

## Inhalt

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Einleitung und Motivation .....   | 8  |
| 2     | Grundlagen und Stand der Technik .....                                  | 13 |
| 2.1   | FVK-Metall-Hybrid-Werkstoffe .....                                      | 13 |
| 2.1.1 | Verstärkungsfasern und Lamineigenschaften .....                         | 14 |
| 2.1.2 | Leichtbaupotenzial .....  | 17 |
| 2.2   | Werkstoffeinsatz und Strukturgestaltung von Großserienkarosserien ..... | 19 |
| 2.2.1 | Karosseriearchitektur .....   | 22 |
| 2.2.2 | Rohbau-Prozess .....  | 24 |
| 2.3   | Anwendungen von FVK-Metall-Strukturverstärkungen .....                  | 28 |
| 2.3.1 | Bauteile und Werkstoffe .....   | 29 |
| 2.3.2 | Fertigungskonzepte .....  | 31 |
| 2.3.3 | Numerische Berechnung .....   | 33 |
| 2.3.4 | Kostenberechnung .....  | 36 |
| 2.4   | Verarbeitung thermoplastischer Faserverbundkunststoffe .....            | 37 |
| 2.4.1 | Grundlagen .....  | 41 |
| 2.4.2 | Werkstoffeigenschaften und Halbzeuge .....                              | 43 |
| 2.4.3 | Thermoformen von Faserverbundkunststoffen .....                         | 44 |
| 2.4.4 | Prozesskette .....  | 45 |
| 3     | Forschungsansatz .....  | 48 |
| 3.1   | Konzeptbeschreibung .....   | 49 |
| 3.1.1 | Prozesskette .....  | 49 |
| 3.1.2 | Bauteilauswahl .....  | 51 |
| 3.1.3 | Fasern und Matrix .....   | 52 |
| 3.2   | Vorgehensweise .....  | 53 |
| 3.3   | Werkzeuge .....   | 56 |
| 3.3.1 | Numerische Simulation von FVK-Metall-Hybridstrukturen .....             | 56 |
| 3.3.2 | Empirische Zusammenhänge zur Ermittlung der Prozesszeit .....           | 58 |
| 3.3.3 | Technische Kostenmodellierung .....                                     | 62 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.4     | Referenzstruktur .....   | 62  |
| 4       | FVK-Metall-Hybridkonzept für die Pkw-Bodengruppe .....         | 65  |
| 4.1     | Dimensionierung .....  | 66  |
| 4.1.1   | Referenzwertermittlung.....                                    | 68  |
| 4.1.2   | Variantenübersicht.....  | 74  |
| 4.1.3   | Sitzquerträger .....   | 76  |
| 4.1.3.1 | Einfluss der Blechdickenreduzierung .....                      | 76  |
| 4.1.3.2 | Einfluss der FVK-Lamine.....                                   | 77  |
| 4.1.4   | Längsträger und Tunnelverstärkungen .....                      | 81  |
| 4.1.4.1 | Einfluss der Blechdickenreduzierung .....                      | 81  |
| 4.1.4.2 | Einfluss der FVK-Lamine.....                                   | 83  |
| 4.1.5   | Überprüfung der Steifigkeit .....                              | 87  |
| 4.1.6   | Leichtbauergebnis .....  | 88  |
| 4.2     | Validierung .....  | 90  |
| 4.2.1   | Ableitung einer Versuchskonfiguration .....                    | 90  |
| 4.2.2   | Referenzwerte der Versuchskonfiguration.....                   | 94  |
| 4.2.3   | Aufbau des Versuches.....                                      | 96  |
| 4.2.4   | Ergebnisse und Abgleich mit der Simulation.....                | 99  |
| 4.3     | Ermittlung der Prozesszeiten und Kosten .....                  | 102 |
| 4.3.1   | Prozesskette zur Fertigung der FVK-Metall-Hybridbauteile ..... | 102 |
| 4.3.2   | Berechnungsmodell.....   | 103 |
| 4.3.3   | Ergebnisse.....  | 108 |
| 4.4     | Bewertung der Leichtbaukonzepte.....                           | 116 |
| 5       | Diskussion .....   | 121 |
| 5.1     | Effizienz der FVK-Metall-Hybridkonzepte.....                   | 121 |
| 5.2     | Ausblick.....  | 122 |
| 6       | Zusammenfassung .....  | 125 |
| 7       | Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes.....                    | 127 |

|   |     |
|---|-----|
| Inhalt  | 7   |
| 8 Literatur .....   | 130 |
| 9 Anhang .....  | 157 |
| 9.1 Werkstoffdatenblätter FVK .....                       | 157 |
| 9.2 Kennwertermittlung und Materialmodelladaptation ..... | 159 |
| 9.3 Kostenmodell Fertigungszelle FVK-Metall-Hybrid .....  | 162 |