

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>IX</b>
<b>Über den Autor</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Einführung in die Methode der Finiten Elemente</b> .....	<b>1</b>
1.1 Einleitung .....	1
1.2 Anwendungsfelder der Finiten-Elemente-Methode .....	2
1.3 Grundlagen der Modellbildung .....	4
1.3.1 Anforderungen an Modelle .....	5
1.3.2 Verfahren der Modellbildung .....	6
1.3.3 Anforderungen an den Modellbildner .....	8
1.3.4 Modellvalidierung und Modellverifikation .....	10
1.4 Finite-Elemente-Modellierung .....	12
1.5 Grundregeln zur korrekten Anwendung der FEM .....	14
1.5.1 Fehlerquellen .....	14
1.5.2 Netzaufbau .....	15
1.5.3 Genauigkeit der Ergebnisse .....	17
<b>2 Simulation des Füllprozesses</b> .....	<b>21</b>
2.1 Einleitung .....	21
2.2 Zeitpunkte für Füllsimulationen .....	22
2.3 Ablauf einer Füllsimulation .....	26
2.4 Netzaufbau und Modellerstellung .....	29
2.4.1 Kunststoffgerechte Auslegung des Formteils .....	29
2.4.2 Auslegung des Angusses .....	36
2.4.3 Auslegung des Kühlsystems .....	41

2.4.4	Grundlagen der Strömungstechnik	47
2.4.5	Netzaufbau	60
2.4.6	Bewertung der Netzqualität	64
2.4.6.1	Netzqualität im Moldex3D	68
2.4.6.2	Netzqualität im Autodesk Moldflow Insight	81
2.4.6.3	Netzqualität im CADMOULD	104
2.4.6.4	Fazit	117
2.5	Abbildung des Spritzgießprozesses	117
2.5.1	Kompaktspritzgießen	118
2.5.2	Mehrkomponentenspritzgießen	128
2.5.3	Sandwichspritzgießen	131
2.5.4	Gasinnendruck-Verfahren	132
2.5.5	Spritzprägen	133
2.5.6	Thermoplast-Schaumspritzgießen	135
2.5.7	Spritzgießen mit Elastomeren und Duromeren	137
2.5.8	Ansätze zur numerischen Simulation des Aufschmelzverhaltens	139
2.6	Grundlagen der Materialdaten	141
2.6.1	Aufbau der Kunststoffe	142
2.6.2	Rheologisches Verhalten der Kunststoffschmelze	144
2.6.3	Das p-v-T-Diagramm	151
2.6.4	Bestimmung der thermischen Kennwerte	155
2.6.5	Die Wärmekapazität	159
2.6.6	Die Wärmeleitfähigkeit	161
2.6.7	Der Wärmeausdehnungskoeffizient	163
2.6.8	Mechanische Kennwerte	165
2.6.9	Orientierungseffekte	166
2.6.10	Kristallisation von Kunststoffen	172
2.6.11	Werkstoffauswahl für Kunststoffformteile	175
2.7	Qualität der Spritzgießsimulation	176
2.8	Die Ergebnisinterpretation	180
2.8.1	Das Füllbild	181
2.8.2	Die Fließfronttemperatur	192
2.8.3	Die Temperaturverteilung im Formteil	193

2.8.4	Die Druckverteilung im Formteil .....	195
2.8.5	Die Scherung im Formteil .....	197
2.8.6	Die Schwindung des Formteils .....	198
2.8.7	Die Faserorientierung im Formteil .....	199
2.8.8	Der Verzug des Formteils .....	199
2.8.9	Die Kühlung des Formteils .....	201
2.8.10	Auswertung mittels automatisierter Variantenanalyse .....	203
<b>3</b>	<b>Druckverluste im Spritzgießprozess .....</b>	<b>211</b>
3.1	Stand der Wissenschaft .....	211
3.2	Prozessmesstechnik .....	217
3.2.1	Drucksensoren .....	218
3.2.2	Temperatursensoren .....	221
3.2.3	Volumenstromsensoren .....	223
3.2.4	Aufbau eines messtechnischen Umfelds .....	225
3.3	Durchführung der Spritzgießversuche .....	227
3.3.1	Verwendete Werkstoffe .....	227
3.3.2	Vorbereitung der Spritzgießversuche .....	228
3.3.3	Auswertung der Spritzgießversuche .....	230
3.4	Durchführung der Spritzgießsimulationen .....	233
3.4.1	Aufbau des Simulationsmodells .....	233
3.4.2	Auswertung der Spritzgießsimulationen .....	237
3.5	Unterschiede zwischen dem realen Spritzgießprozess und der Spritzgießsimulation .....	242
	<b>Literatur .....</b>	<b>249</b>
	<b>Index .....</b>	<b>257</b>