

---

# Inhaltsverzeichnis

**Einleitung. .... 1**  
Rene Bastian Lippert und Roland Lachmayer

1 Additive Manufacturing Quantifiziert ..... 2

Literaturverzeichnis ..... 6

**Entwicklungstrends zum Einsatz des selektiven Laserstrahlschmelzens  
in Industrie und Biomedizintechnik ..... 7**  
Yvonne Wessarges, Matthias Gieseke, Ronny Hagemann, Stefan Kaierle  
und Ludger Overmeyer

1 Einleitung. .... 8

2 Selektives Laserstrahlschmelzen von Metallbauteilen. .... 9

2.1 Funktionsweise und Charakteristika ..... 9

2.2 Industriell etablierte Werkstoffe und Anwendungsbeispiele ..... 10

3 Selektives Laserstrahlschmelzen von Nickel-Titan-Legierungen ..... 13

3.1 Eigene Forschungsarbeiten zum Einsatz des SLM®-Verfahrens zur  
Verarbeitung von Nickel-Titan-Legierungen ..... 13

3.2 Forschungsergebnisse. .... 14

4 Selektives Laserstrahlschmelzen von Magnesium und  
Magnesiumlegierungen ..... 15

4.1 Eigene Forschungsarbeiten zur Verarbeitung von Magnesium  
und Magnesiumlegierungen im SLM®-Verfahren ..... 15

4.2 Forschungsergebnisse. .... 17

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK ..... 18

Literaturverzeichnis ..... 19

**Restriktionsgerechte Gestaltung innerer Strukturen für das Selektive  
Laserstrahlschmelzen. .... 23**  
Rene Bastian Lippert

1 Einleitung. .... 24

2 Gestaltungsprozess. .... 26

2.1	Gestaltungsziele von inneren Strukturen . . . . .	27
2.2	Vorgehensmodell zur restriktionsgerechten Gestaltung . . . . .	27
2.3	Relevante Gestaltungsrichtlinien für innere Strukturen . . . . .	29
3	Anwendungsbereiche innerer Strukturen . . . . .	31
4	Restriktionsgerechte Gestaltung eines Demonstratorbauteils . . . . .	34
4.1	Untersuchung des Ausgangsmodells . . . . .	34
4.2	Festlegung eines physikalischen Gestaltungsraums . . . . .	37
4.3	Potentialanalyse und Applikation . . . . .	38
4.4	Spannungsgerechte Detaillierung . . . . .	40
4.5	Fertigungsgerechte Detaillierung . . . . .	41
5	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	45
	Literaturverzeichnis . . . . .	46

### **Unterstützung des Entscheidungsprozesses in der Produktentwicklung additiv herzustellender Produkte mithilfe von Ähnlichkeitskennzahlen . . . . . 49**

Peter Hartogh und Thomas Vietor

1	Einleitung . . . . .	50
2	Stand der Technik . . . . .	51
2.1	Additive Fertigung . . . . .	52
2.2	Komplexität . . . . .	53
2.3	Ähnlichkeit und deren Kennzahlen . . . . .	54
2.4	Fraktale Geometrie . . . . .	54
3	Definition einer dimensionslosen geometrischen Ähnlichkeitskennzahl . . . . .	56
4	Modell zur Abstraktion geometrischer Volumenkörper . . . . .	60
4.1	Referenzmodell Volumenwürfel . . . . .	60
4.2	Das Menger-Schwamm-Modell . . . . .	60
5	Anwendung auf ein additives Fertigungsverfahren . . . . .	63
6	Validierung am Beispiel des Fused Layer Modeling . . . . .	64
7	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	65
7.1	Zusammenfassung . . . . .	66
7.2	Ausblick . . . . .	66
	Literaturverzeichnis . . . . .	67

### **Entwicklung individualisierter Produkte durch den Einsatz Additiver Fertigung . . . . . 69**

Johanna Spallek und Dieter Krause

1	Einleitung . . . . .	70
2	Produktvielfalt und individualisierte Produkte . . . . .	71
3	Potential der additiven Fertigung zur Produktindividualisierung . . . . .	72
3.1	Hintergrund des Individualisierungspotentials additiver Fertigung . . . . .	73
3.2	Aktuelle Anwendungen additiver Fertigung zur Individualisierung . . . . .	75

4	Produktentwicklung zur AM-ermöglichten Individualisierung . . . . .	76
4.1	Vorbereitungsgrad individualisierbarer Module. . . . .	76
4.2	Entwicklungsprozessstypen . . . . .	77
4.3	Anwendungsbeispiel: Individualisierte Blutgefäßmodelle . . . . .	78
5	Komplexitätsaspekte und Kundennutzen der Individualisierung. . . . .	80
6	Zusammenfassung . . . . .	82
	Literaturverzeichnis . . . . .	82

## **Die Hybride Mikro-Stereolithographie als Weiterentwicklung in der Polymerbasierten Additiven Fertigung. . . . . 85**

Arndt Hohnholz, Kotaro Obata, Claudia Unger, Jürgen Koch, Oliver Suttman  
und Ludger Overmeyer

1	Einleitung. . . . .	86
2	Additive Manufacturing mittels Mikro-Stereolithographie. . . . .	87
2.1	Prozesskette . . . . .	87
2.2	Aufbau einer Mikro-Stereolithographieanlage . . . . .	88
2.3	Materialien . . . . .	91
2.4	Charakterisierung der Anlage. . . . .	92
3	Die hybride Mikro-Stereolithographie. . . . .	92
3.1	Funktionsweise des Aerosol-Jets . . . . .	93
3.2	Beschichtungsergebnisse . . . . .	94
4	Anwendungsbeispiele . . . . .	96
4.1	Polymere Lichtwellenleiter . . . . .	96
4.2	Multimaterialdruck. . . . .	96
5	Zusammenfassung . . . . .	97
	Literaturverzeichnis . . . . .	98

## **3D-gedruckte quasioptische Bauelemente für den Terahertz-Frequenzbereich. . 101**

Marcel Weidenbach, Stefan F. Busch und Jan C. Balzer

1	Einleitung. . . . .	102
2	Das Ultimaker 3D-Druckverfahren . . . . .	103
3	Strahlformende Bauelemente. . . . .	105
3.1	Terahertz-Zeitbereichsspektrometer. . . . .	105
3.2	Materialcharakterisierung von TOPAS im THz-Frequenzbereich. . . . .	106
3.3	Linsen. . . . .	107
3.4	Gitter . . . . .	109
4	Strahlführende Bauelemente . . . . .	110
4.1	Design, Herstellung und Messaufbau . . . . .	110
4.2	Charakterisierung der Wellenleiter. . . . .	111
5	Zusammenfassung . . . . .	113
	Literaturverzeichnis . . . . .	114

### **3D Mikro- und Nano-Strukturierung mittels Zwei-Photonen-Polymerisation. .... 117**

Ayman El-Tamer, Ulf Hinze und Boris N. Chichkov

1	Einleitung. ....	118
2	Prinzip der Zwei-Photonen-Polymerisation. ....	119
2.1	2PP-Aufbau. ....	123
2.2	Aufbau von Strukturen. ....	126
3	Anwendungen. ....	127
3.1	Mikromechanische, Mikrofluidische und Mikrooptische Bauteile. ....	128
3.2	Biomedizinische Strukturen. ....	130
4	Zusammenfassung. ....	131
	Literaturverzeichnis. ....	132

### **Geschäftsmodellevolution im Technischen Kundendienst des Maschinen- und Anlagenbaus durch additive Fertigung – Ersatzteilbereitstellung als smart Service ..... 133**

Andreas Varwig, Friedemann Kammler und Oliver Thomas

1	Einleitung. ....	134
2	Serviceinnovationspotential im Maschinen- und Anlagenbau. ....	135
3	Digitale Lagerhaltung und smarte Ersatzteilbereitstellung. ....	137
4	Anforderungen durch den Maschinen- und Anlagenbau und Implikationen für den Einsatz von AM. ....	139
5	Zusammenfassung und Ausblick. ....	141
	Literaturverzeichnis. ....	142

### **Simulation von Selective Laser Melting Prozessen ..... 145**

Henning Wessels, Matthias Gieseke, Christian Weißenfels, Stefan Kaieler,  
Peter Wriggers und Ludger Overmeyer

1	Einleitung. ....	146
2	Physikalische Phänomene in SLM Verfahren. ....	147
2.1	Fehlstellenbildung. ....	148
2.2	Wärmeentwicklung. ....	149
2.3	Phasenübergang. ....	149
2.4	Verdampfungs-Rückprall. ....	150
2.5	Oberflächenspannung. ....	150
2.6	Plateau-Rayleigh Instabilität. ....	150
2.7	Verfestigung. ....	151
3	Thermomechanische Modellierung Von SLM Prozessen. ....	151
4	Simulationstools zur Beschreibung von SLM-Prozessen. ....	152
4.1	Wärmequellen. ....	152
4.2	University of California Berkeley. ....	154
4.3	Lawrence Livermore National Laboratory. ....	156
4.4	BCCMS Universität Bremen. ....	158
4.5	Northwestern University. ....	159
5	Zusammenfassung. ....	160
	Literaturverzeichnis. ....	161

**Additive Fertigung transparenter Optiken. . . . . 163**

Gerolf Kloppenburg, Marvin Knöchelmann und Alexander Wolf

1	Einleitung. . . . .	164
2	Fertigungsverfahren für transparente Bauteile. . . . .	165
2.1	Klassische Fertigung . . . . .	166
2.2	Additive Fertigung . . . . .	166
3	Musterteile . . . . .	168
4	Messung. . . . .	169
4.1	Transmission . . . . .	169
4.2	Brechkraft und Dispersion . . . . .	170
4.3	Oberflächenbewertung mit Mikroskop. . . . .	170
4.4	Demo-Setup Laserscheinwerfer. . . . .	171
5	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	173
	Literaturverzeichnis . . . . .	174

**Additive Manufacturing als Baustein zur gestaltungsgerechten  
Produktentwicklung in der Fahrzeugelektronik am Beispiel automobiler  
Zugangssysteme. . . . . 175**

Tobias Heine

1	Einleitung. . . . .	176
2	Prototypische Visualisierung in frühen Entwicklungsphasen . . . . .	178
2.1	Automobile Innovationsprozesse . . . . .	179
2.2	Bedarf einer prototypischen Phase im Entwicklungsprozess. . . . .	181
3	Additive Manufacturing und Design . . . . .	182
3.1	Prototyping im Entwurfsprozess der Produktgestaltung . . . . .	183
3.2	Prototyping zur Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	184
3.3	Design Thinking. . . . .	185
3.4	Automobildesignprozess . . . . .	185
4	Anwendungsbeispiele im Technischen Design . . . . .	186
4.1	Designorientiertes Additive Manufacturing in der Elektronikentwicklung. . . . .	186
4.2	Fallstudie: Gestalterischer Entwicklungsprozess. . . . .	187
4.3	Ergebnisse . . . . .	190
5	Zusammenfassung . . . . .	192
	Literaturverzeichnis . . . . .	193

**Additive Repair von Multimaterialsystemen im Selektiven****Laserstrahlschmelzen. . . . . 195**

Yousif Amsad Zghair und Georg Leuteritz

1	Einleitung. . . . .	196
2	Gestaltungsansatz für Additive Repair. . . . .	197
3	Mögliche Bauteilorientierungen im SLM-Prozess . . . . .	198
4	Belastungsfälle und Aufbauwinkel zur Oberfläche . . . . .	200

---

4.1	Belastungsarten und resultierende Spannungen . . . . .	200
4.2	Spannungszustände bei Zugbelastung . . . . .	200
5	Falluntersuchung der statischen Zugspannung . . . . .	203
5.1	Aufbau der Zugproben . . . . .	203
5.2	Materialeigenschaften . . . . .	203
5.3	Rechnerunterstützte Auswertung . . . . .	204
5.4	Anwendung . . . . .	206
5.5	Auswertung der Zugversuche . . . . .	210
5.6	Mikroskopische Untersuchungen . . . . .	211
6	Ergebnisse . . . . .	212
7	Zusammenfassung . . . . .	212
	Literaturverzeichnis . . . . .	213
	<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>217</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>229</b>

Additive Manufacturing Quantifiziert  
Visionäre Anwendungen und Stand der Technik  
Lachmayer, R.; Lippert, R.B. (Hrsg.)  
2017, XV, 234 S. 145 Abb., Softcover  
ISBN: 978-3-662-54112-8