

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Inhaltsverzeichnis	v
Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung und Zielsetzung.....	1
2 Grundlagen der Herstellung von NdFeB-Magneten.....	5
2.1 Magnetismus in Festkörpern	7
2.1.1 Diamagnetische Werkstoffe	7
2.1.2 Paramagnetische Werkstoffe	8
2.1.3 Ferromagnetische Werkstoffe	8
2.2 Eigenschaften von NdFeB-Magneten	9
2.2.1 Mechanische Kennwerte	10
2.2.2 Thermische und elektrische Kennwerte.....	10
2.2.3 Magnetische Kennwerte	11
2.3 Konventionelle Prozessketten.....	14
2.3.1 Sintern	15
2.3.2 Heißpressen und Warmumformen.....	16
2.3.3 Verfahrenstechniken der Kunststoffverarbeitung	18
2.4 Additive Herstellung.....	21
2.4.1 Stand der Forschung zu matrixgebundenen NdFeB-Magneten	22
2.4.2 Stand der Forschung zur additiven Herstellung von NdFeB- Magneten aus Monomaterial	27
2.5 Vergleich der Prozessalternativen anhand applikationskritischer Magnetkennwerte	31
2.6 Seltenerd-magnetherstellung durch das Laserstrahlschmelzen	33
2.6.1 Verfahrensprinzip	33
2.6.2 Einflussgrößen.....	34
2.6.3 Methodisches Vorgehen der Qualifizierung einer Magnetlegierung	39
2.7 Forschungsbedarf zur Herstellung von magnetischen Funktionsbauteilen aus NdFeB im Laserstrahlschmelzen und Lösungsweg der Arbeit	43
3 Qualifizierung einer NdFeB-Legierung für das Laserstrahlschmelzen	47
3.1 Material.....	47

3.1.1	Werkstoffübersicht und -eignung für das Laserstrahlschmelzen	48
3.1.2	Eigenschaften des laserstrahlschmelzbaren Werkstoffs	50
3.1.3	Zeitliche Veränderung.....	55
3.2	Maschine und Milieu.....	60
3.2.1	Strahldurchmesser.....	62
3.2.2	Restsauerstoffkonzentration.....	65
3.2.3	Substrattemperierung	69
3.3	Methode	75
3.3.1	Grundlegende Prozesscharakterisierung und -grenzen.....	75
3.3.2	Statistisches Prozessmodell	89
3.3.3	Sensitivitätsanalyse.....	101
3.3.4	Bedeutung des Energieeintrags	103
3.4	Post-Prozess: Wärmebehandlung	105
3.5	Prozessführung zur additiven Herstellung von NdFeB-Magneten mit hohem maximalen Energieprodukt.....	109
4	Charakterisierung und Validierung.....	113
4.1	Materialeigenschaften.....	113
4.1.1	Mikrostruktur	113
4.1.2	Porosität	117
4.1.3	Temperaturstabilität	120
4.2	Geometrische Charakterisierung.....	123
4.2.1	Überhangwinkel und Oberflächenqualität	123
4.2.2	Geometrische Grenzen.....	126
4.2.3	Grenzen der magnetischen Auflösung uniaxial magnetisierter Magnete.....	129
4.3	Applikationserprobung im permanenterregten Synchronmotor	132
4.3.1	Testsystem.....	132
4.3.2	Rotormagnetfeld.....	133
4.3.3	Motorkonstante und Leistungskennlinie.....	135
4.4	Zusammenfassung der Magnetcharakterisierung und Fazit für die Motorapplikation von laserstrahlgeschmolzenen Magneten	138
5	Zusammenfassung und Ausblick	141
6	Summary and Outlook	147
	Literaturverzeichnis	151