

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Begriffsbestimmung und Verfahrensbeschreibungen</b>	<b>5</b>
2.1. Laseradditive Fertigung . . . . .	5
2.1.1. Prozessbeschreibung . . . . .	6
2.1.2. Schichtinformationen . . . . .	8
2.1.3. Bearbeitungsparameter . . . . .	9
2.1.4. Mechanische Eigenschaften . . . . .	10
2.2. Luftdurchlässige Strukturen . . . . .	13
2.2.1. Klassifizierung von luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	14
2.2.2. Laseradditiv gefertigte, luftdurchlässige Strukturen . . . . .	16
2.3. Werkzeugbau und Kunststoffverarbeitung . . . . .	20
2.3.1. Spritzgießprozess . . . . .	20
2.3.2. Aufbau von Spritzgießwerkzeugen . . . . .	24
2.3.2.1. Temperierung . . . . .	25
2.3.2.2. Entlüftung . . . . .	28
2.3.2.3. Entformung . . . . .	29
<b>3. Problemstellung und Lösungsweg</b>	<b>41</b>
<b>4. Herstellung von luftdurchlässigen Strukturen</b>	<b>45</b>
4.1. Anforderungen an die Geometrie von luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	45
4.2. Herstellung und Geometrie der luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	48
4.2.1. Konzeption der luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	48
4.2.2. Herstellung der luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	50
4.3. Gestaltung der Werkzeugoberfläche mit luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	57
4.4. Nutzung einer Deckschicht . . . . .	58
4.4.1. Dicke der Deckschicht . . . . .	59
4.4.2. Perforation der Deckschicht . . . . .	60
<b>5. Bestimmung der Luftdurchlässigkeit</b>	<b>71</b>
5.1. Grundlagen der Strömungslehre . . . . .	71
5.1.1. Strömungen durch Kanäle . . . . .	71
5.1.1.1. Druckverluste in Strömungen . . . . .	74
5.1.1.2. Einfluss der Wandrauheit auf die Strömung . . . . .	75
5.1.1.3. Einlaufbereich von Strömungen . . . . .	78
5.1.2. Strömungen in Mikrokanälen . . . . .	79

5.2.	Experimentelle Bestimmung der Luftdurchlässigkeit . . . . .	80
5.2.1.	Versuchsaufbau zur Messung der Durchströmung . . . . .	80
5.2.2.	Versuchsauswertung zur Messung der Durchströmung . . . . .	83
5.3.	Zusammenfassung der Luftdurchlässigkeit und ihre industrielle Relevanz	92
<b>6.</b>	<b>Robustheit der Struktur gegen mechanische Belastungen</b>	<b>97</b>
6.1.	Mechanische Eigenschaften des laseradditiv gefertigten Materials . . . . .	97
6.2.	Mögliche Belastungen und Versagensmechanismen in der Anwendung . .	100
6.2.1.	Erwartete Belastungsarten . . . . .	100
6.2.2.	Bauteilversagen . . . . .	102
6.2.2.1.	Bauteilversagen durch seitliche Belastungen der Wände in der Struktur . . . . .	102
6.2.2.2.	Bauteilversagen durch Belastungen der Oberseite der Wände in der Struktur . . . . .	104
6.3.	Simulation der Verformung durch seitliche Belastungen der Wände . . .	106
6.4.	Experimentelle Untersuchung des Versagens bei Druck auf das Bauteil .	112
6.4.1.	Versuchsaufbau . . . . .	113
6.4.2.	Identifizierung der Merkmale für ein Versagen der luftdurchlässigen Struktur . . . . .	116
6.4.3.	Einfluss der Mesostruktur und der Kontaktfläche auf die Robust- heit der Struktur . . . . .	122
6.5.	Zusammenfassung der mechanischen Robustheit und ihre industrielle Re- levanz . . . . .	125
<b>7.</b>	<b>Wärmetransport durch die luftdurchlässige Struktur</b>	<b>131</b>
7.1.	Wärmetransportmechanismen . . . . .	131
7.2.	Analytische Herleitung des Wärmetransportes . . . . .	136
7.2.1.	Wärmetransport im Einzelspalt . . . . .	138
7.2.2.	Wärmetransport im luftdurchlässigen Material . . . . .	141
7.3.	Auswirkungen des luftdurchlässigen Materials auf ein technisches System	143
7.4.	Zusammenfassung der Wärmeleitung und Relevanz für die Anwendung .	148
<b>8.</b>	<b>Einsatzmöglichkeiten in technischen Anwendungen</b>	<b>153</b>
8.1.	Einsatz in Spritzgießwerkzeugen . . . . .	153
8.1.1.	Realisierung von Druckluftauswerfern mit laseradditiv gefertig- ten, luftdurchlässigen Strukturen . . . . .	154
8.1.2.	Verifizierung der laseradditiv gefertigten luftdurchlässigen Struk- turen in Spritzgießwerkzeugen . . . . .	156
8.1.2.1.	Druckluftauswerfer in Werkzeugen für technische Funk- tionsteile . . . . .	156
8.1.2.2.	Druckluftauswerfer in Werkzeugen für Verpackungsteile	162
8.1.3.	Strukturierung von Oberflächen . . . . .	167
8.1.4.	Erfahrungen mit laseradditiv gefertigten, luftdurchlässigen Struk- turen in einem Druckluftauswerfersystem . . . . .	171
8.2.	Einsatz als Plagiatsschutzmerkmal . . . . .	172
8.2.1.	Schutzwirkung der luftdurchlässigen Mesostrukturen . . . . .	173
8.2.2.	Einsatzmöglichkeit im Kampf gegen Bogus Parts in Flugzeugen .	176
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>181</b>

<b>A. Nomenklatur</b>	<b>185</b>
A.1. Formelzeichen . . . . .	185
A.2. Abkürzungen . . . . .	188
<b>B. Weitere Messwerte und Ergebnisse</b>	<b>189</b>
B.1. Messwerte der Durchströmungsmessung . . . . .	189
B.2. Weitere Ergebnisse der Eindringversuche . . . . .	205
<b>Index</b>	<b>207</b>



<http://www.springer.com/978-3-662-47760-1>

Laseradditiv gefertigte, luftdurchlässige  
Mesostrukturen

Herstellung und Eigenschaften für die Anwendung

Klahn, C.

2015, XVI, 208 S. 158 Abb., 48 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-47760-1