

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis----- I

Abbildungsverzeichnis----- V

Tabellenverzeichnis ----- XVII

Abkürzungen und Formelzeichen ----- XXI

1 Einleitung----- 1

2 Stand der Wissenschaft und Technik ----- 5

 2.1 Additive Fertigung ----- 5

 2.1.1 Charakteristika additiver Fertigungsverfahren----- 5

 2.1.2 Einordnung additiver Fertigungsverfahren auf Anwendungsebene-- 6

 2.1.3 Metallbasierte additive Fertigungsverfahren ----- 7

 2.2 Pulverbettbasiertes Schmelzen metallischer Werkstoffe mittels Laser --- 10

 2.2.1 Prozesskette zur Bauteilfertigung beim PBF-LB ----- 11

 2.2.2 Potenziale und Restriktionen des PBF-LB ----- 15

 2.3 Einflussgrößen beim PBF-LB ----- 18

 2.3.1 Pulverwerkstoff ----- 18

 2.3.2 Laser-Pulver Wechselwirkung ----- 19

 2.3.3 Erzeugung einer 1D-Schmelzbahn ----- 20

 2.3.4 Erzeugung einer 2D-Schicht ----- 27

 2.3.5 Erzeugung eines 3D-Körpers----- 31

 2.4 Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften beim PBF-LB ----- 34

 2.4.1 Festigkeitssteigernde Mechanismen----- 35

 2.4.2 Erstarrung beim PBF-LB ----- 36

 2.4.3 Aluminiumlegierungen beim PBF-LB ----- 41

 2.4.4 AlSc-Legierungen mit Potenzial für das PBF-LB----- 52

 2.5 Defekte beim PBF-LB ----- 65

 2.5.1 Porosität ----- 65

 2.5.2 Oxidbildung----- 68

 2.5.3 Verlust von Legierungsbestandteilen durch Verdampfung ----- 68

2.5.4 Rauheit -----	69
2.5.5 Eigenspannungen, Verzug und Rissbildung -----	74
2.6 Schwingfestigkeit -----	77
2.6.1 Ermittlung der Schwingfestigkeit -----	78
2.6.2 Schädigungsmechanismen der Ermüdung -----	80
2.6.3 Einflüsse auf die Schwingfestigkeit beim PBF-LB -----	82
3 Motivation, Zielsetzung und Vorgehensweise -----	89
3.1 Motivation-----	89
3.2 Zielsetzung-----	90
3.3 Vorgehensweise -----	91
4 PBF-LB System und Pulverwerkstoff-----	95
4.1 PBF-LB System -----	95
4.2 Pulverwerkstoff-----	96
4.2.1 Pulvermorphologie und Partikelgrößenverteilung -----	96
4.2.2 Festlegung der Schichtstärke für das PBF-LB-----	97
5 Definition der Prozessgrenzen -----	99
5.1 Experimentelles Vorgehen-----	99
5.1.1 Einzelspurexperimente-----	99
5.1.2 Dichte mittels Auftriebswägung-----	100
5.2 Messtechnik und -aufbau -----	101
5.2.1 Ermittlung der Schmelzbaddimensionen -----	101
5.2.2 Ermittlung der Dichte mittels Auftriebswägung -----	101
5.3 Ergebnisse und Diskussion -----	102
5.3.1 Schmelzbaddimensionen und Schweißmodi-----	102
5.3.2 Dichte -----	105
6 Infillbelichtung -----	109
6.1 Experimentelles Vorgehen-----	109
6.2 Messtechnik und -aufbau -----	111
6.3 Ergebnisse-----	113
6.3.1 DoE - Infillporosität-----	113

6.3.2 DoE - Magnesium-Gehalt-----	116
6.3.3 DoE - Zielgrößenoptimierung-----	119
6.3.4 DoE - Validierung der Regressionsmodelle-----	120
6.3.5 Quasistatischer Zugversuch -----	121
6.4 Diskussion -----	128
6.4.1 Entstehung der Porosität in Abhängigkeit der Prozessparameter -	129
6.4.2 Magnesium-Verdampfung in Abhängigkeit der Prozessparameter	132
6.4.3 Entwicklung der Mikrostruktur -----	135
6.4.4 Festigkeitssteigernde Beiträge -----	140
6.4.5 Mechanische Kennwerte im Vergleich zur Literatur -----	142
6.5 Zwischenfazit -----	143
7 Konturbelichtung -----	145
7.1 Experimentelles Vorgehen -----	145
7.2 Messtechnik und -aufbau -----	147
7.3 Ergebnisse -----	149
7.3.1 DoE - niedriger Linienenergiebereich-----	149
7.3.2 DoE - hoher Linienenergiebereich-----	150
7.3.3 DoE - Validierung der Regressionsmodelle-----	152
7.4 Diskussion -----	154
7.4.1 Rauheit und Oberflächenmorphologie -----	155
7.4.2 Konturporosität und Keyhole-Poren -----	163
7.4.3 Auswahl von Konturparametersätzen -----	165
7.5 Zwischenfazit -----	167
8 Schwingfestigkeit-----	169
8.1 Experimentelles Vorgehen -----	169
8.2 Messtechnik und -aufbau -----	171
8.3 Ergebnisse -----	173
8.3.1 Referenzoberflächen-----	173
8.3.2 Oberflächen durch Konturbelichtung -----	176
8.3.3 Zusammenfassende Beurteilung -----	179

8.4 Diskussion----- 179

 8.4.1 Schädigungsmechanismen der Ermüdung ----- 179

 8.4.2 Referenzoberflächen -----181

 8.4.3 Oberflächen durch Konturbelichtung -----185

8.5 Zwischenfazit----- 189

9 Zusammenfassung und Ausblick -----191

Literaturverzeichnis-----197

Studentische Arbeit -----245

Veröffentlichungen-----247

Anhang-----249

 A.1 Dampfdruck-----249

 A.2 Schmelzbaddimensionen-----250

 A.3 Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson -----251

 A.4 Parameter der Wöhlerlinie -----252

Lebenslauf des Autors -----253