

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Stand der Kenntnisse	2
2.1 Nachbearbeitungsverfahren für Faserverbundwerkstoffe	2
2.1.1 Fräsen / Umfangsfräsen	3
2.1.2 Wasserstrahlschneiden	4
2.1.3 Schneiden mit infraroter Laserstrahlung	4
2.1.4 Schneiden mit UV-Laserstrahlung	6
2.2 UV-Laser-Ablation von Polymeren	7
2.2.1 Ablationstheorie nach dem Absorptionsverhalten der Werkstoffe	8
2.2.2 Ablationstheorie der Energieumsetzung im Werkstoff	10
2.2.3 Ablationstheorie der Dynamik der Energieumsetzung	15
2.2.4 Kritische Betrachtung der vorgestellten Modelle	20
3. Aufgabenstellung	22
4. Versuchstechnik	23
4.1 Versuchsplanung	23
4.2 Versuchswerkstoffe	24
4.2.1 Kohlefasern	24
4.2.2 Epoxidharz	27
4.2.3 Unidirektionale Kohlefaser-Prepregs mit Epoxidharzmatrix	29
4.3 Versuchsanlage	30
4.4 Versuchsaufbau zum Abtragen und Schneiden ohne Prozeßgas	31
4.5 Versuchsaufbau zum Abtragen mit Prozeßgasdüse	32
4.6 Versuchsaufbau zur Untersuchung der Ausbreitung laserinduzierter Plasmen	33
4.7 Versuchsaufbau zur Druckfeldmessung	34
4.8 Meßtechnik und Vorgehensweise zur Geometrieerfassung	35
5. Abtragen der Verbundwerkstoffkomponenten	40
5.1 Modell der Beeinflussung von Prozeß- und Werkstoffparametern	40
5.2 Abtragen von Kohlefasern	43
5.2.1 Einfluß von Wellenlänge und Energiedichte	44
5.2.2 Einfluß der Pulsfrequenz	47
5.2.3 Geometrische Einflüsse und Schädigungsbilder	48

5.3	Abtragen von Epoxidharzen	51
5.3.1	Einfluß von Wellenlänge und Energiedichte	51
5.3.2	Einfluß der Pulsfrequenz	56
5.3.3	Thermische Einflüsse	56
5.4	Abtragen von unidirektionalen Kohlefaserverbundkunststoffen	58
5.4.1	Einfluß der Energiedichte	59
5.4.2	Einfluß der Pulsfrequenz	62
5.4.3	Schädigungsbilder	63
5.4.4	Niederschlag von Abtragsprodukten	65
5.4.5	Ausbreitung der Plasmaformation	65
6.	Modell des Schneidens durch schichtweisen Materialabtrag	68
6.1	Vorschubgeschwindigkeit	68
6.2	Schnittfugenprofil	69
7.	Schneiden von UD-CFK mit Epoxidharzmatrix	72
7.1	Bildebene und Schnittfugengeometrie	72
7.2	Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit	73
7.3	Einfluß der Energiedichte	75
7.4	Einfluß der Strahlfleckabmessungen	76
7.5	Schädigungsbilder der Schnittkanten	78
8.	Konstruktion einer Bearbeitungsgasdüse	81
8.1	Zielsetzung	81
8.2	Konzeption	81
8.3	Konstruktion	83
9.	Messen der Druckfelder	87
9.1	Arbeitsabstand	88
9.2	Druckfelder bei radialer Prozeßgasströmung	89
9.3	Druckfelder bei zirkulierender Prozeßgasströmung	91
10.	Abtragen und Schneiden von CFK mit Prozeßgasdüse	95
10.1	Abtragen	95
10.2	Schneiden	99
10.3	Struktur der abgesaugten Partikel	100

11. Analyse der Kostenstruktur von Excimer-Lasern	102
11.1 Investitionskosten	104
11.2 Betriebskosten	107
11.2.1 Energiekosten	108
11.2.2 Instandhaltungskosten	115
11.3 Wirtschaftliche Einsatzbedingungen für Excimer-Laser	116
12. Zukünftige Anwendungen	117
13. Zusammenfassung	119
14. Literatur	121