

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	vii
Nomenklatur und Abkürzungsverzeichnis.....	xi
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik.....	3
2.1 Grundlagen der methodischen Produktentwicklung	3
2.1.1 Definition von Methode und Methodik	4
2.1.2 Auflösungsgrad von Produktentwicklungsprozessen	4
2.1.3 Produktentwicklungsmethoden und -ansätze	5
2.1.4 Grundlagen der Gestaltung.....	8
2.1.5 Fertigungsgerechtes Gestalten - Design for Manufacturing.....	10
2.2 Grundlagen der Laseradditive Fertigung	10
2.2.1 Verfahrensgrundlagen	11
2.2.2 Wesentliche Prozessparameter	13
2.2.3 Der Werkstoff TiAl6V4 in der laseradditiven Fertigung	16
2.2.4 Eigenspannungen in der Laseradditiven Fertigung	18
2.2.5 Richtlinien für die fertigungsgerechte Gestaltung.....	21
2.2.6 Gestaltung von laseradditiv zu fertigenden Bauteilen	25
2.3 Leichtbau	29
2.3.1 Konstruktionsstrategien des Leichtbaus	30
2.3.2 Konstruktive Gestaltungsprinzipien des Leichtbaus	30
2.4 Grundlagen der Strukturoptimierung.....	32
2.4.1 Differenzierung der Strukturoptimierung	32
2.4.2 Grundlagen der Topologieoptimierung	34
2.4.3 Integration in den Konstruktionsprozess	38
2.4.4 Verwendete Software	40
2.5 Gestaltungsbegleitende Kostenbetrachtung.....	40
2.5.1 Grundlagen zum kostengünstigen Konstruieren.....	41
2.5.2 Grundlagen zur Kostenabschätzung	43
2.5.3 Wirtschaftlichkeitsfaktoren der laseradditiven Fertigung	44
2.5.4 Abschätzung der Kosten laseradditiv gefertigter Bauteile	46
3 Methodische Herangehensweise	49
4 Grundlegende Fertigungsrestriktionen von LAM für TiAl6V4	51
4.1 Ableitung relevanter Fertigungsherausforderungen	51
4.2 Experimentelle Randbedingungen.....	53
4.3 Klassifizierung der Oberflächenrauheit	54
4.4 Freie Überhangsektionen	58
4.5 Einflussgrößen auf die Maßgenauigkeit	61
4.5.1 Positionierung auf der Bauplattform	61

4.5.2	Bauteildimensionen in Schichtebene und Orientierung zum Beschichter	64
4.5.3	Bauteilhöhe	71
4.5.4	Bauteilausrichtung zur Bauplattform	75
4.6	Bohrungen	77
4.7	Spaltabmessungen	80
4.8	Untersuchungen zum Schrumpfungsverhalten	81
4.8.1	Einfluss von Materialanhäufungen	82
4.8.2	Einfluss von Strukturübergängen	88
4.8.3	Stabilitätssteigerung von Strukturübergängen	93
4.9	Dünne Wandungen	95
4.9.1	Grundlagenversuche	96
4.9.2	Grundlegende Festigkeitscharakteristika	105
4.9.3	Einfluss der Probenhöhe	109
4.9.4	Einfluss der Probenlänge	117
4.9.5	Einfluss der Probenausrichtung	123
4.9.6	Maßnahmen zur Stabilitätssteigerung	125
4.10	Hohl- und Rohrstrukturen	129
4.10.1	Grundlagenversuche	129
4.10.2	Einfluss der Geometrieparameter	135
4.10.3	Einfluss der Probenausrichtung	140
4.10.4	Überhangsektionen	143
4.11	Balkenelemente	146
4.12	Weitergehende Richtlinien	147
4.12.1	Anbindung zur Bauplattform	147
4.12.2	Supportstrukturen	148
4.12.3	Anmerkungen zur Bauteilendbearbeitung	149
5	Konstruktionskatalog für LAM-Leichtbaustrukturen aus TiAl6V4	151
5.1	Grundlegender Aufbau	151
5.2	Konstruktionskatalog für Leichtbaustrukturen aus TiAl6V4	154
6	Entwicklung einer Methodik zur Bauteilgestaltung	167
6.1	Ziele der Methodik	167
6.2	Entwicklung eines übergeordneten Phasenmodells	168
6.2.1	Planungs- und Vorbereitungsphase	169
6.2.2	Gestaltungsphase	170
6.2.3	Herstellungsphase	171
6.2.4	Phase der Systemintegration und Ausarbeitung	172
6.2.5	Anwendung des Phasenmodells	173
6.3	Entwicklung eines Kostenmodells für die laseradditive Fertigung	174
6.3.1	Gliederung des Kostenmodells	174
6.3.2	Berechnung der Bauteilstückkosten	176

6.3.3	Vorgehensorientierte Anpassung des Kostenmodells	178
6.4	Ausarbeitung der übergeordneten Phasen anhand eines Beispielbauteils....	181
6.4.1	Planung und Vorbereitung - Randbedingungen und Anforderungen klären	181
6.4.2	Planung und Vorbereitung – technisch-wirtschaftliche Bewertung I	188
6.4.3	Gestaltung - rechnergestützte Topologieoptimierung	200
6.4.4	Gestaltung - Modellierung, Synthese und Berechnung	209
6.4.5	Gestaltung – technisch-wirtschaftliche Bewertung II	218
6.4.6	Herstellung – Fertigungsvorbereitung	221
6.4.7	Laseradditive Fertigung, Systemintegration und Ausarbeitung ..	224
6.5	Integration der Gestaltungsrichtlinie in die Methodik	225
6.6	Erweiterung der Visualisierung zur Unterstützung der Anwendung	229
7	Methodikanwendung an einem Demonstrator	231
7.1	Planung und Vorbereitung	231
7.2	Gestaltung	234
7.3	Fertigungsvorbereitung und Fertigung	239
7.4	Mechanische Tests und Systemintegration	240
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	243
9	Literaturverzeichnis	247
A	Anhang.....	255
A.1	Die übergeordneten Phasen der Methodik.....	255
A.2	Kostenmodell.....	256
A.3	Methodik zur Bauteilkonstruktion	257
A.4	Anforderungsliste – Eingangshebel	261
A.5	Curriculum Vitae	262