

Teil 1:

Multisensorbasierte Schadenserkennung und Qualitätssicherung im CFK-Reparaturprozess

AiF-Nr.: 18757N

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis	14
Abbildungsverzeichnis	15
Tabellenverzeichnis	16
Zusammenfassung	17
1 Wissenschaftlich-technische Problemstellung	19
2 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit dem Ziel des Forschungsvorhabens	20
2.1 Ziel des Forschungsvorhabens	20
2.2 Angestrebte und erreichte Forschungsergebnisse	20
3 Erläuterung der Forschungsergebnisse	22
3.1 Anforderungsanalyse	22
3.2 Messmittel und Schadenserfassung	25
3.3 Entwicklung eines 3D-Gesamtdatenmodells mittels Multisensorfusion	35
3.4 Qualitätssicherung des Reparaturergebnisses (TP4)	41
3.5 Nachweis der Prüfprozesseignung	41
4 Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen für kleine und mittlere Unternehmen	47
4.1 Wissenschaftlich-technischer Nutzen	47
4.2 Wirtschaftlicher Nutzen	47
5 Literaturverzeichnis	49
6 Anhang	50
6.1 Fehlerfläche: Messreihe A und Messreihe B	50
6.2 Fehlerfläche: Statistische Auswertung der Messreihe B	52
6.3 Fehlerlage: Statistische Auswertung der Messreihe B	43
6.4 Kalibrierung der Ultraschallmessung	54
6.5 Messreihen der Ultraschall-Messsystemanalyse	55
6.6 Messreihen der Ultraschall-Messprozessanalyse	56

Teil 2:
Methodenentwicklung zur struktur-mechanischen
Schadensabbildung und -bewertung faserverstärkter
Kunststoffe und zur Auslegung von Reparatur-
konzepten

AiF-Nr.: 18758N

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung60

Abbildungsverzeichnis61

Tabellenverzeichnis64

1 Einleitung65

1.1 Wissenschaftlich-technische Problemstellung65

1.2 Forschungsziel66

1.3 Angestrebte und erreichte Forschungsergebnisse66

2 Ergebnisse.....67

2.1 Anforderungsanalyse.....67

2.2 Erstellung von Datensätzen zum mechanischen Verhalten beschädigter und
unbeschädigter FVK70

2.2.1 Quasistatische Versuche an unbeschädigten Laminaten72

2.2.2 Quasistatische Versuche an unbeschädigten Laminaten73

2.2.3 Dynamische Versuche an unbeschädigten und beschädigten Hutprofilen74

2.3 Entwicklung von Methoden zur Simulation und beschädigter FVK.....80

2.3.1 Bestimmung der Materialkarte für unbeschädigte FVK82

2.3.2 Mapping eines Schadens auf das FE-Netz eines Bauteils86

2.3.3 Bestimmung der Materialkarte für beschädigte FVK89

2.4 Leitfaden zur strukturmechanischen Bewertung von Schäden an FVK.....95

2.5 Leitfaden zur Auslegung von FVK-Reparaturmethoden96

2.6 Validierung am Demonstratorbauteil99

2.6.1 Vorschädigung der Demonstratorbauteile100

2.6.2 Schadenserfassung an den vorgeschädigten Demonstratorbauteilen (TP 1).....100

2.6.3 Anpassung des Validierungsansatzes101

2.6.4 Reparatur der Hutprofile101

2.6.5 Dynamische Drei-Punkt-Biegeversuche an reparierten Hutprofilen.....102

3 Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Forschungser-
gebnisse für KMU104

4	Ergebnisse und Ausblick	105
5	Literatur	107
6	Anhang	108
6.1	Abminderungsfaktoren Zug-Beanspruchung	108
6.2	Abminderungsfaktoren Biege-Beanspruchung	111
6.3	Leitfaden I	113
6.4	Leitfaden II	119

Teil 3:**Entwicklung von Methoden zur wirtschaftlichen Reparatur von geschädigten FVK-Strukturbauteilen unter Berücksichtigung der Reparaturwerkstattbedingungen mittels flexibler und neuartiger Fertigungs- und Fügeverfahren**

AiF-Nr.: 26LN

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	128
Tabellenverzeichnis	131
Zusammenfassung	132
1 Einleitung	135
1.1 Wissenschaftlich-technische Problemstellung	135
1.2 Forschungsziel	136
1.3 Angestrebte und erreichte Forschungsergebnisse	136
2 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum	137
2.1 Teilprojekt- und arbeitspaketübergreifende Arbeiten	137
2.2 Entwicklungen von Methoden zur wirtschaftlichen Reparatur (IGF-Vorhaben 26 LN)	140
2.2.1 Anforderungsanalyse	140
2.2.2 Bewertung bestehender Reparaturverfahren und neuer Ansätze auf Basis der Anforderungsanalyse	141
2.2.3 Entwicklung von Methoden zur wirtschaftlichen Herstellung von individuellen bauteilangepassten Reparaturpatches mittels flexiblen Fertigungstechniken für faserverstärkte Kunststoffe, metallische und hybride Bauteilstrukturen	142
2.2.4 Entwicklung flexibler und werkstatttauglicher Fügetechniken	168
2.2.5 Ausarbeitung der Reparaturmethoden in Form eines Expert-Tools	185
2.2.6 Validierung der Fertigungs- und Fügetechniken anhand eines Demonstrators zur Reparatur des geschädigten FVK-Bauteils unter Reparaturwerkstattbedin- gungen	189
3 Ergebnisse und Ausblick	194
4 Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Forschungser- gebnisse für kmU	196
5 Literaturverzeichnis	198
6 Anhang	198
6.1 Steckbriefe für die flexible Werkzeugtechnik	199
6.2 Leitfaden zur Patchherstellung und Reparatur von CFK-Strukturbauteilen	223