

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Kurzfassung	v
Abstract	vii
Abkürzungsverzeichnis	xiii
Symbolverzeichnis	xv
Abbildungsverzeichnis	xxi
Tabellenverzeichnis	xxv
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Aufbau dieser Arbeit	3
2 Stand der Forschung und Technik	5
2.1 Leichtbau und Strukturoptimierung	5
2.1.1 Arten von Leichtbau	6
2.1.2 Methoden der Strukturoptimierung	7
2.1.3 FE-basierte Topologieoptimierung	11
2.2 Additive und hybride Fertigungsverfahren	16
2.2.1 Materialien und Bauteilqualität	17
2.2.2 Gestaltungsfreiheiten und Fertigungsrestriktionen	20
2.2.3 Layer-Laminated-Manufacturing (LLM)	23

2.3	Ansätze zur fertigungsgerechten Strukturoptimierung von Maschinenkomponenten	26
2.3.1	Beschränkte Topologieoptimierung	27
2.3.2	Nachgelagerte Rekonstruktion	29
2.3.3	Biologisch inspirierte Gitter- und Wabenstrukturen	35
2.3.4	Schichtweise Optimierung	38
2.3.5	Bewertung	41
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	45
4	Generierung strukturoptimierter LLM-Leichtbaukomponenten	49
4.1	Strukturierungsalgorithmik	49
4.1.1	Fertigungs- und Designparameter	50
4.1.2	Slicing der zu optimierenden Geometrie	54
4.1.3	Diskretisierung der einzelnen Schichten	55
4.1.4	Modellierung der dichteadaptiven Hohlräume	61
4.2	Hybride Fertigung im LLM-Verfahren	66
5	Einflussanalyse zur LLM-Methodik	71
5.1	Einfluss der LLM-Fertigungsparameter auf die Bauteileigenschaften	72
5.1.1	Probengeometrie und Parameterkombinationen	72
5.1.2	Versuchsaufbau und -durchführung	77
5.1.3	Ergebnisse und Diskussion	80
5.2	Einfluss der LLM-Strukturierungsparameter auf das Leichtbaupotenzial	87
5.2.1	Topologieoptimierung des Lagerbockes	88
5.2.2	LLM-Parameterkombinationen	88
5.2.3	Ergebnisse und Diskussion	90

6 Experimentelle Validierung	95
6.1 Untersuchte Lagerböcke	96
6.2 Experimentelle Modalanalyse	98
6.3 Validierung in realer Einbausituation	100
6.3.1 Untersucher Kugelgewindetrieb-Prüfstand	101
6.3.2 Statische Steifigkeit	104
6.3.3 Mechanikfrequenzgang	108
6.3.4 Nachgiebigkeitsfrequenzgang	112
6.3.5 Dämpfung	116
6.4 Skalierbarkeit	120
6.5 Diskussion der Ergebnisse	124
7 Zusammenfassung und Ausblick	127
A Methodik der Frequenzganganalysen	131
Literatur	135