

Inhaltsverzeichnis

	Verwendete Formelzeichen	VIII
1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Polymere Verbundwerkstoffe	3
2.1.1	Lastübertragung zwischen Faser und Matrix	4
2.1.2	Lastübertragung zwischen benachbarten Fasern	8
2.2	Statistik der Faserfestigkeit	12
2.2.1	Fehlerarten und Fehlerdichte	12
2.2.2	Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik	13
2.2.3	Weibullverteilung	15
2.3	Thermische Ausdehnung und Eigenspannungen	18
2.4	Finite Elemente Methode	21
3	Untersuchungsmethoden	30
3.1	Verwendete Materialien	30
3.2	Mechanische und thermische Analysemethoden	34
3.2.1	Zug- und Druckversuche	34
3.2.2	Thermo-mechanische Messungen	36
3.2.3	Bündelzugversuche	37
3.3	Spannungsoptik	41
3.4	Fluoreszenz- und Laser-Raman-Spektroskopie	45
3.5	FEM-Modelle	49
3.5.1	Modell mit einer Faser (debonding)	50
3.5.2	Modelle mit einer Faser (thermische Eigenspannungen)	51
3.5.3	Modell mit mehreren Fasern (Bündelzugversuch)	52
3.5.4	Modell mit mehreren Fasern (Lastübertragung)	53
3.5.5	Modell mit mehreren Fasern (UD-Laminat)	54
4	Ergebnisse	56
4.1	Experimentelle Resultate	56
4.1.1	Zug- und Druckversuche	56
4.1.2	Thermo-mechanische Messungen	64
4.1.3	Bündelzugversuche	68
4.1.4	Spannungsoptik	76
4.1.5	Laser-Fluoreszenz-Spektroskopie	77
4.2	FEM-Modelle	88
4.2.1	Modell mit einer Faser (debonding)	88
4.2.2	Modelle mit einer Faser (thermische Eigenspannungen)	89
4.2.3	Modell mit mehreren Fasern (Bündelzugversuch)	95
4.2.4	Modell mit mehreren Fasern (Lastübertragung)	96
4.2.5	Modell mit mehreren Fasern (UD-Laminat)	102
5	Diskussion	106
5.1	Matrixeigenschaften	107
5.2	Thermische Eigenspannungen	108
5.3	Statistische Faserfestigkeitsverteilung	109
5.4	Modellverbunde	111
5.5	UD-Laminat	120
6	Zusammenfassung und Ausblick	125
7	Literaturverzeichnis	126

8	Anhang	136
8.1.	Verwendete Hard- und Software.....	136
8.2.	Verwendete Subroutines	138
8.2.1	HYPELA	138
8.2.2	PLOTV	152
8.2.3	USPRING.....	153