

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik.....	5
2.1 Selektives Lasersintern	5
2.1.1 Verfahrensprinzip	6
2.1.2 Sintern von Polymerpartikeln	10
2.1.3 Werkstoffentwicklung	13
2.2 Polylactid.....	16
2.2.1 Synthese	16
2.2.2 Molmasse und inhärente Viskosität	18
2.2.3 Optische Eigenschaften	19
2.2.4 Thermische Eigenschaften	20
2.2.5 Kristallisation	21
2.2.6 Rheologische Eigenschaften	22
2.2.7 Mechanische Eigenschaften	24
2.2.8 Degradation	26
2.2.9 Zusammenfassung der Werkstoffeigenschaften von Polylactid.....	28
2.2.10 Kompositwerkstoffe	30
2.2.11 Zusammenfassung.....	33
2.3 Selektives Lasersintern von Polylactid und Polylactid-basierten Kompositwerkstoffen....	36
2.3.1 Überblick	36
2.3.2 Pulversynthese	37
2.3.3 SLS-Anlagentechnik	40
2.3.4 Sinterverhalten und Mikrostruktur	41
2.3.5 SLS-Prozessführung	43
2.3.6 Komplexe Strukturen und mechanische Eigenschaften	43
2.3.7 Zusammenfassung.....	46
3 Ausgangssituation, Forschungsfrage und Vorgehensweise	51
4 Material und Methoden	55
4.1 Rohmaterialien	55
4.1.1 Polylactid	55
4.1.2 β -Tricalciumphosphat	57
4.1.3 Calciumcarbonat	58
4.2 Werkstoffsynthese	60
4.2.1 Kugelmühle (Labormaßstab)	60
4.2.2 Prallmühle (industrieller Maßstab)	61

4.3 Werkstoffübersicht	62
4.4 Werkstoffanalyse	64
4.4.1 Partikelmorphologie	64
4.4.2 Partikelgrößenverteilung	64
4.4.3 Inhärente Viskosität und Molmassenverteilung	65
4.4.4 Feuchtegehalt	66
4.4.5 DSC-Analyse	66
4.4.6 TGA-Analyse	67
4.4.7 Schmelzrheologie	67
4.5 SLS-Anlagentechnik und Prozessführung	70
4.5.1 Laboranlage	70
4.5.2 Modifizierte EOS Formiga P 110 Lasersinteranlage	72
4.5.3 Probekörper und Scanstrategie	73
4.6 Bauteilprüfung	78
4.6.1 Bauteildichte	78
4.6.2 Mechanische Eigenschaften	80
5 Werkstoffentwicklung.....	85
5.1 Kugelmühle (Labormaßstab).....	86
5.1.1 PDLLA-1,3/ β -TCP (49/51) Charge 1 vs. Charge 2	86
5.1.2 PDLLA-1,2/ β -TCP (60/40) vs. PDLLA-1,4/CC-Rhf. (55/45)	102
5.1.3 PDLLA-1,0/ β -TCP/CC-Rhf. (58/25/17) vs. PDLLA-1,0/ β -TCP/CC-Sph. (58/25/17)	115
5.2 Prallmühle (industrieller Maßstab).....	126
5.2.1 PDLLA/ β -TCP -- Einfluss von β -TCP auf das Mahlergebnis.....	126
5.2.2 PLA/CC-Sph. – Untersuchung verschiedener PLA-Typen	126
5.2.3 PLLA-1,0/CC-Sph. – Reproduzierbarkeitsversuche und inhibierendes Calciumcarbonat	151
5.3 Zusammenfassung und Auswahl des Zielwerkstoffs	166
6 Prozessentwicklung	175
6.1 Vollkörper	176
6.1.1 Variation der Scangeschwindigkeit.....	177
6.1.2 Variation des Spurabstands	190
6.1.3 Variation der Schichtdicke	197
6.1.4 Variation des Laserstrahl Durchmessers	201
6.1.5 Vortrocknung	205
6.1.6 Variation der Vorheiztemperatur	213
6.1.7 Mechanische Eigenschaften	219
6.1.8 Zusammenfassung	231
6.2 Gitterstrukturen	235

6.2.1	Spurbreitenkompensation	236
6.2.2	Überhangparameter	236
6.2.3	Prozessanpassung für die kubische Gitterstruktur	238
6.2.4	Detailauflösung	239
6.2.5	Druckfestigkeit	241
6.2.6	Zusammenfassung.....	253
7	Demonstration	255
8	Zusammenfassung und Ausblick	259
Literaturverzeichnis.....		265
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis.....		293
A	Anhang	301