

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
2	Grundlagen	3
2.1	Additive Fertigungsverfahren	3
2.2	Selektives Laserstrahlschmelzen	4
2.2.1	Prozessparameter und Belichtungsstrategien	6
2.2.2	Spritzerbildung und Oxidation von Pulverpartikeln	8
2.2.3	Marangoni-Effekt	10
2.2.4	Zusammenballen von Einzelschmelzbahnen	11
2.3	Metallische Pulverwerkstoffe	12
2.3.1	Charakteristische Eigenschaften von Metallpulvern	13
2.3.2	Pulverherstellung für die additive Fertigung	15
2.3.3	Recycling von Metallpulver	17
3	Material und Methoden	18
3.1	Verwendete Ausgangsmaterialien	18
3.1.1	Metallpulver für das selektive Laserstrahlschmelzen	18
3.1.2	Recyclingstrategie für Pulverwerkstoffe	19
3.2	Probenherstellung mittels selektivem Laserstrahlschmelzen	20
3.3	Nachbehandlung durch selektives Laserstrahlschmelzen erzeugter Proben	22
3.4	Materialcharakterisierung	23
3.4.1	Pulveranalyse	23
3.4.2	Mikroskopie	26
3.4.3	Chemische Analyse	26
3.4.4	Metallographische Probenpräparation	27
3.4.5	Porositätsmessung an gedruckten Proben	27
3.4.6	Elektronenrückstreuung zur Bestimmung der Kornorientierung	28
3.5	Mechanische Prüfung von gedruckten Proben	28
3.5.1	Härtemessung	28
3.5.2	Zugversuche	29
3.5.3	Kerbschlagversuch	29
3.6	Messung der Prozesskammeratmosphäre	30
4	Ergebnisse	34
4.1	Parameterstudie zur Optimierung der Dichte gedruckter Proben	34

4.1.1	Optimierung der Prozessparameter	34
4.1.2	Vergleich zwischen M1ab und M2 für das selektive Laserstrahlschmelzen	37
4.2	Abschätzung der Recyclingrate für mehrfach verwendetes Pulver	38
4.3	Kosten für Pulverherstellung in Abhängigkeit vom Verdünnungsmedium	43
4.4	Chemische Analyse von Pulver und gedruckten Proben	44
4.5	Pulveranalyse	47
4.5.1	Partikelmorphologie und –oberfläche	47
4.5.2	Partikelgrößenverteilung	52
4.5.3	Gefügebestandteile der Pulverpartikel	54
4.5.4	Fließfähigkeit	55
4.5.5	Impedanz der Pulverproben	56
4.6	Analyse gedruckter Proben	57
4.6.1	Mikrostrukturanalyse	57
4.6.2	Bestimmung der Korngröße	59
4.6.3	Mechanische Eigenschaften von Proben	62
4.7	Messung der Prozesskammeratmosphäre	65
5	Diskussion	67
5.1	Chemische Zusammensetzung von Pulvern und gedruckten Proben	67
5.2	Werkstoffabhängige Entkohlung und Sauerstoffreduktion durch SLM	71
5.3	Auswirkung des Pulverrecyclings	74
5.3.1	Pulvereigenschaften	74
5.3.2	Vergleich der Porosität und mechanischer Eigenschaften gedruckter Proben aus Neupulver und recyceltem Pulver	83
6	Ausblick	90
7	Zusammenfassung	91
8	Summary	93
9	Literatur	95
10	Abkürzungsverzeichnis	105
11	Lebenslauf	106
	Danksagung	107