

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Generelle Anmerkungen zu den Faserverbundwerkstoffen .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Marktbetrachtung/-verteilung.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Fertigungstechnische Aspekte und Umweltgesichtspunkte .....</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>Kurze Beschreibung der Fertigungsverfahren .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Manuelles Naßlaminierverfahren .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Naßwickelverfahren .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Resin Transfer Mouldingverfahren (RTM) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Reaction Injection Moulding-Verfahren (RIM) .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5</b>	<b>Faser/Harz-Spritzen .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6</b>	<b>Vakuumsack- und Drucksackerverfahren .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7</b>	<b>Prepreg-Niederdruckautoklavverfahren .....</b>	<b>33</b>
<b>3.8</b>	<b>Preßverfahren .....</b>	<b>35</b>
3.8.1	Naßpreßverfahren .....	37
3.8.2	Sheet-Moulding-Compound-Verfahren (SMC) .....	37
3.8.3	Das Taktpreßverfahren .....	38
3.8.4	Das Diaphragma-Verfahren .....	39
<b>3.9</b>	<b>Sonderverfahren zur Herstellung von hohlen Faserverbundbauteilen .....</b>	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>Halbzeuge und Formen von Verstärkungsfasern .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Lieferformen von Verstärkungsfasern .....</b>	<b>47</b>
4.1.1	Garne .....	47
4.1.2	Zwirne .....	47
4.1.3	Rovings oder Tows .....	48
4.1.4	Sondergarne (comingled yarn) .....	48
4.1.5	Ummantelter Roving .....	49
4.1.6	Geschnittene oder gemahlene Kurzfasern .....	50
4.1.7	Geschnittenes Textilglas/Glasflocken .....	51
<b>4.2</b>	<b>Ungerichtete flächige Halbzeuge .....</b>	<b>51</b>
4.2.1	Schnittmatten .....	51
4.2.2	Vliese, Oberflächenvliese .....	52
4.2.3	Endlosmatten .....	54
<b>4.3</b>	<b>Gerichtete flächige Halbzeuge .....</b>	<b>54</b>
4.3.1	Gerichtete Kurzfasergelege .....	54
4.3.2	Unidirektionale Fasergelege .....	54
4.3.3	Multiaxialgelege .....	56
4.3.4	Fasergewebe .....	58
4.3.4.1	Gewebe mit Leinwandbindung .....	59

4.3.4.2	Gewebe mit Körperbindung .....	59
4.3.4.3	Satin- oder Atlasgewebe .....	59
4.3.4.4	Gewebe mit Scheindreherbindung .....	60
4.3.4.5	Triaxiale Gewebe .....	61
4.3.4.6	Kettverstärkte Gewebe .....	64
4.3.4.7	Misch- oder Hybridgewebe .....	64
4.3.4.8	Gittergewebe .....	66
4.3.4.9	2,5-dimensionale Gewebe .....	67
4.3.4.10	Dreidimensionale Gewebe .....	67
4.3.4.11	Zusammenfassung für Gewebe .....	69
<b>4.4</b>	<b>Fasergeflechte .....</b>	<b>75</b>
<b>4.5</b>	<b>Maschenware .....</b>	<b>89</b>
4.5.1	Textile Eigenschaften von Gestrickten .....	93
4.5.2	Stricktechniken .....	99
<b>4.6</b>	<b>Sonderformen von Verstärkungsmaterialien .....</b>	<b>104</b>
4.6.1	Hohlfasern .....	104
4.6.2	Mikrohohlgaskugeln .....	104
4.6.3	Mikroglaskugeln .....	105
<b>5.</b>	<b>Imprägnierte Harze .....</b>	<b>106</b>
<b>5.1</b>	<b>Prepregs mit duroplastischer Matrix .....</b>	<b>106</b>
5.1.1	Lösungsmittelimprägnierung .....	107
5.1.2	Schmelzharzimprägnierung .....	110
5.1.3	Verfahrensvergleich .....	112
5.1.4	Verarbeitungshinweise .....	114
5.1.5	Aspekte der Prepregauswahl unter Einsatzbedingungen ....	122
<b>5.2</b>	<b>Halbzeuge mit thermoplastischer Matrix .....</b>	<b>127</b>
5.2.1	Prepregherstellung .....	127
5.2.2	Prepreggelege aus thermoplastischen Prepregs (organische Bleche) .....	134
5.2.3	Prepreggelege aus thermoplastischen Matrices nach der Filmstacking-Methode .....	139
5.2.4	Halbzeuge mit textilen Matrixsystemen .....	142
<b>5.3</b>	<b>Vergleichende Betrachtung von thermoplastischen und duroplastischen Halbzeugen .....</b>	<b>142</b>
<b>5.4</b>	<b>Preformlinge .....</b>	<b>145</b>
5.4.1	Preformlinge aus textilen Fasergebilden .....	149
5.4.2	Preformlinge für differenzierte Bauteile .....	154
<b>5.5</b>	<b>Pultriierte Halbzeuge .....</b>	<b>157</b>
5.5.1	Beschreibung einer Horizontal-Standard-Strangzieh- maschine .....	160
5.5.2	Beschreibung einer Strangziehmaschine zur Herstellung von Hohlprofilen .....	165
5.5.3	Herstellung stranggezogener Profile aus faserverstärkten Thermoplasten .....	169
5.5.3.1	Stranggezogene Profile aus Kohlenstofffasern und Polyetheretherketon (PEEK) .....	170

5.5.3.2	Stranggezogene Profile aus E-Glasfasern und Polypropylen .....	181
5.5.4	Zusammenfassung .....	193
<b>6.</b>	<b>Bauweisen .....</b>	<b>197</b>
<b>6.1</b>	<b>Definition der Bauweisen .....</b>	<b>207</b>
6.1.2	Die Integralbauweise .....	211
6.1.3	Mischbauweisen .....	219
<b>6.2</b>	<b>Beispiele von komplexen Strukturen aus Mischbauweisen .....</b>	<b>219</b>
6.2.1	Höhenleitwerk Alpha-Jet .....	220
6.2.2	CFK-Flügel Alpha-Jet .....	223
6.2.3	Heckpartie des Commuterflugzeuges Do 328 aus CFK .....	224
6.2.4.	CFK-Rumpfsktion eines Commuterflugzeuges (Experimentalbauteil) .....	230
6.2.5	Äußere CFK-Landeklappen des Airbus A320 .....	233
6.2.6	Querruder des Commuterflugzeuges Do 328 in Faserverbundbauweise .....	233
<b>6.3</b>	<b>Beispiele von komplexen Strukturen in Sandwichbauweise .....</b>	<b>236</b>
6.3.1	CFK-Seitenruder des Alpha-Jet in differenzierter Sandwichbauweise .....	241
6.3.2	CFK-Taileron für das Kampfflugzeug Tornado in differenzierter Sandwichbauweise .....	242
6.3.3	Reise- und Geschäftsflugzeug Starship 1 von Beech-Aircraft in CFK-in-situ-Sandwichbauweise .....	249
6.3.4	Bahnwaggon in Integralsandwichbauweise aus GFK .....	255
6.3.5	TGV-Doppelstockwaggon aus CFK .....	260
6.3.6	Omnibusstruktur aus Faserverbundwerkstoffen .....	261
6.3.7	Fahrradrahmen in Faserverbundsandwichbauweise .....	268
<b>6.4</b>	<b>Bewertung der Bauweisen .....</b>	<b>271</b>
6.4.1	Chancen von Hochleistungsfaserverbunden im "low-cost"-Bereich .....	280
6.4.1.1	Gegenüberstellung der Kostenträger der Herstellkosten von CFK-Strukturen von Flugzeugen und Fahrzeugen .....	281
6.4.1.2	Anmerkungen zum Serieneinsatz von Strukturbauteilen von Transportsystemen aus Faserverbundbauteilen .....	288
<b>6.5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>291</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>295</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>308</b>
	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>333</b>