

Inhaltsübersicht

Outline

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation und Motivation.....	1
1.2	Zielsetzung.....	3
1.3	Aufbau der Arbeit.....	4
2	Grundlagen des Betrachtungsbereichs.....	7
2.1	Definition in dieser Arbeit genutzter Begriffe.....	7
2.2	Kategorisierung additiver Fertigungstechnologien	11
2.3	Einsatzzweck additiver Fertigungstechnologien.....	11
2.4	Pulverbettbasierte additive Fertigungstechnologien.....	15
2.5	Fertigungstechnologien zur Weiterbearbeitung	23
2.6	Planung von Fertigungsmiteinsatz und -prozessketten	28
2.7	Leistungsfähigkeitsvergleich additiver und subtraktiver Technologien	34
2.8	Zwischenfazit und Handlungsbedarf aus der Praxis.....	36
3	Analyse und Bewertung bestehender Ansätze	37
3.1	Methodologie zur Bewertung bestehender Forschungsansätze	37
3.2	Bewertungssystematik der Anforderungen an die Methodik.....	38
3.3	Vorstellung bestehender Ansätze	42
3.4	Zwischenfazit	54
3.5	Bewertung bestehender Ansätze	54
3.6	Handlungsbedarf aus der Theorie	56
3.7	Konkretisierung zu Forschungsfragen.....	57
4	Konzeption der Integrationsmethodik	59
4.1	Angewendete Systemtechnik und Modellierung	59
4.2	Ordnungsrahmen der Integrationsmethodik	60
4.3	Konzeption der Analysephase zur Aufnahme des Status quo	62
4.4	Konzeption der Gestaltungsphase integrierter Fertigungsprozessketten	69
4.5	Konzeption der Umsetzungsphase zur Prozesskettenauswahl	73
4.6	Zwischenfazit	74
5	Ausgestaltung der Integrationsmethodik	77
5.1	Ausgestaltung der Initiierung zur Anwendung der Integrationsmethodik.....	78
5.2	Ausgestaltung der Situationsanalyse.....	84
5.3	Ausgestaltung der Prozesskettengenerierung	98
5.4	Ausgestaltung der Prozesskettensimulation.....	114
5.5	Ausgestaltung der Prozesskettenselektion	118
5.6	Zwischenfazit	124
6	Validierung und kritische Reflexion der Methodik.....	127
6.1	Prototypische Softwareumsetzung	127
6.2	Vorgehensweise zur Validierung der Methodik.....	128
6.3	Fallbeispiel 1: Aeronamic B.V.	129
6.4	Fallbeispiel 2: Scheuermann + Heilig GmbH.....	132

6.5	Fallbeispiel 3: LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG	137
6.6	Kritische Reflexion	142
7	Schlussbetrachtung	145
7.1	Zusammenfassung	145
7.2	Ausblick und Verwertung	146
	Literaturverzeichnis	149
	Anhang	173
A.1	Pulverbettbasierte additive Fertigung mit EB-PBF und BJ	173
A.2	Werkstück-Substratplattenverbindung	175
A.3	Best-Practice-Umfrage unter AM-Dienstleistungsunternehmen	176
A.4	Studie »Weiterbearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen«	178
A.5	Ausprägungen Bewertungskriterien für bestehende Ansätze	180
A.6	Projekt »Benchmarking of post-processing methods«	184
A.7	Aufspannoptionen und Spannprinzip	185
A.8	Erweitertes Beispiel zur Bauteilbeschreibung	186
A.9	Auswahl einer geeigneten Prozessmodellierungssprache	188
A.10	Aspektverhältnisse unterschiedlicher Bearbeitungselemente	190
A.11	Eigenschaftstransformationen Fertigungsverfahren	191
A.12	Struktur Prozesskettensimulation	192
A.13	Fertigungszeitermittlung	195
A.14	Berechnungen Prozessketten-Ähnlichkeits-Performance-Matrix	196

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Motivation	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Aufbau der Arbeit	4
2	Grundlagen des Betrachtungsbereichs	7
2.1	Definition in dieser Arbeit genutzter Begriffe	7
2.2	Kategorisierung additiver Fertigungstechnologien	11
2.3	Einsatzzweck additiver Fertigungstechnologien	11
2.3.1	Werkstoffe zur additiven Fertigung	13
2.3.2	Additive Fertigungstechnologien und Verfahrensausprägungen	13
2.4	Pulverbettbasierte additive Fertigungstechnologien	15
2.4.1	Grundlagen pulverbettbasierter additiver Fertigung	15
2.4.2	Alleinstellungsmerkmale pulverbettbasierter additiver Fertigung	19
2.4.3	Spezifische Nachbehandlung	21
2.5	Fertigungstechnologien zur Weiterbearbeitung	23
2.5.1	Kategorisierung subtraktiver Fertigungstechnologien	24
2.5.2	Spanende und abtragende Fertigungstechnologien	25
2.6	Planung von Fertigungsmiteinsatz und -prozessketten	28
2.6.1	Ansätze zur Planung von Fertigungsmiteinsatz und Fertigungsprozessketten	29
2.6.2	Horizontale Prozesskette bei der additiven Fertigung	31
2.7	Leistungsfähigkeitsvergleich additiver und subtraktiver Technologien	34
2.8	Zwischenfazit und Handlungsbedarf aus der Praxis	36
3	Analyse und Bewertung bestehender Ansätze	37
3.1	Methodologie zur Bewertung bestehender Forschungsansätze	37
3.2	Bewertungssystematik der Anforderungen an die Methodik	38
3.2.1	Bewertung der Bauteilanforderungsbeschreibung	38
3.2.2	Bewertung der Fertigungsmittelaufnahme und Technologieleistungsfähigkeitsbeurteilung	39
3.2.3	Bewertung der Prozesskettengenerierung und -planung	41
3.3	Vorstellung bestehender Ansätze	42
3.3.1	Ansätze zur Bauteilanforderungsbeschreibung	43
3.3.2	Ansätze zur Fertigungsmittelaufnahme und Technologieleistungsfähigkeitsbeurteilung	44
3.3.3	Ansätze zur Prozesskettengenerierung und -planung	46
3.4	Zwischenfazit	54
3.5	Bewertung bestehender Ansätze	54
3.6	Handlungsbedarf aus der Theorie	56
3.7	Konkretisierung zu Forschungsfragen	57
4	Konzeption der Integrationsmethodik	59
4.1	Angewendete Systemtechnik und Modellierung	59
4.2	Ordnungsrahmen der Integrationsmethodik	60
4.3	Konzeption der Analysephase zur Aufnahme des Status quo	62

4.3.1	Befragung zur Weiterbearbeitung von additiv gefertigten Werkstücken	63
4.3.2	Initiierung zur Anwendung der Integrationsmethodik	64
4.3.3	Situationsanalyse der Integrationsmethodik	65
4.4	Konzeption der Gestaltungsphase integrierter Fertigungsprozessketten	69
4.4.1	Prozesskettengenerierung	70
4.4.2	Prozesskettensimulation	72
4.5	Konzeption der Umsetzungsphase zur Prozesskettenauswahl	73
4.5.1	Prozesskettenselektion	73
4.6	Zwischenfazit	74
5	Ausgestaltung der Integrationsmethodik	77
5.1	Ausgestaltung der Initiierung zur Anwendung der Integrationsmethodik	78
5.1.1	Schaffung des Methodikverständnisses	78
5.1.2	Definition der LB-PBF-Technologie	79
5.2	Ausgestaltung der Situationsanalyse	84
5.2.1	Aufnahme der Fertigungsstruktur	84
5.2.2	Definition der Bauteilbeschreibung	90
5.2.3	Aufnahme der bestehenden Prozesskette(n)	95
5.3	Ausgestaltung der Prozesskettengenerierung	98
5.3.1	Erzeugung der Prozesskettenelemente	100
5.3.2	Gestaltung von Technologieketten	108
5.4	Ausgestaltung der Prozesskettensimulation	114
5.4.1	Erzeugung der Werkstück-Repräsentanz	114
5.4.2	Erstellung von Fertigungsfolgen	115
5.5	Ausgestaltung der Prozesskettenselektion	118
5.5.1	Kennzahlensystem zur Selektion von Fertigungsfolgen	118
5.5.2	Selektion der finalen Fertigungsfolge	121
5.6	Zwischenfazit	124
6	Validierung und kritische Reflexion der Methodik	127
6.1	Prototypische Softwareumsetzung	127
6.2	Vorgehensweise zur Validierung der Methodik	128
6.3	Fallbeispiel 1: Aeronamic B.V.	129
6.3.1	Ausgangssituation und Anwendung der Analysephase	129
6.3.2	Fazit der Methodikanwendung bei der Aeronamic B.V.	132
6.4	Fallbeispiel 2: Scheuermann + Heilig GmbH	132
6.4.1	Ausgangssituation und Anwendung der Analysephase	132
6.4.2	Anwendung der Gestaltungs- und Umsetzungsphase	134
6.4.3	Fazit der Methodikanwendung bei der Scheuermann + Heilig GmbH	137
6.5	Fallbeispiel 3: LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG	137
6.5.1	Ausgangssituation und Anwendung der Analysephase	137
6.5.2	Anwendung der Gestaltungs- und Umsetzungsphase	139
6.5.3	Fazit der Methodikanwendung bei der LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG	142
6.6	Kritische Reflexion	142
7	Schlussbetrachtung	145
7.1	Zusammenfassung	145

7.2 Ausblick und Verwertung	146
Literaturverzeichnis	149
Anhang.....	173
A.1 Pulverbettbasierte additive Fertigung mit EB-PBF und BJ	173
A.2 Werkstück-Substratplattenverbindung	175
A.3 Best-Practice-Umfrage unter AM-Dienstleistungsunternehmen.....	176
A.4 Studie »Weiterbearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen«	178
A.5 Ergänzende bestehende Ansätze	180
A.6 Projekt »Benchmarking of post-processing methods«.....	184
A.7 Aufspannoptionen und Spannprinzipie	185
A.8 Erweitertes Beispiel zur Bauteilbeschreibung	186
A.9 Auswahl einer geeigneten Prozessmodellierungssprache	188
A.10 Aspektverhältnisse unterschiedlicher Bearbeitungselemente	190
A.11 Eigenschaftstransformationen Fertigungsverfahren	191
A.12 Struktur Prozesskettensimulation.....	192
A.13 Fertigungszeitermittlung	195
A.14 Berechnungen Prozessketten-Ähnlichkeits-Performance-Matrix	196