

Inhaltsverzeichnis

Integration spezifischer Effekte in Strukturbauteilen mittels additiver Fertigungsverfahren	1
Roland Lachmayer, Behrend Bode, Tobias Grabe und Katharina Rettschlag	
1 Einleitung	2
2 Stand der Forschung	3
3 Anwendungsbeispiel: Stoff- und Wärmetransport	6
4 Anwendungsbeispiel: Lichtleitung und Manipulation	7
5 Ausblick	9
Literatur	9

Teil I Prozesskette und Geschäftsmodelle

Leitlinie zur Berücksichtigung Additiver Fertigungsverfahren in der Entwicklung	13
Beate Bender, Frederike Kossack, Young-Woo Song, Jan Sehrt, Britta Mehring und Jannis Kranz	
1 Einleitung	14
2 Stand der Forschung zum Design for AM	15
3 Design for AM im Produktentwicklungsprozess	15
3.1 Phasenübergreifende Design for AM Ansätze	16
3.2 Konzeptfindung für AM – frühe Entwicklungsphasen	17
3.3 Bauteilgestaltung für AM – späte Entwicklungsphasen	18
3.4 Fazit zum Stand der Forschung	19
4 Design for AM in der Produktentwicklung bei thyssenkrupp	20
4.1 Produktentwicklungsprozess bei thyssenkrupp	20
4.2 Design for AM in der frühen Phase: „Fragebogen Potential“	22
4.3 Design for AM in der späten Phase: „Fragebogen Gestalt“ und Gestaltungsrichtlinien	23

5	Allgemeine Vorgehensweise zur Berücksichtigung additiver Fertigungsverfahren in der Produktentwicklung in Unternehmen	24
6	Diskussion der Ergebnisse und Ausblick	26
	Literatur	27

Ein niedriglegierter Stahlwerkstoff für die Laseradditive Fertigung – Prozesskette und Eigenschaften 29

Matthias Höfemann, Hans Christian Schmale, Lucas Epperlein, Lena Heemann,
Farhad Mostaghimi, Bernd Schob, Hannes Zapf, Jochen Mahr, Christian Paul,
Lars Höfner und Jörg Fischer-Buehner

1	Ausgangssituation	31
2	Einleitung	31
3	Prozesskette	32
3.1	Legierungskonzept	32
3.2	Pulverherstellung	33
3.3	LAM Prozess	34
4	Eigenschaften	35
4.1	Mechanische Kennwerte	35
4.2	Probenherstellung für Fügetests	36
4.3	Untersuchungen zur Füge-Eignung	37
4.4	Zusammenfassung	39
	Literatur	40

Anwendungspotenziale von Additive Repair und Refurbishment für Service- orientierte Geschäftsmodelle 43

Jonas Brinker, Paul Christoph Gembarski, Simon Hagen und Oliver Thomas

1	Einleitung	44
2	Additive Repair & Refurbishment	45
3	After-Sales-Geschäft und Ersatzteilprozesse	47
4	Potenziale durch Additive Repair & Refurbishment	49
5	Fazit	52
	Literatur	53

Teil II Gestaltung und Optimierung

Konstruktion eines individuellen Knieimplantates für die Fertigung mittels EBM 57

Lydia Mika, Philipp Sembdner, Sebastian Heerwald, Christoph Hübner, Stefan
Holtzhausen und Ralph Stelzer

1	Einleitung	58
2	Stand in Wissenschaft und Technik	59

2.1	Das Kniegelenk.	59
2.2	Oberflächenprothese.	62
2.3	Fertigungsverfahren – Elektronenstrahlschmelzen (EBM)	62
3	Entwicklungsprozess.	63
3.1	Problematik.	63
3.2	Umsetzung Parametrisches Modell.	66
3.3	Test des Modells.	69
4	Zusammenfassung und Ausblick.	70
	Literatur.	71

Ermittlung und Optimierung der Durchlaufzeit-Anteile der AM-Prozesskette unter Berücksichtigung AM-gerechter Konstruktionsmerkmale 73

Lisa J. Sawatzki, Reiner Sackermann, Sören C. Scherf und Armin Lohrengel

1	Einleitung.	74
2	Fertigungsschritte und deren Anforderungen an die Konstruktion.	75
2.1	Herstellungsschritte und Parameter der Bearbeitungszeiten.	76
2.2	Post-Prozess-Nachbearbeitung.	77
2.3	Nachbearbeitungsbedingte Anforderungen an die Konstruktion.	78
3	Quantifizierung des Nachbearbeitungsaufwandes.	80
3.1	Vorgehensweise zur prospektiven Abschätzung der Nacharbeit im Konstruktionsprozess.	81
3.2	Definition von Einflussgrößen.	83
3.3	Exemplarische Quantifizierung des Nacharbeitsaufwandes anhand eines Demonstratorbauteils.	84
4	Zusammenfassung und Ausblick.	89
	Literatur.	89

Lastangepasste Generierung von irregulären Gitterstrukturen auf Basis von Voronoi-Diagrammen 93

Stefan Holtzhausen, Michael Birke, Peter Koch, Rico Blei, Ralph Stelzer und
Maik Gude

1	Einleitung.	94
2	Lastabhängige Erzeugung von Voronoi-Gitterstrukturen.	96
2.1	Poisson-Disk-Sampling zur Saatkpunkterzeugung.	96
2.2	Voronoi-Diagramme.	96
2.3	Berechnung der Dichteverteilung.	97
2.4	Design und Erzeugung.	98
3	Anwendungsbeispiel.	100
4	Zusammenfassung und Ausblick.	101
	Literatur.	103

Funktions- & Gestaltoptimierung der Pedalerie eines Elektrofahrzeuges für SLM	105
Henrik Müller-Wilderink, Renan Siqueira, Bastian Lippert und Roland Lachmayer	
1 Einleitung	106
2 Stand der Technik	107
2.1 Funktionsintegration	107
2.2 Topologieoptimierung	109
3 Methode zur Funktionsintegration	110
4 Anwendung auf die Baugruppe Pedalerie	112
4.1 Aufbau der Pedalerie	112
4.2 Bauteilauswahl	113
4.3 Gestaltoptimierung des Demonstrators	115
5 Schlussbetrachtung	118
Literatur	118

Teil III Simulation, Validierung und Qualitätssicherung

Einsatz additiv gefertigter Partikeldämpfer – eine Übersicht	123
Tobias Ehlers und Roland Lachmayer	
1 Einleitung	124
2 Konventionelle Partikeldämpfer im industriellen Kontext	126
2.1 Motivation zum Einsatz von Partikeldämpfern	126
2.2 Designparameter des Partikeldämpfers	129
3 Laserstrahlgeschmolzene Partikeldämpfer	132
3.1 Herstellungsmöglichkeiten von Partikeldämpfern	132
3.2 Fertigungsrestriktionen	133
3.3 Stand der Forschung und Technik zu laserstrahlgeschmolzenen Partikeldämpfern	134
3.4 Abgeleiteter Handlungsbedarf	138
4 Zusammenfassung und Ausblick	139
Literatur	140

Strukturmechanische Simulation additiv im FFF-Verfahren gefertigter Bauteile	143
Harald Völkl, Johannes Mayer und Sandro Wartzack	
1 Steigende Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften additiv gefertigter Bauteile	144
2 Strukturmechanische Simulation von Bauteilen aus dem Fused Filament Fabrication (FFF)-Verfahren	146

2.1	Aufbau der Simulation	146
2.2	Verwendete Materialmodelle	146
2.3	Vernetzung und Mapping	148
2.4	Abbildung verschiedener Infill-Füllgrade	150
3	Simulation und Auswertung	150
3.1	Einführung des Demonstratorbauteils	150
3.2	Vergleich unterschiedlicher Infill-Muster	151
3.3	Vergleich unterschiedlicher Infill-Füllgrade	153
3.4	Effizientere Berechnung: Einfluss eines größeren Netzes auf die Ergebnisse	154
4	Zusammenfassung und Ausblick	155
	Literatur	156

Kühlkörper-Designansatz für einen in AlSi10Mg eingebetteten YAG-Laserkristall 159

Tobias Grabe, Jana Budde, Fabian Kranert, Andreas Wienke, Jörg Neumann,
Dietmar Kracht und Roland Lachmayer

1	Einleitung und Zielsetzung	160
2	Stand der Technik	161
2.1	Laserkühlsysteme	161
2.2	Wasserkühler für Lasersysteme	162
2.3	Nd:YAG-Laser	163
3	Thermische Effekte in Nd:YAG-Laserkristallen	164
4	Entwurf des Kühlkörpers	165
5	Thermomechanische Simulation	167
5.1	Modellansatz	167
5.2	Materialparameter	168
5.3	Wärmeerzeugungsrate im Lasermaterial	169
5.4	Randbedingungen	170
6	Vergleich der Kühlkörper	170
7	Der Einfluss des Wärmedurchgangskoeffizienten	172
8	Zusammenfassung und Ausblick	173
	Literatur	174

Bewertung der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit in der Additiven Fertigung 177

Tobias Ehlers, Johanna Wurst und Roland Lachmayer

1	Einleitung	178
2	Bewertungsansätze	179
2.1	Öko-Bilanzierung:	179
2.2	Top-Down-Modell:	180

2.3	MIPS/COPS	180
2.4	Wert- und Zielsystem nach Fauth [14]:	181
3	Nachhaltigkeit im Kontext der Additiven Fertigung	182
3.1	Effizienz – Ein Definitionsansatz	183
3.2	Ganzheitlicher Produktionsprozess der Additiven Fertigung	184
3.3	Prozessschritte der Additiven Fertigung	185
4	Aufbau einer Bewertungsmöglichkeit für die Additive Fertigung	186
4.1	Fokus der Bewertung	187
4.2	Struktur für die Additive Fertigung	187
4.3	Aufbau eines Bewertungsschemas: Ziel- und Wertsystem	190
5	Potenzialabschätzung nachhaltiger Organisationen	193
6	Zusammenfassung und Ausblick	196
	Literatur	196

Teil IV Spezifikationen, Potentiale und Lösungsfindung

Konstruktive Randbedingungen bei Anwendung des WAAM-Verfahrens	203
Christian Schmid	
1	Einleitung 204
2	Was ist WAAM – „Wire and Arc Additive Manufacturing“?. 204
2.1	Definition und Eigenschaften 204
3	WAAM – gerechtes Planen und Konstruieren 206
3.1	Herstellbarkeit – Schweißbarkeit 206
3.2	Schweißbeignung – Werkstoffauswahl. 208
3.3	Schweißmöglichkeit – Fertigung 210
3.4	Bauteilsicherheit – Konstruktion 215
4	Zusammenfassung und Ausblick 220
Literatur.	221

Identifikation von Zielkonflikten bei der Anwendung von Potenzialen	
additiver Fertigungsverfahren	223
Daniel Fuchs, Sebastian Kuschmitz, Kevin Kühlke und Thomas Vietor	
1 Einleitung	224
2 Design for Additive Manufacturing aus aktueller Sicht	225
3 Zielkonflikte bei der Kombination von AM-Potenzialen	227
3.1 Die Potenzialsystematik nach Kumke	227
3.2 Zielkonflikte in der Potenzialnutzung	228
3.3 Die Zielkonfliktmatrix	229
3.4 Wissensvermittlung mithilfe der erweiterten Potenzialsystematik	231
4 Konfliktentstehung zwischen AM-Potenzialanwendung und Funktionsgewährleistung	234
4.1 Funktionsgewährleistung bei gleichzeitiger Potenzialanwendung	235

4.2	Beispielanwendung: Kundenindividuelle Fahrzeugmittelkonsole	236
4.3	Vorgehen zur Überbrückung heterogener Anforderungskollektive	239
5	Diskussion	240
6	Schlussfolgerungen und Ausblick	242
	Literatur	242

Entwicklung von Laser-Systemkomponenten für das koaxiale Laser-Draht-Auftragschweißen von Metall- und Glaswerkstoffen		245
Marius Lammers, Jörg Hermsdorf, Stefan Kaierle und Henning Ahlers		

1	Einleitung	246
1.1	Stand der Technik des koaxialen Laser-Draht-Auftragschweißens von Metallwerkstoffen	246
1.2	Stand der Technik der additiven Verarbeitung von Glaswerkstoffen zur Erzeugung optischer Komponenten	247
1.3	Verortung	248
2	Koaxialer LZH-Schweißkopf der ersten Generation	249
2.1	Koaxialer Bearbeitungskopf für das Laser-Auftragschweißen von Metalldrähten mittels Festkörperlaser	249
2.2	Koaxialer Bearbeitungskopf für das Laser-Auftragschweißen von Quarzglasfasern mittels CO ₂ -Laser	250
3	Koaxialer LZH-Schweißkopf der zweiten Generation	253
3.1	Motivation und Anforderungsanalyse	253
3.2	Konstruktion der zweiten Generation der LZH-Bearbeitungsköpfe	254
4	Zusammenfassung	257
	Literatur	259

Verfahrensübersicht (in Anlehnung an VDI 3405)	261
---	------------

Sachwortverzeichnis	267
----------------------------------	------------

Stichwortverzeichnis	271
-----------------------------------	------------