

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 Prozessseitige 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
<b>6</b>	<b>Polymerpulveranalyse.....</b>	<b>65</b>
6.1	Polymereigenschaften .....	65
6.2	Pulvereigenschaften .....	68
<b>7</b>	<b>Grundlegende Prozessanalyse .....</b>	<b>71</b>
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 prozessseitige 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 prozessseitige 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
<b>8</b>	<b>Spezifische Prozessanalyse und Prozessauslegung.....</b>	<b>95</b>
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 prozessseitige Haupteinflussgrößen ..... 160

C Spezifizierung prozessseitige 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**

**Lebenslauf.....181**