

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                   |             |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Kurzzusammenfassung</b>                                        | <b>vii</b>  |
| <b>Abstract</b>                                                   | <b>ix</b>   |
| <b>Résumé</b>                                                     | <b>xi</b>   |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                         | <b>xiii</b> |
| <b>1 Einleitung</b>                                               | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivation .....                                              | 2           |
| 1.2 Ziel der Arbeit .....                                         | 5           |
| 1.3 Aufbau der Arbeit .....                                       | 6           |
| 1.4 Veröffentlichungen .....                                      | 7           |
| <b>2 Grundlagen</b>                                               | <b>9</b>    |
| 2.1 Polymerwerkstoffe .....                                       | 9           |
| 2.1.1 Aufbau von thermoplastischen Polymeren.....                 | 12          |
| 2.1.2 Verstärkungsstoffe und -fasern .....                        | 13          |
| 2.2 Faserorientierung in kurzfaserverstärkten Thermoplasten ..... | 15          |
| 2.2.1 Einflussgrößen auf die Faserorientierung.....               | 16          |
| 2.2.2 Experimentelle Ermittlung der Faserorientierung.....        | 17          |
| 2.2.3 Mathematische Berechnungsansätze der Faserorientierung .... | 18          |
| 2.2.4 Simulation der Faserorientierung .....                      | 19          |
| 2.3 Probekörper mit hoher Faserorientierung.....                  | 20          |
| 2.4 Herstellungsverfahren Spritzguss .....                        | 21          |
| 2.4.1 Rheologie einer Polymerschmelze .....                       | 24          |
| 2.4.2 Spritzgusssimulation .....                                  | 26          |
| 2.5 Probenpräparation mittels Fräsen.....                         | 29          |
| 2.6 Prüfmethoden.....                                             | 29          |
| 2.6.1 Mikrocomputertomographie .....                              | 30          |
| 2.6.2 Lichtmikroskop .....                                        | 32          |
| 2.6.3 Oberflächentopographie.....                                 | 33          |
| 2.6.4 Quasi-statische Zugprüfung.....                             | 37          |
| 2.6.5 Digitale Bildkorrelation .....                              | 41          |

|          |                                                                    |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3</b> | <b>Entwicklung einer hochorientierten Prüfplatte</b>               | <b>43</b>  |
| 3.1      | Anforderungen .....                                                | 43         |
| 3.2      | Konzeptionierung .....                                             | 45         |
| 3.2.1    | Erweiterung des Kavitätsumens über Fließweglänge .....             | 46         |
| 3.2.2    | Verringerung des Kavitätsumens über Wandstärke .....               | 48         |
| 3.2.3    | Konstantes Kavitätsumen mit rheologischer Optimierung ..           | 50         |
| 3.2.4    | Schwingungsinduzierte Faserorientierung .....                      | 51         |
| 3.2.5    | Nutzung hochorientierter Bereiche .....                            | 52         |
| 3.2.6    | Push-Pull-Injection-Molding.....                                   | 54         |
| 3.3      | Bewertung und Auswahl .....                                        | 54         |
| 3.4      | Definition der finalen Geometrie .....                             | 56         |
| 3.5      | Validierung der hochorientierten Prüfplatte .....                  | 62         |
| <b>4</b> | <b>Experimentelle Untersuchungen</b>                               | <b>67</b>  |
| 4.1      | Probenherstellung .....                                            | 68         |
| 4.1.1    | Material der Prüfkörper.....                                       | 68         |
| 4.1.2    | Spritzgießen hochorientierter Platten .....                        | 68         |
| 4.1.3    | Probekörpergeometrie .....                                         | 71         |
| 4.1.4    | Extraktionswinkel der Prüfkörper.....                              | 73         |
| 4.2      | Analyse des Fräsprozesses.....                                     | 74         |
| 4.2.1    | Fräserrundlauf .....                                               | 75         |
| 4.2.2    | Temperaturanalyse im Fräsprozess.....                              | 75         |
| 4.2.3    | Ermittlung geeigneter Fräsparameter .....                          | 77         |
| 4.3      | Mikroskopische Untersuchung .....                                  | 79         |
| 4.4      | Einfluss der Probengeometrie auf Rauigkeit und mech. Kennwerte ... | 81         |
| 4.4.1    | Oberflächenrauigkeit .....                                         | 82         |
| 4.4.2    | Mechanische Kennwerte.....                                         | 82         |
| 4.4.3    | Schlussfolgerung .....                                             | 86         |
| 4.5      | Auswertung der Oberflächenrauigkeit .....                          | 89         |
| 4.5.1    | Vergleich von 2D und 3D optischer Oberflächenerfassung .....       | 90         |
| 4.5.2    | Auswertung der Rauigkeitskennwerte .....                           | 92         |
| 4.6      | Auswertung der mechanischen Kennwerte .....                        | 94         |
| 4.6.1    | Faserorientierungsabhängige Ergebnisse .....                       | 95         |
| 4.6.2    | Fräsparametersatzabhängige Ergebnisse .....                        | 99         |
| 4.6.3    | Temperaturabhängige Ergebnisse .....                               | 100        |
| 4.7      | Einfluss der Rauigkeit auf die mechanischen Eigenschaften .....    | 102        |
| <b>5</b> | <b>Fazit</b>                                                       | <b>107</b> |
| 5.1      | Zusammenfassung und Ausblick .....                                 | 107        |
| 5.2      | Summary and Outlook .....                                          | 111        |
| 5.3      | Résumé et Perspectives .....                                       | 115        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <b>Literaturverzeichnis</b>             | <b>119</b> |
| <b>Anhang</b>                           | <b>128</b> |
| <b>A Versuchsprotokolle</b>             | <b>129</b> |
| A.1 Protokoll $\mu$ -CT: PBT GF 30..... | 129        |
| A.2 Protokoll $\mu$ -CT: PA GF 30.....  | 138        |
| <b>Danksagung</b>                       | <b>147</b> |