

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation.....	1
1.1	Ausgangslage und Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	3
2	Stand der Wissenschaft und Technik	5
2.1	Additive Fertigung.....	5
2.2	Selektives Laserstrahlschmelzen	7
2.2.1	Allgemeines Funktionsprinzip	7
2.2.2	Wesentliche Komponenten und damit einhergehende Stellgrößen.....	8
2.2.3	Schmelzbaddynamik	19
2.3	Spritzerbildung	23
2.3.1	Auswirkungen von Spritzern auf die PBF-LB/M-Prozessführung	23
2.3.2	Unterschiedliche Spritzertypen	24
2.3.3	Detektion von Prozessspritzern	26
2.4	Stell- und Einflussgrößen auf die PBF-LB/M-Prozessführung.....	29
2.4.1	Prozessparameter.....	29
2.4.2	Umgebungsdruck.....	30
2.4.3	Prozessgas	30
2.4.4	Pulvermaterial	32
2.4.5	Strahlformung.....	33
3	Forschungsbedarf und Lösungsweg	35
3.1	Grundlegende Prozessparameter	35
3.2	Umgebungsdruck.....	36
3.3	Prozessgas.....	36
3.4	Pulvereigenschaften.....	37
3.5	Laserstrahlform.....	37
4	Verfahren und Methoden	39
4.1	Spritzerdetektion.....	39
4.1.1	Hochgeschwindigkeitskamera.....	39
4.1.2	Software zur automatisierten Auswertung der Prozessspritzer	39
4.2	Analyse der grundlegenden Prozessparameter	44
4.2.1	PBF-LB/M-Maschine.....	44
4.2.2	Pulvermaterial	46
4.2.3	Prozessparameter und Versuchsaufbau	47

4.3	Analyse des Umgebungsdruckes	52
4.3.1	PBF-LB/M-Maschine	52
4.3.2	Pulvermaterial	53
4.3.3	Prozessparameter und Versuchsaufbau	53
4.4	Analyse des Prozessgases	55
4.4.1	PBF-LB/M-Maschine	55
4.4.2	Pulvermaterial	55
4.4.3	Prozessparameter und Versuchsaufbau	55
4.5	Analyse verschiedener Pulvereigenschaften	57
4.5.1	PBF-LB/M-Maschine	57
4.5.2	Pulvermaterial	57
4.5.3	Prozessparameter und Versuchsaufbau	61
4.6	Analyse der Laserstrahlform	63
4.6.1	PBF-LB/M-Maschine	63
4.6.2	Pulvermaterial	65
4.6.3	Prozessparameter und Versuchsaufbau	66
5	Prozessspritzeranalyse	71
5.1	Einfluss von grundlegenden Prozessparametern auf die Spritzerbildung	71
5.1.1	Einzelspuren	71
5.1.2	3D-Untersuchungen	79
5.2	Einfluss des Umgebungsdruckes auf die Spritzerbildung	88
5.3	Einfluss des Prozessgases auf die Spritzerbildung	91
5.4	Einfluss verschiedener Pulvereigenschaften auf die Spritzerbildung	92
5.4.1	Aluminiumlegierung	93
5.4.2	Titanlegierung	97
5.5	Einfluss der Laserstrahlform auf die Spritzerbildung	98
6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	103
6.1	Kostenmodell	103
6.2	Grundlegende Prozessparameter	107
6.3	Umgebungsdruck	111
6.4	Prozessgas	114
6.5	Pulvereigenschaften	116
6.5.1	Aluminiumlegierung	116
6.5.2	Titanlegierung	117
6.6	Laserstrahlform	119

7	Zusammenfassung und Ausblick	125
7.1	Zusammenfassung	125
7.2	Ausblick.....	127
8	Literaturverzeichnis.....	129
A	Anhang (grundlegende Prozessparameter).....	147
A.1	Pulverkennwerte	147
A.2	Einzelspurqualitäten	148
A.3	Einzelspurbreiten	153
A.4	Porositätswerte	159
A.5	Anzahl Spritzer.....	160
B	Anhang (Umgebungsdruck)	163
B.1	Parameterkombinationen.....	163
B.2	Exemplarische Auswahl von Einzelspurqualitäten	165
B.3	Exemplarische Auswahl von Einzelspurbreiten	166
C	Anhang (Prozessgas)	167
C.1	Parameterkombinationen.....	167
C.2	Porositätswerte	167
C.3	Anzahl Spritzer.....	170
D	Anhang (Pulvereigenschaften)	171
D.1	Aluminiumlegierung: Pulverkennwerte	171
D.2	Aluminiumlegierung: Parameterkombinationen	181
D.3	Aluminiumlegierung: Porositätswerte	182
D.4	Aluminiumlegierung: Anzahl Spritzer	190
D.5	Titanlegierung: Pulverkennwerte	191
D.6	Titanlegierung: Parameterkombinationen	193
D.7	Titanlegierung: Porositätswerte.....	194
D.8	Titanlegierung: Anzahl Spritzer	198
E	Anhang (Strahlform).....	201
E.1	Einzelspurqualitäten	201
E.2	Einzelspurbreiten.....	204
E.3	Geometrische Schmelzbadkennwerte im Querschliff.....	204
E.4	Anzahl Spritzer.....	205