

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungen und Formelzeichen.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Technik.....	3
2.1 Anwendung der Klebtechnik in der Fahrzeugendmontage	3
2.2 CFK-Werkstoff für strukturelle Anwendungen im Fahrzeug.....	5
2.2.1 Herstellung von CFK im RTM-Verfahren.....	5
2.2.2 RTM-CFK und dessen Werkstoffeigenschaften	7
2.2.3 Bruchverhalten von CFK.....	13
2.3 Klebtechnik	14
2.3.1 Kalthärtende Klebstoffsysteme im Automobilbau.....	15
2.3.2 Eigenschaften von Klebverbindungen.....	17
2.3.3 Schubweiche Klebverbindung im Vergleich zu hochfesten Klebverbindungen .	18
2.3.4 Oberflächenvorbehandlung von CFK	21
2.3.5 Besonderheiten bei einschnittig überlappten CFK-Klebungen	22
3 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	24
4 Probenkörper und Versuchseinrichtungen	27
4.1 Zugversuch	28
4.2 Drei-Punkt-Biegung	28
4.3 ILSS Versuch (Mode II)	29
4.4 DCB Versuch (Mode I).....	29
4.5 Durchstoßprüfung	30
4.6 LWF-KSII Prüfkonzept.....	31
4.7 Zugscherproben.....	31

4.8	Alterung von Montageklebverbindungen.....	32
4.9	Bauteilnahe Profile	33
4.10	Verwendete Prüfanlagen.....	33
4.10.1	Dynamisch-Mechanische Analyse	33
4.10.2	Kennwertermittlung unter quasistatischer Beanspruchung	34
4.10.3	Kennwertermittlung unter stoßartiger Beanspruchung	34
5	Versuchswerkstoffe und Klebstoffsysteme	36
5.1	Aufbau und Eigenschaften des verwendeten RTM-CFK.....	36
5.2	Mikrolegierter Stahl HC340LA.....	39
5.2.1	Einfluss von Temperatur und Verformungsgeschwindigkeit auf das Festigkeitsverhalten des HC340LA.....	40
5.2.2	Fügeteiloberfläche HC340LA.....	42
5.2.3	Eigenschaftsprofil der verwendeten Klebstoffsysteme	42
6	Deformationsmechanisches Werkstoffverhalten	46
6.1	Richtungsabhängige Werkstoffeigenschaften RTM-CFK	46
6.1.1	Abhängigkeit der CFK-Festigkeit von Prüftemperatur, Prüfgeschwindigkeit und Faserorientierung bei Zugbeanspruchung.....	46
6.1.2	CFK-Festigkeit bei Biegebeanspruchung (langer & kurzer Balken) unter Temperaturvariation	50
6.1.3	Interlaminare Rissausbreitung im CFK in Abhängigkeit von Temperatur.....	54
6.1.4	Einfluss stoßartiger Belastung unter Temperatur auf die CFK-Festigkeit und die Rissausbreitung.....	57
6.1.5	Diskussion der CFK-Werkstoffeigenschaften.....	59
6.2	Klebstoffspezifische Kennwertermittlung unter Temperatur- und Prüfgeschwindigkeitsvariation	60
6.2.1	Viskoelastisches Verhalten der ausgewählten Klebstoffsysteme	60

6.2.2	Deformationsmechanisches Verhalten der Klebstoffe unter Zugbeanspruchung	64
6.2.3	Klebstofffestigkeit in Abhängigkeit von der Klebschichtdicke.....	69
6.2.4	Belastungswinkelabhängige Klebstofffestigkeiten (LWF-KSII)	71
6.2.5	Diskussion der klebstoffspezifischen Kennwertermittlung	74
7	Festigkeitsverhalten geklebter RTM-CFK – Stahl Proben.....	76
7.1.1	Oberflächenbehandlung	76
7.1.2	Verbindungsfestigkeiten bei variierten Temperaturen und Prüfgeschwindigkeiten	77
7.1.3	Zugscherfestigkeiten unter Temperatureinfluss bei quasistatischer Beanspruchung.....	78
7.1.4	Zugscherfestigkeiten unter Temperatureinfluss bei stoßartiger Beanspruchung	81
7.1.5	Einfluss der Alterungsprozesse auf die Verbindungsfestigkeit	87
7.1.6	Diskussion der Untersuchungen an geklebten CFK - Stahl Standardproben....	93
8	Untersuchung an bauteilnahen Probengeometrien.....	95
8.1.1	Torsionssteifigkeiten in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.....	95
8.1.2	Einfluss der Klebstoffsysteme auf das Impactverhalten bauteilnaher Profile ..	104
8.1.3	Einfluss der Prüftemperatur auf das Impactverhalten	117
8.1.4	Diskussion der Versuche an bauteilnahen Profilen.....	121
9	Bewertung der ermittelten Ergebnisse	124
10	Zusammenfassung der ermittelten Ergebnisse	125
11	Literaturverzeichnis.....	129
12	Anhang.....	139