

Inhaltsverzeichnis

Liste der Vorveröffentlichungen.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	IX
Tabellenverzeichnis.....	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Motivation und Zielsetzung	1
2 Theoretische Grundlagen und Stand der Technik.....	7
2.1 Grundlagen metallischer additiver Fertigungsverfahren.....	7
2.2 Selektives Laserschmelzen	9
2.2.1 Anlagenaufbau.....	9
2.2.2 Verfahrensablauf	10
2.2.3 Prozessparameter und Charakteristika	12
2.2.4 Aufschmelzen und Erstarrung von kristallinen Werkstoffen im SLM Verfahren.....	17
2.3 Auswahl und Verarbeitung geeigneter Werkstoffe	19
2.3.1 Grundwerkstoff Werkzeugstahl und dessen Verarbeitung im SLM.....	20
2.3.2 Elektrische Isolationswerkstoffe und deren Verarbeitung im SLM.....	20
2.3.3 Metallische Leiter und Widerstandswerkstoffe und deren Verarbeitung im SLM.....	22
2.3.4 Metall-Keramikverbunde.....	26
2.4 Multimaterialverarbeitung mittels SLM	28
2.4.1 Definition - Werkstoffanordnungen im SLM Bauteil.....	28
2.4.2 Auftragsmechanismen zur Hybrid- und Multimaterialverarbeitung	31
2.4.3 Werkstoffkombinationen im SLM.....	38
2.5 Multimaterialverarbeitung mittels Auftragsschweißen	42

2.6	Zusammenfassung und Arbeitshypothesen	43
3	Versuchsaufbau und eingesetzte Methodiken	45
3.1	Verwendete Pulver und Pulvercharakterisierung	45
3.2	SLM-Prozessentwicklung	47
3.2.1	SLM-Anlage ReaLizer SLM125	47
3.2.2	Multimaterialauftragssystem	48
3.2.3	Monomaterial - Prozessentwicklung	54
3.3	Werkstoffcharakterisierung.....	56
3.3.1	Dichte- und Gefügeuntersuchung additiv hergestellter Probekörper	56
3.3.2	Untersuchung der mechanischen Eigenschaften.....	57
3.3.3	Untersuchung der elektrischen Eigenschaften	59
4	Prozessentwicklung und Charakterisierung der monolithischen Materialien im SLM	62
4.1	Pulvercharakterisierung	62
4.1.1	Chemische Zusammensetzung.....	63
4.1.2	Partikelgrößenverteilung.....	63
4.1.3	Partikelmorphologie	65
4.1.4	Fließverhalten	66
4.1.5	Laserstrahlabsorptionsverhalten	69
4.2	Prozessentwicklung und Eigenschaften von CuNi44Mn1	70
4.2.1	Parameterentwicklung zur Verarbeitung im SLM	70
4.2.2	Charakterisierung der Mikrostruktur	72
4.2.3	Elektrische Leitfähigkeit.....	76
4.2.4	Mechanische Eigenschaften.....	77
4.3	Prozessentwicklung und Eigenschaften von Reinkupfer	80
4.3.1	Parameterentwicklung zur Verarbeitung im SLM	80
4.3.2	Charakterisierung der Mikrostruktur	85
4.3.3	Elektrische Leitfähigkeit.....	88
4.4	Prozessentwicklung und Eigenschaften vom Keramikgemisch (80 % ZrO_2 + 20 % Al_2O_3).....	90
4.4.1	Parameterentwicklung zur Verarbeitung im SLM	90
4.4.2	Charakterisierung der Mikrostruktur	95
4.4.3	Spezifischer elektrischer Volumenwiderstand.....	100
4.4.4	Mechanische Eigenschaften.....	101

5 Charakterisierung des Multimaterialauftragssystems und Auftragsversuche	103
5.1 Dosierung - Parameterentwicklung.....	103
5.2 Auftragsversuche	105
6 Herstellung und Eigenschaften von Hybrid- und Multimaterialstrukturen	107
6.1 Herstellung und Charakterisierung der Grenzfläche von Stahl-Keramik Hybridstrukturen	107
6.1.1 Parameterentwicklung zur Verarbeitung im SLM	107
6.1.2 Metallografische Charakterisierung der Grenzfläche	109
6.1.3 Haftzugfestigkeit	114
6.1.4 Elektrische Isolationseigenschaften	116
6.2 Herstellung und Charakterisierung der Grenzfläche von CuNi44Mn1 und Kupfer - Keramik Strukturen	117
6.2.1 Grenzfläche zwischen CuNi44Mn1 und Keramik	118
6.2.2 Herstellung und Charakterisierung einer CuNi44Mn1 Leiterbahn auf Keramik	120
6.2.3 Grenzfläche zwischen Kupfer und Keramik	126
6.2.4 Herstellung und Charakterisierung einer Kupfer Leiterbahn auf Keramik	130
7 Herstellung und Charakterisierung von Technologiedemonstratoren als Multimaterialstruktur aus Stahl, Keramik, CuNi44Mn1 bzw. Kupfer	132
8 Zusammenfassende Diskussion.....	136
8.1 Zusammenfassung und Ergebnisse vor dem Hintergrund der Forschungsfragen.....	136
8.2 Ausblick auf weiterführende Forschungsarbeiten	141
Literaturverzeichnis.....	143
9 Anhang.....	165