

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangssituation und Motivation.....	1
2 Grundlagen und Stand der Erkenntnisse	3
2.1 Additive Fertigung	3
2.2 Wärmeübertragung und Wärmeaustausch durch Strahlung.....	5
2.3 Polymere Werkstoffe	7
2.4 Pulverbettbasiertes Schmelzen von Polymeren.....	8
2.4.1 Einordnung und Spezifizierung.....	8
2.4.2 Pulverbettbasiertes Schmelzen von Polymeren mittels Laser.....	10
2.4.3 Pulverbettbasiertes Schmelzen von Polymeren mittels Infrarotstrahlung	10
2.4.4 Modelle zum schichtweisen Bauteilaufbau	11
2.4.5 Modell zum selektiven Energieeintrag.....	12
2.4.6 Modelle zur Konsolidierung bzw. Koaleszenz beim schichtweisen Bauteilaufbau	13
2.4.7 Bauteilstruktur.....	14
2.5 High Speed Sintering.....	16
2.5.1 Prozesskette und Prozessablauf.....	16
2.5.2 Theorien zur Wärmeübertragung beim schichtweisen Bauteilaufbau	20
2.5.3 Prozesseitige Einflussgrößen beim schichtweisen Bauteilaufbau	22
2.5.4 Einfluss der Bauteilstruktur	25
2.5.5 Modelle zum Energieeintrag beim schichtweisen Bauteilaufbau	27
2.5.6 Polymerpulver.....	30
2.5.7 Tinte.....	32
2.6 Funktional gradierte Materialien	34
3 Zielsetzung und Forschungsbedarf	39
4 Vorgehensweise	43
5 Methodik.....	45
5.1 Verwendete HSS-Maschine.....	45
5.2 Verwendetes Polymerpulver	47
5.3 Verwendete Tinte.....	47
5.4 Analysen des Polymerpulvers	48
5.4.1 Polymereigenschaften.....	48
5.4.2 Pulvereigenschaften.....	51
5.5 Analysen der Bauteile	51
5.5.1 Mechanische Bauteileigenschaften.....	52
5.5.2 Geometrische Bauteileigenschaften	56
5.5.3 Weitere Bauteileigenschaften	58

5.6 Analyse des selektiven Energieeintrags	59
5.7 Statistische Versuchsplanung und Auswertungsmethoden	60
5.7.1 Grundlagen und Begriffe	60
5.7.2 Versuchspläne	62
5.7.3 Auswertemethoden.....	62
6 Polymerpulveranalyse.....	65
6.1 Polymereigenschaften	65
6.2 Pulvereigenschaften.....	68
7 Grundlegende Prozessanalyse.....	71
7.1 Bestimmung Pulverauftrag und Bauraumtemperaturen	71
7.1.1 Pulverauftragsanalyse.....	71
7.1.2 Bauraumtemperaturanalyse	72
7.1.3 HSS-Maschinenanpassung.....	72
7.1.4 Fazit.....	73
7.2 Bestimmung Prozessbereich Sinterlampe.....	73
7.2.1 Untersuchungsgegenstand.....	73
7.2.2 Vorgehensweise.....	73
7.2.3 Flächenenergiedichte Sinterlampe	74
7.2.4 Prozessbereich Sinterlampe.....	75
7.2.5 Fazit.....	77
7.3 Bestimmung prozesseitige Haupteinflussgrößen	78
7.3.1 Untersuchungsgegenstand.....	78
7.3.2 Vorgehensweise.....	78
7.3.3 Signifikante Haupteffekte	80
7.3.4 Richtung der Effekte	82
7.3.5 Fazit.....	84
7.4 Spezifizierung prozesseitige Haupteinflussgrößen	85
7.4.1 Untersuchungsgegenstand.....	85
7.4.2 Vorgehensweise.....	85
7.4.3 Einfluss von Sinterlampenleistung, Sinterlampengeschwindigkeit und Graustufe	86
7.4.4 Fazit.....	92
8 Spezifische Prozessanalyse und Prozessauslegung.....	95
8.1 Maximierte Eigenschaften	95
8.1.1 Untersuchungsgegenstand.....	95
8.1.2 Vorgehensweise	95
8.1.3 Einfluss der Volumenenergiedichte	97
8.1.4 Signifikante Effekte	100

8.1.5 Richtung der Effekte	102
8.1.6 Optimale Prozesse	104
8.2 Funktional gradierte Eigenschaften.....	107
8.2.1 Untersuchungsgegenstand.....	107
8.2.2 Vorgehensweise.....	107
8.2.3 Einfluss der Graustufe.....	108
8.2.4 Gradierungsart.....	111
8.2.5 Signifikante Effekte	111
8.2.6 Richtung der Effekte	113
8.2.7 Optimale Prozesse	114
9 Analyse Optimaler Prozesse	117
9.1 Maximierte Eigenschaften	117
9.2 Funktional gradierte Härteeigenschaft.....	118
9.3 Funktional gradierte Steifigkeitseigenschaften.....	120
9.4 Funktional gradierte Druckspannungs-Verformungseigenschaften	121
10 Fertigung Demonstrator-Bauteile	123
11 Schlussbetrachtung.....	125
11.1 Zusammenfassung	125
11.2 Ausblick.....	126
12 Conclusion	129
12.1 Summary.....	129
12.2 Outlook	130
Abkürzungsverzeichnis.....	131
Formelverzeichnis	133
Abbildungsverzeichnis	137
Tabellenverzeichnis	141
Literaturverzeichnis.....	143
Anhang.....	157
A Bestimmung Prozessbereich Sinterlampe	157
B Bestimmung prozesseitige Haupteinflussgrößen	160
C Spezifizierung prozesseitige Haupteinflussgrößen	163
D Spezifische Prozessanalyse und Prozessauslegung, maximierte Eigenschaften	167
E Spezifische Prozessanalyse und Prozessauslegung, funktional gradierte Eigenschaften	
170	
F Analyse Optimaler Prozesse.....	176
Betreute studentische Arbeiten	179

Inhaltsverzeichnis

Lebenslauf.....	181
------------------------	------------