
Inhaltsverzeichnis

Konstruktion für die Additive Fertigung – Methodik auf den Kopf gestellt?	1
Rene Bastian Lippert und Roland Lachmayer	
1 Planen	2
2 Konzipieren	3
2.1 Dünnwandigkeit im Sinne der Bionik	3
2.2 Kraftflussanpassung durch Strukturoptimierung	6
2.3 Strömungsoptimierung für integrierte Kanäle	7
3 Entwerfen	8
3.1 Tretkurbel mit inneren Strukturen	8
3.2 Topologieoptimierung eines Radträgers	11
3.3 Strömungsoptimierung eines pneumatischen Ventils	14
4 Ausarbeiten	16
5 Ausblick	18
Literatur	18

Teil I Spezifikationen, Potenziale und Lösungsfindung für die Additive Fertigung

Entwicklung von Laser-Systemkomponenten optimiert für die additive Fertigung mittels SLM	21
Marius Lammers, Laura Budde, Alexander Barroi, Jörg Hermsdorf und Stefan Kaierle	
1 Einleitung	22
1.1 Laser-Draht-Auftragschweißen mit konduktiver Drahtvorwärmung	22
1.2 Drahtzufuhr beim Laser-Draht-Auftragschweißen	23
1.3 Entwicklung eines coaxialen Laser-Draht-Auftragschweißkopfes	24
2 Konstruktion des Düsenhalters	26
2.1 Anforderungen an den Düsenhalter	26
2.2 Konzeption und Auswahl geeigneter Fertigungsverfahren	27
2.3 Fertigungsgerechte Konstruktion des Düsenhalters	28

3 Fertigung des Düsenhalters 30

3.1 Generative Fertigung des Düsenhalters mittels SLM. 30

3.2 Spanende Bearbeitung des Düsenhalters 31

3.3 Fertigung des Düsenhalters – manuelle Nacharbeit. 32

4 Zusammenfassung und Ausblick. 33

4.1 Zusammenfassung – Fertigung des Düsenhalters 33

4.2 Ausblick – Einsatz des koaxialen Schweißkopfes zur additiven
Fertigung. 33

Literatur. 35

**Analyse von Trends in der Implementierung der Additiven Fertigung anhand
aktueller industrieller Anwendungen 37**

Manuel Biedermann und Mirko Meboldt

1 Einleitung. 38

2 Anwendungsfelder für Additive Fertigungsverfahren 39

3 Darstellung ausgewählter Anwendungsbeispiele aus dem „Swiss Additive
Manufacturing Guide 2018“ 41

3.1 Individualisierte Skischuhe. 42

3.2 Schleifringrotor mit integrierten elektrischen Leitungen 43

3.3 Individualisierte Strömungsmesssonden 45

3.4 Weitere Anwendungsbeispiele 48

4 Analyse der Anwendungsbeispiele 49

4.1 Implementierung innovativer Serienbauteile mit erhöhter Komplexität 49

4.2 Kombination von additiven mit konventionellen Fertigungsverfahren 50

4.3 Verwendung durchgängiger Prozessketten als Kundenlösung 50

4.4 Automatisierte Designerstellung und Produktindividualisierung. 50

5 Diskussion der Analyse 51

6 Zusammenfassung 52

Literatur. 53

TRIZ als Schlüssel zu den Potentialen additiver Fertigungsverfahren 55

Fiona Schulte, Jan Würtenberger, Kay-Eric Steffan und Eckhard Kirchner

1 Einleitung. 56

2 Stand der Forschung 57

2.1 Potentiale der additiven Fertigung bei der Konstruktion 57

2.2 Realisierung von Potentialen der additiven Fertigung 62

2.3 Methodik TRIZ. 62

3 Ziel und Vorgehen 65

4 Entwicklung einer AM-approved TRIZ-Methodik 66

4.1 Beispiel additiver Fertigung 66

4.2 Potentialidentifikation. 66

4.3 Potentialzuordnung zu TRIZ-Prinzipien 67

4.4	Hervorheben von Widersprüchen	67
4.5	AM-approved TRIZ-Kartensatz	69
5	Demonstration der Anwendung der AM-approved TRIZ-Methodik	70
6	Fazit und Ausblick	73
	Literatur	74

Schnelle kostengerechte Bauteilgestaltung für die additive Fertigung 77

Peter Hartogh und Thomas Vietor

1	Einleitung	78
2	Zugrunde gelegte Forschung	79
2.1	Abstrahierung von CAD-Modellen	79
2.2	Abstrahierung additiver Fertigungsverfahren	81
3	Analyse der Berechnungsdauer	83
4	Anwendung der schnellen Vorhersage auf Baugruppen	85
5	Implementierung in Blender	86
6	Beispielhafte Anwendung der Vorhersagealgorithmen	88
7	Zusammenfassung und Ausblick	89
	Literatur	90

Bionik – Potenziale für die Konstruktion additiv gefertigter Bauteile 93

Helena Hashemi Farzaneh, Ferdinand Angele und Markus Zimmermann

1	Einleitung: Herausforderungen AM (Verzug)	94
2	Stand der Technik und Forschung	95
2.1	Entstehung Verzug	95
2.2	Aktuelle Lösungen zur Vermeidung von Verzug	95
3	Fallbeispiel: Mikrotiterplatte	96
4	Vorgehen zur Neu-Konstruktion mittels Bionik	97
4.1	Suche	98
4.2	Analyse/Vergleich	99
4.3	Abstraktion	101
4.4	Transfer	102
5	Ergebnisse und Zusammenfassung	103
6	Danksagung	104
	Literatur	104

Teil II Gestaltung und Optimierung für die Additive Fertigung

Bewertung von Strukturbauteilen aus gradierten Materialien für Selektives

Laserstrahlschmelzen 109

Tobias Ehlers, Rene Bastian Lippert und Roland Lachmayer

1	Einleitung	110
2	Konventioneller Einsatz von gradierten Materialien in industriellen Produkten	112
2.1	Anwendungsgebiete von gradierten Materialien	112
2.2	Fertigungsverfahren von gradierten Materialien	113

3	Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für Strukturbauteile aus gradierten Materialien	115
3.1	Vorbetrachtung	116
3.2	Abgleich von Anforderungs- und Eigenschaftsprofilen	119
3.3	Verträglichkeit der Materialkombination	122
3.4	Evaluation	123
4	Zusammenfassung und Ausblick	124
	Literatur	125

Erarbeitung von Gestaltungsrichtlinien für die Konstruktion additiv gefertigter Mechanismen

	Martin Hallmann, Benjamin Schleich und Sandro Wartack	129
1	Motivation	130
2	Stand der Technik und Forschung zur additiven Fertigung beweglicher Baugruppen	131
3	Ableitung von Gestaltungsrichtlinien für additiv gefertigte Drehgelenke.	133
3.1	Identifikation relevanter Geometrielemente	134
3.2	Identifikation relevanter Einflussgrößen.	134
3.3	Ermittlung der Mindestspalte zur Trennung nicht- und einfach-gekrümmter Elemente	136
3.4	Transfer der Ergebnisse	138
4	Übertragung der Gestaltungsrichtlinien auf eine additiv gefertigte, montagefreie Kurbelschwinge	139
5	Zusammenfassung und Ausblick	141
	Literatur	142

Erkenntnisgewinn in der Gestaltung mit Rapid Prototyping Ersatzsystemen durch Modellbildung und Parametertransformation

	Sven Matthiesen, Patric Grauberger und Emily Windisch	145
1	Einleitung.	146
2	Methoden im Umfeld des Erkenntnisgewinns in der Gestaltung	147
2.1	Umgang mit Modellen	148
2.2	Modellbildung der Zusammenhänge von Gestalt und Funktion	148
2.3	Transformation von Parametern	150
3	Entwicklung des methodischen Ansatzes zum Erkenntnisgewinn	151
4	Anwendung des methodischen Ansatzes an zwei Beispielsystemen.	152
4.1	Anwendung an einer Rasthakenverbindung	153
4.2	Anwendung am Beispiel Faden-Mähkopf	159
5	Diskussion	162
6	Zusammenfassung und Ausblick	163
	Literatur	163

Methodische Entwicklung einer modularen Lasersintermaschine zur Herstellung von bioresorbierbaren Implantatmatrizen 165

Clemens Kautz und Dietmar Göhlich

1 Einleitung und Zielsetzung 166

2 Grundlagen des Tissue Engineerings 166

 2.1 Prozesskette zur Herstellung eines Implantats mittels TE und AM 167

 2.2 Anforderungen an eine bioresorbierbare Implantatmatrix 167

 2.3 Werkstoffe für bioresorbierbare Implantatmatrizen 168

3 Stand der Technik und Wissenschaft 168

 3.1 Bauraumverkleinerte Lasersintermaschinen und Prüfstände 169

 3.2 Aufheizvorgang und Temperaturregelbereiche 170

 3.3 Laserenergieeintrag und Laserabschwächungssysteme 170

4 Forschungsansatz 170

5 Generelle Anforderungen an Lasersintermaschinen zur Herstellung von Implantatmatrizen 172

6 Methodische Entwicklung einer Lasersintermaschine 173

 6.1 Systemvorstudie 173

 6.2 Systementwicklung 175

 6.3 Systemherstellung 180

7 Materialspezifische Weiterentwicklung der Maschine am Beispiel des bioresorbierbaren Copolymers PLGA 180

 7.1 Mechanische Korngrößenreduktion des Ausgangsmaterials 182

 7.2 DSC-Messungen zur Bestimmung thermischer Eigenschaften 183

 7.3 FTIR-Spektroskopie zur Bestimmung optischer Eigenschaften 185

8 Zusammenfassung und Ausblick 186

9 Danksagung 187

Literatur 187

Teil III Simulation, Validierung und Qualitätssicherung für die Additive Fertigung

Materialcharakterisierung transparenter Kunststoffe für die Additive Fertigung 193

Katharina Rettschlag, Alexander Wolf und Roland Lachmayer

1 Einleitung 194

2 Spezifikation der Referenzbauteile 195

 2.1 Verwendete Additive Fertigungsverfahren 195

 2.2 Probengeometrie 195

3 Messaufbauten 196

4 Ergebnisse 198

 4.1 Streuung 198

 4.2 Gerichtete Transmission 199

4.3	Ungerichtete Transmission	201
4.4	Formtreue	203
4.5	Brechkraft und Doppelbrechung	203
5	Diskussion und Ausblick	204
6	Danksagung	206
	Literatur	207

Anwendung agiler Entwicklungsprinzipien für die Herstellung von

Ersatzteilen mit additiven Fertigungsverfahren	209
---	------------

Joaquin Montero, Alexander Atzberger, Tobias Sebastian Schmidt,
Matthias Bleckmann, Jens Holtmannspötter und Kristin Paetzold

1	Motivation	210
2	Stand der Technik	211
2.1	Additive Fertigungsverfahren im Überblick	211
2.2	Agile Entwicklung	213
3	Forschungsvorgehen anhand eines gewählten Fallbeispiels	215
4	AM Ersatzteilherstellungsprozess bisher (V1)	217
5	Optimierter AM Ersatzteilherstellungsprozess (V2)	218
6	Diskussion	222
7	Zusammenfassung und Ausblick	224
	Literatur	225

Automatische Supportoptimierung für die additive Fertigung	227
---	------------

John Schlasche

1	Einleitung	228
2	Stand der Technik	229
3	Ansatz und Implementierung	230
3.1	Workflow zur Generierung optimierter Supports in der Software Amphyon	230
3.2	Ansatz und Ergebnis der Optimierung	231
3.3	Übersicht über Optimierungsparameter	233
3.4	Erstellen der Supports	234
4	Netz und Netzunabhängigkeit – korrekte Optimierungsergebnisse auch auf groben Netzen	237
5	Experimentelle Ergebnisse	238
6	Zusammenfassung und Ausblick	241
	Literatur	241

Optimierung von Inserts in Sandwichstrukturen durch additive Fertigung	243
--	------------

Johann Schwenke, Tobias Hartwich und Dieter Krause

1	Einleitung	244
2	Stand der Wissenschaft und Technik	246
2.1	Sandwichstrukturen und Inserts	246
2.2	Additive Fertigung von Inserts und Sandwichstrukturen	247

3	Konzeptauswahl	249
3.1	Formänderung des Inserts	249
3.2	Lastpfadoptimierte Integration in den Kern	250
4	Fertigung der Proben und Versuchsdurchführung	250
4.1	Additive Fertigung	250
4.2	Herstellung der Sandwichproben	251
4.3	Durchführung des Pull-Out Test	252
5	Ergebnisse & Auswertung	253
5.1	Ergebnisse der Formänderung des Inserts	253
5.2	Ergebnisse der lastpfadoptimierten Integration in den Kern	255
6	Zusammenfassung & Ausblick	257
6.1	Zusammenfassung	257
6.2	Ausblick	257
	Literatur	258

Teil IV Prozesskette und Geschäftsmodelle für die Additive Fertigung

Verbesserung der Klebeignung von Polypropylen durch additiv gefertigte Oberflächenstrukturen und Multi-Material-Druck 263

Hagen Watschke, Hakon Gruhn, Vitali Fischer und Thomas Vietor

1	Einleitung	264
2	Grundlagen und Stand der Technik	265
2.1	Additive Fertigung und Fused Deposition Modeling	265
2.2	Adhäsion additiv gefertigter Bauteile	266
3	Versuchsaufbau	268
3.1	Identifikation konstruktiver Maßnahmen zur Fügestellengestaltung	268
3.2	Versuchsaufbau	269
4	Versuchsdurchführung und Diskussion	271
4.1	Experimentelle Untersuchungen zu den identifizierten konstruktiven Maßnahmen zur Fügestellengestaltung	271
4.2	Untersuchung additiv gefertigter Gitterstrukturen zur Verbesserung der Klebeignung	275
5	Zusammenfassung und Ausblick	279
	Literatur	280

Laseradditive Fertigung dünnwandiger Magnesiumbauteile. 283

Yvonne Wessargen, Christian Hoff, Jörg Hermsdorf und Dietmar Kracht

1	Einleitung und Motivation	284
2	Stand der Wissenschaft und Technik	285
2.1	Additive Fertigung mittels Laserstrahlschmelzverfahren	285
2.2	Laseradditive Verarbeitung von Magnesiumwerkstoffen	285
2.3	Einsatz von Stentstrukturen	286

3 Material und Methoden 287

3.1 Pulverwerkstoff WE43 287

3.2 Versuchstechnik 288

3.3 Versuchsdurchführung 288

4 Ergebnisdarstellung und Auswertung 289

4.1 Einfluss der Prozessparameter auf die Porenbildung 290

4.2 Einfluss der Prozessparameter auf die Probenanfertigungen 292

4.3 Einfluss des Energieeintrags auf die Strukturbreite 293

5 Zusammenfassung und Ausblick 295

6 Danksagung 296

Literatur 296

Formschlüssige multimaterielle Additive Fertigung zur Realisierung funktionsintegrierter Hybrid-Bauteile 299

Georg Leuteritz, Svenja Schudak, Markus Rohling und Roland Lachmayer

1 Einleitung. 300

2 Bestehende formschlüssige Verbindungsmethoden. 301

3 Selektion der Fertigungsverfahren und Materialien 303

4 Geometrie der multimateriellen Bauteile. 304

5 Ergebnisse 308

6 Diskussion 314

7 Fazit und Ausblick 316

Literatur 317

Design und Simulation einer planaren GRIN Linse zur Kopplung von Licht in einen Wellenleiter 319

Hossein Salmani Rezaei, Christian Zander, Gerrit Hohenhoff, Oliver Suttman, Stefan Kaierle und Ludger Overmeyer

1 Einleitung. 320

2 Lichteinkopplung. 321

3 GRIN-Linsen-Koppler. 322

3.1 Konventionelle GRIN-Linse. 322

3.2 Mehrschicht-GRIN-Linsen. 324

4 Simulation 326

4.1 Simulationsverfahren 326

4.2 Ergebnisse und Diskussion. 327

5 Machbarkeitsstudie 329

5.1 Potopolymere 329

5.2 Additive Fertigungsverfahren. 330

6 Zusammenfassung 332

Literatur 332

Inhaltsverzeichnis	XV
--------------------	----

Verfahrensübersicht (in Anlehnung an VDI 3405)	335
Glossar	341
Stichwortverzeichnis	345