

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Formelverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Forschung.....	3
2.1 Kleben von Metallen und faserverstärkten Kunststoffen	3
2.2 Faserkunststoffverbunde.....	4
2.2.1 Aufbau und Herstellung.....	4
2.2.2 Versagensmechanismen.....	4
2.2.3 Zugverhalten von unidirektionalen Verbunden	5
2.2.4 Schubverhalten von unidirektionalen Verbunden.....	6
2.3 Kennwertermittlung an Klebverbindungen	7
2.3.1 Kennwertermittlung an geklebten FVK/Metall-Prüfkörpern.....	8
2.3.2 Kennwertermittlung an idealsteifen Prüfkörpern.....	13
3 Aufgabenstellung.....	19
4 Versuchswerkstoffe und -einrichtungen	21
4.1 Werkstoffe	21
4.1.1 Metallische Werkstoffe	21
4.1.2 Eingesetzte Faserverbundwerkstoffe	23
4.2 Klebstoffe, Prüfkörper und Probengeometrien.....	25
4.2.1 Kaltaushärtende 2K-Reaktionsklebstoffe	25
4.2.2 Zugversuche	27
4.3 Versuchseinrichtungen und Prüfverfahren	30
4.3.1 Zugprüfmaschine Zwick Z100.....	30
4.3.2 Zugprüfmaschine Kopfzugproben	31
4.3.3 Schenk Hydropuls	32
4.3.4 Dehnungsmessung GOM	33
4.4 Kurvenauswertung und Mittelwertbildung.....	33
4.5 Physikalisch-chemische Eigenschaftsbestimmung.....	35
4.5.1 Kontaktwinkelmessung.....	35
4.5.2 Rasterkraftmikroskopie.....	36
4.5.3 Rasterelektronenmikroskopie.....	36
4.5.4 Energiedispersive Röntgenspektroskopie	37
4.5.5 Dynamische Differenzkalorimetrie.....	37

5	Probenentwicklung für Verbindungskennwerte	38
5.1	Voruntersuchungen	38
5.2	Geometrieentwicklung für Grundversuchsproben	39
5.3	Geometrieentwicklung für Schälversuchsproben	40
5.4	Fügen der Grundversuchsproben	41
5.4.1	Vorbereitung der CFK-Coupons	41
5.4.2	Fügevorrichtung	43
5.4.3	Fügeschritte	43
5.5	Lokale Messung der Verlängerung	45
5.5.1	Externe Wegaufnehmer	45
5.5.2	Berücksichtigung der Füge­teil­verformung	46
5.5.3	Verifikation durch Grauwertkorrelation	52
5.5.4	Verifikation der Messmethoden	55
5.6	Einstellung der Klebschichtdicke	56
5.6.1	Runde Kopfbzugproben	57
5.6.2	Dicke Scherzugproben	58
5.6.3	Technologische Proben	59
6	Charakterisierung der Versuchswerkstoffe	60
6.1	Charakterisierung der Faserkunststoffverbunde	60
6.1.1	Bestimmung des Faservolumengehaltes	60
6.1.2	Zugversuche unter variierendem Faserwinkel	62
6.1.3	Zugversuche für reinen Faserschub	63
6.2	Charakterisierung der Versuchs­kleb­stoffe	64
6.2.1	Epoxid-Klebstoff	64
6.2.2	Polyurethan-Klebstoff	66
6.2.3	Kohäsionsbruchverhalten	68
6.2.4	Voruntersuchungen	71
7	Eigenschaften von FVK/Metall-Kle­b­ver­bin­dun­gen	73
7.1	Epoxidharz-Klebstoff	73
7.1.1	DSZlam-Proben	73
7.1.2	RKZlam-Proben	74
7.1.3	Vergleich der Verbindungskennwerte dünner und dicker Scherzugproben	76
7.1.4	Schälbeanspruchung	78
7.2	Polyurethan-Klebstoff	78
7.2.1	DSZlam-Proben	78
7.2.2	RKZlam-Proben	79
7.2.3	Vergleich der Verbindungskennwerte dünner und dicker Scherzugproben	81
7.2.4	Schälbeanspruchung	83

7.3 Bruchflächenanalysen.....	84
7.3.1 Epoxid-Klebstoff.....	84
7.3.2 Polyurethan-Klebstoff.....	85
8 Erprobung des Prüfkonzeptes.....	97
8.1 Anwendungsbeispiel elektrisches Luftstrahltriebwerk.....	97
8.1.1 Pflichtenheft Massenstromgenerator.....	98
8.1.2 Ermittlung der Belastungen.....	98
8.2 Anwendung des Prüfkonzeptes.....	100
8.2.1 Klebstoffauswahl.....	100
8.2.2 Auswahl der Oberflächenvorbehandlung.....	102
8.2.3 Zyklische Belastung.....	102
8.2.4 Zyklische Belastung unter Temperatureinfluss.....	103
8.2.5 Bewertung der Schwingfestigkeit.....	105
9 Zusammenfassung.....	107
10 Literaturverzeichnis.....	109
11 Normentwurf.....	122
12 Lebenslauf.....	131