.1	Analyse der Produktivitätspotenziale.....	149
6.1.1	Sensitivitätsanalyse der additiven Prozesskette .....	150
6.1.2	Beurteilung ausgewählter Produktivitätspotenziale .....	152
6.2	Potenziale additiver Ersatzteilerfertigung in der Luftfahrtindustrie.....	156
<b>7</b>	<b>Anwendung und praktische Validierung</b>	<b>167</b>
7.1	Anwendung der Methode zur Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	167
7.1.1	Projektplan für die Anwendung im Rahmen einer Fabrikplanung .....	167
7.1.2	Fallbeispiel: Layoutplanung (Deutsche Bahn).....	169
7.2	Anwendung für die Ermittlung von Produktivitätspotenzialen für die Prozesskette der additiven Fertigung am Fallbeispiel einer Szenarioanalyse.....	171
<b>8</b>	<b>Schlussbetrachtungen</b>	<b>173</b>
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	173
8.2	Ausblick für Praxis und Forschung .....	174
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>177</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Auswirkungen additiver Fertigungsverfahren auf die Wertschöpfungskette</b>	<b>193</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>197</b>
B.1	Ermittlung der Regressionskoeffizienten für den Prozessschritt Baujob fertigen.....	197
B.2	Überprüfung der herangezogenen Rüstzeiten auf Normalverteilung .....	199
B.3	Verwendete zeitwirtschaftliche Informationen .....	199
B.4	Checkliste zur fallspezifischen Modellanpassung.....	204
B.5	Unterstützende Daten.....	205
B.6	Einfluss von Nachbearbeitungssequenz und Auftragslosgröße .....	205
B.7	Variationskoeffizient der Durchlaufzeit.....	206
B.8	Transkript durchgeführter Interviews .....	207
B.8.1	Einsatz von Computertomographie zur Qualitätssicherung in der Prozesskette der additiven Fertigung .....	207
B.8.2	Einsatz von Drahterodiermaschinen in der Prozesskette der additiven Fertigung .....	207
B.8.3	Beobachtungen der betrieblichen Praxis am LZN Laser Zentrum Nord und dem iLAS Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik .....	208
B.8.4	Maschinen in der Teilefertigung .....	208
B.8.5	Fabrikstrukturen für die additive Fertigung .....	209