

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
1. Einleitung	1
2. Begriffsbestimmung und Verfahrensbeschreibungen	5
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
3. Problemstellung und Lösungsweg	41
4. Herstellung von luftdurchlässigen Strukturen	45
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
5. Bestimmung der Luftdurchlässigkeit	71
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
6. Robustheit der Struktur gegen mechanische Belastungen	97
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 luftdurchlässi- gen 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
7. Wärmetransport durch die luftdurchlässige Struktur	131
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
8. Einsatzmöglichkeiten in technischen Anwendungen	153
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
9. Zusammenfassung und Ausblick	181

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