

# Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen .....	III
1 Einleitung .....	1
2 Stand der Technik .....	3
2.1 Faserkunststoffverbunde .....	3
2.1.1 Einteilung und Eigenschaften von CFK .....	4
2.1.2 Schädigungsverhalten von FKV .....	5
2.2 Laminatschädigung durch Bohr- und Stanzprozesse im FKV .....	6
2.2.1 Schädigungsermittlung .....	7
2.2.2 Schädigungsbewertung .....	9
2.3 Fügechnik für FKV .....	10
2.3.1 Merkmale einer Bolzenverbindung in Faserverbundkunststoffen .....	10
2.3.2 Vorlochbehaftete Fügechnik für FKV .....	15
2.3.3 VorloCHFfreie Fügechnik für FKV .....	16
2.4 Anforderungen an automatisierte Fügeverfahren im Automobilkarosseriebau .....	21
3 Aufgabenstellung .....	23
4 Darstellung der Versuchsrandbedingungen .....	25
4.1 Hilfsfügeelement- und Fügeteilwerkstoffe .....	25
4.1.1 Klebstoffsystem für Hybridverbindungen .....	27
4.2 Anlagentechnik zur Verbindungserzeugung .....	27
4.3 Prüfverfahren zur Ermittlung der Verbindungseigenschaften unter quasistatischer und zyklischer Belastung .....	29
4.3.1 Quasistatische Scher- und Kopfzugprüfung .....	29
4.3.2 Dynamische Scherzugprüfung unter zyklischer Belastung .....	30
4.4 Bewertung der Laminatschäden mittels Computertomographie .....	31
5 Grundlagenuntersuchungen zum Stanzverhalten von CFK .....	33
5.1 Stanzkraft und Laminatschädigung für unterschiedliche Stempelkonturen .....	33
5.2 Einfluss von Prozessgrößen auf die Laminatschädigungen .....	39
6 Bewertung neuartiger Fügeverfahren für FKV-Verbindungen .....	41
6.1 Eingrenzung der Verfahren .....	41
6.2 Weiterentwicklung des Schließringstanznietens .....	45
6.3 Weiterentwicklung des Vollstanznietens mit Schließelement .....	48
6.4 Weiterentwicklung des Hutelementstanznietens .....	52
6.5 Vergleich der Verbindungseigenschaften mit Referenzfügeverfahren .....	55
6.5.1 Ermittlung der Laminatschädigungen durch den Fügeprozess .....	55
6.5.2 Prüfung unter quasistatischer Scher- und Kopfzugbelastung .....	58

6.5.3	Prüfung unter zyklischer Scherzugbelastung.....	61
6.5.4	Ermittlung des Klebstoffeinflusses beim Setzprozess.....	62
6.6	Finale Verfahrensauswahl für die automatisierte Anwendung.....	67
7	Elemente- und Verbindungsoptimierung beim Schließringstanznieten .....	69
7.1	Optimierung des Schließringbolzens.....	70
7.2	Optimierung der Schließringeinführung mittels Umformsimulation .....	74
7.2.1	Validierung des Simulationsmodells .....	76
7.2.2	Optimierung der Anformmatrizengeometrie .....	78
7.2.3	Umsetzung der Simulationsergebnisse in Realversuchen .....	84
8	Einfluss der Laminatschädigungen auf die Verbindungsfestigkeit .....	87
8.1	Eigenschaften vorgelochter und vorloCHFREIER Verbindungen unter quasistatischer Belastung.....	89
8.2	Einfluss der Laminatschädigungen unter zyklischer Belastung .....	93
8.2.1	Beschreibung des Abbruchkriteriums für zyklische Scherzugversuche.....	93
8.2.2	Charakterisierung des Laminatschädigungswachstums unter zyklischer Belastung.....	97
8.2.3	Einfluss unterschiedlicher Laminatschädigungen auf die quasistatische Scherzugfestigkeit nach zyklischer Belastung.....	102
9	Zusammenfassung .....	105
10	Literaturverzeichnis .....	107