

Fachbereich AKTUELL

Herstellung von CFK-Bauteilen

FBHM-092

Orientierungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung bei der Serienfertigung

Sachgebiet Fahrzeugbau, -antriebssysteme und Instandhaltung
Stand: 07.03.2025

Diese Fachbereich AKTUELL dient der Betrachtung der Gesundheitsgefährdungen, die bei der Herstellung von Bauteilen aus ausgehärteten carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) im Serienprozess entstehen können. Die dafür nötigen Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten, abhängig von der auftretenden Faserstaubkonzentration und den eingesetzten Gefahrstoffkomponenten, werden hier im Detail beschrieben.

Informationen zu Eigenschaften und Wirkungen von Carbonfasern oder Faserbruchstücken und generelle Maßnahmen gegen eine damit verbundene eventuelle Staubbelastung zum Schutz für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können der Fachbereich AKTUELL FBHM-074 [1] des Fachbereichs Holz und Metall entnommen werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Prozessschritte zur Herstellung	2
2	Gefährdungen	4
3	Schutzmaßnahmen	5
4	Arbeitsmedizinische Vorsorge	6
5	Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen	6

Die speziellen werkstoffspezifischen Eigenschaften von CFK-Bauteilen, die z. B. eine optimale Steifigkeit im Verhältnis zum spezifischen Gewicht aufweisen, erklären unter anderem das zunehmende wirtschaftliche Interesse. Das Anwendungsspektrum von Carbonfaserverbundbauteilen stieg in den vergangenen Jahren stetig. Dadurch ist es Herstellfirmen möglich, CFK-Bauteile wirtschaftlich in Serie oder Großserie herzustellen.

Dabei steigt die Expositionszeit für Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Immer mehr Beschäftigte können bei der Herstellung Gesundheitsgefährdungen ausgesetzt sein wie Hautkontakt mit Partikelstäuben oder deren Inhalation.



Abbildung 1 – CFK-Preforming

1 Prozessschritte zur Herstellung

Die in der Abbildung 2 „grau“ hinterlegten Prozessschritte werden in dieser Fachbereich AKTUELL nicht weiter behandelt.

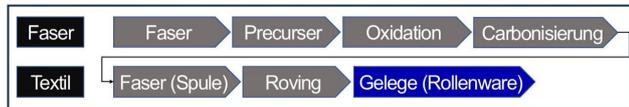


Abbildung 2 – Prozessschritte von der Faser bis zum Gelege

1.1 Produktion von Carbonfasern

Das Rohmaterial ist eine Kunstfaser aus Polyacrylnitril, Pech oder anderen Ausgangsmaterialien. Diese wird nach einer Oxidation bei 200 – 300 °C im Carbonisierungsprozess auf bis zu 1.300 °C erhitzt und unterschiedlichen Druckverhältnissen ausgesetzt. Dadurch entsteht eine schwarze Carbonfaser aus nahezu reinem Kohlenstoff. Die Einzelfasern (Filamente) werden zu Bündeln (Rovings) zusammengefasst und auf Spulen gewickelt.

1.2 Produktion der Gelege

Zur Herstellung der CFK-Gelege werden die Faserbündel aus Carbon in unterschiedlichen Winkeln ausgelegt und mit einem Kettfaden nach definiertem Muster zum Gelege verwirkt. Anschließend wird ein Binder aufgestreut, welcher später zur Fixierung der Lagen beim Stacking dient. Schließlich werden die Gelege auf Breite geschnitten und auf Hülsen gerollt.

Bei Spezialprodukten können im Gelege auch Lagen unterschiedlicher Verstärkungsfasern wie Glas- oder Aramidfasern enthalten sein (hybride Gelege).

1.3 Produktion von CFK-Stacks

Die CFK-Stacks entstehen infolge der vorgegebenen Reihenfolge der drei Prozessschritte Legen, Schneiden und Fügen.



Abbildung 3 – Prozessschritte zur Herstellung von CFK-Stacks

1.3.1 Prozessschritt LEGEN

Die Rollen mit dem CFK-Gelege werden automatisch über zwei Manipulatoren abgerollt. Je nach Bauteil werden bis zu 15 verschiedene Lagen übereinandergestapelt. Der fertige Stapel wird als Lagenaufbau bezeichnet.

1.3.2 Prozessschritt SCHNEIDEN

Die Lagenaufbauten werden über Bänder zur Schneideanlage gefördert. Hochpräzise Anlagen schneiden computergesteuert aus den Lagenaufbauten (Stapeln) die Grundformen für spätere Bauteile.

1.3.3 Prozessschritt FÜGEN von Einzellagen zu Stacks

Für das Fügen von Stacks stehen zwei verschiedene Prozesse zur Verfügung. Zum einen können die Stacks punktuell durch Ultraschallschweißen verbunden werden. Zum anderen können sie auf einer Kaschieranlage durch das Aufbringen von Druck und Temperatur vollflächig fixiert werden. In beiden Verfahren sorgt das auf die Gelege aufgebrauchte Bindematerial für eine feste Verbindung der Lagen.

1.4 Produktion duroplastischer CFK-Bauteile

Für die Produktion duroplastischer CFK-Bauteile haben sich, je nach Verfahren, unterschiedliche Prozessschritte bewährt.

1.4.1 Preforming

Im Preformprozess werden die Stacks mit einem Heizfeld zu dreidimensionalen Bauteilen („Preforms“) umgeformt. Dabei werden zunächst trockene textile Halbzeuge in einer Form über einen Binder oder durch Näh- und Stickverfahren in eine sogenannte Preform

überführt. Die Faserorientierung kann durch gezieltes Ablegen den Lastfällen angepasst werden. In der Konfektionierung werden dann mehrere Preforms zu Bauteilen verbunden. Die Weiterverarbeitung erfolgt mittels Nasspressen (siehe Abschnitt 1.4.3) oder Resin Transfer Moulding Verfahren (siehe Abschnitt 1.4.5).

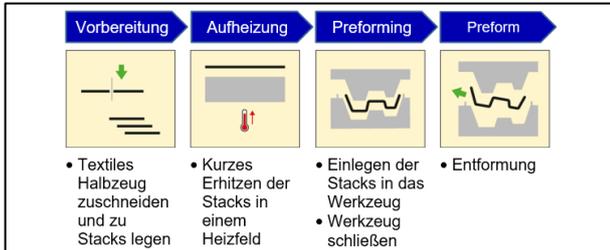


Abbildung 4 – Spezielle Prozessschritte Preforming

1.4.2 Prepreg Pressverfahren

Beim Prepreg Pressverfahren wird ein mit Epoxidharz vorimprägniertes Faserhalbzeug (Prepreg) in beheizten Metallformen in Form gepresst und ausgehärtet. Dies eignet sich besonders für Bauteile mit gleichmäßiger Wanddicke (eben- oder schalenförmig).

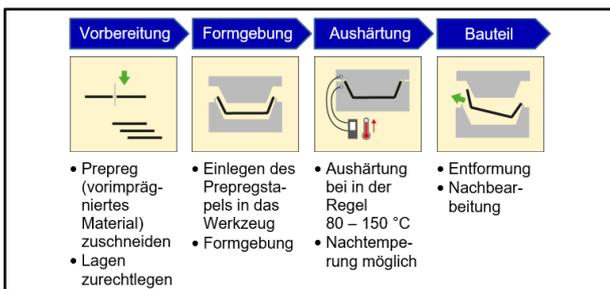


Abbildung 5 – Spezielle Prozessschritte Prepreg Verfahren

1.4.3 Nasspressen

Beim Nasspressen erfolgt im Vergleich zum Prepreg Pressverfahren der Harzauftrag nach dem Zuschchnitt und Zurechtlegen der textilen Halbzeuge oder dem Einlegen der Preforms in einem speziellen Schritt. In einem offenen Verfahren wird ein Harz-System auf das Bauteil aufgetragen (z. B. durch Sprühen, Walzen). Dabei wird dem Harz in einer Ruhephase Zeit eingeräumt, sich entsprechend vorzuvernetzen. Danach wird das Bauteil durch

Einwirkung von Druck und Wärme in Form gehärtet.

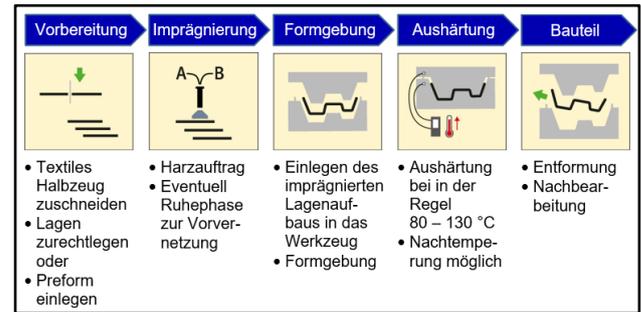


Abbildung 6 – Spezielle Prozessschritte beim Nasspressen

1.4.4 Autoklavtechnik

Bei der Autoklavtechnik werden Prepregs gemäß dem gewünschten Laminataufbau auf eine Werkzeugform aufgelegt. Das fertige Lagenpaket wird an der Außenseite mit Trennfolie, Saugvlies und Luftverteilergeewebe versehen und mittels Vakuumverfahren kompaktiert. Die anschließende Härtung im Autoklaven erfolgt unter Vakuum und einem statischen Außendruck von etwa fünf bis zehn bar, bei einer Temperatur von 100 - 200 °C.

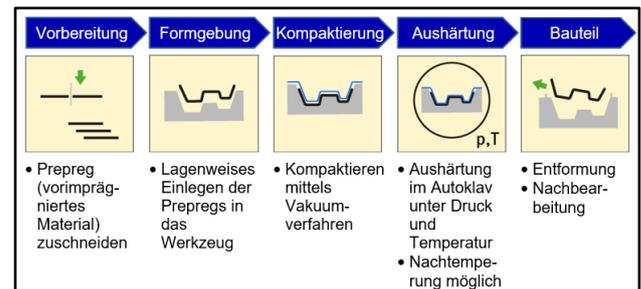


Abbildung 7 – Spezielle Prozessschritte bei der Autoklavtechnik

1.4.5 Resin Transfer Moulding Verfahren

Beim Resin Transfer Moulding Verfahren (RTM) werden Preforms (siehe Abschnitt 1.4.1) in die RTM-Form gelegt und nach dem Schließen der Form Matrixharz in das geschlossene System injiziert (infiltriert). Danach erfolgt die Aushärtung unter Temperatur und Druck.

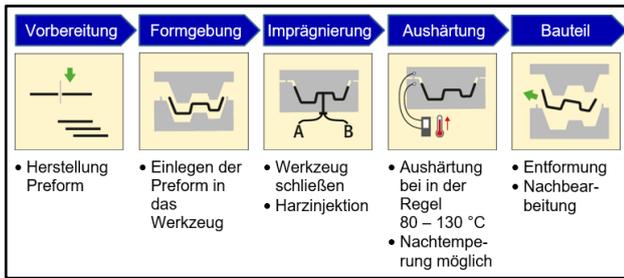


Abbildung 8 – Spezielle Prozessschritte beim Resin Transfer Moulding (RTM)

1.5 Produktion thermoplastischer CFK-Bauteile

Für die Produktion thermoplastischer CFK-Bauteile hat sich die Nutzung von Organoblechen etabliert. Organobleche sind Verbundwerkstoffe aus Carbonfasern eingebettet in eine thermoplastische Matrix. Diese werden in einem Heizfeld zunächst aufgeheizt und anschließend in einem beheizten Werkzeug zu dreidimensionalen Bauteilen umgeformt.

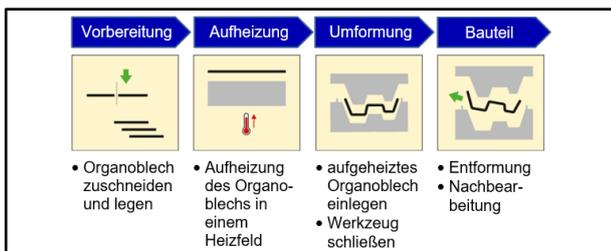


Abbildung 9 – Spezielle Prozessschritte bei der Produktion thermoplastischer CFK-Bauteile

1.6 Mechanische Nachbearbeitung

Letzter Schritt in der Prozesskette ist die Nachbearbeitung, bei der das Bauteil seine endgültigen Konturen und gegebenenfalls Montagebohrungen und Ausschnitte für Einbauten erhält. Zum Einsatz kommen hier Fräs-, Wasser- und Laserstrahltechniken. Nach den Formprozessen ist ein manuelles Abschleifen der scharfkantigen Bauteile erforderlich. Dabei besteht die Gefahr von Schnittverletzungen und es erfolgt eine Freisetzung von CFK-Staub.

2 Gefährdungen

Die wichtigsten Gefährdungen durch Staub und die vorwiegend eingesetzten Chemikalien, die bei der Herstellung von CFK-Bauteilen auftreten können, werden hier behandelt.

Die Tabelle 2 auf den Seiten 8 und 9 bietet exemplarisch eine Übersicht über die mit den beschriebenen Prozessschritten verbundenen möglichen Gefährdungen. Die Übersicht gibt den bei der Serienfertigung von CFK-Teilen im Fahrzeugbau aktuell angewandten Stand der Technik wieder. Für die inhalative Gefährdung durch Faserstaub wurden in der Fachbereich AKTUELL FBHM-074 gängige Tätigkeiten bei der Bearbeitung von CFK-Materialien einer zu erwartenden Expositionskategorie zugeordnet.

Für die Anwendung der Tabelle im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist jeweils eine betriebs- oder verfahrensspezifische Betrachtung erforderlich, um Abweichungen festzustellen und Gefährdungen zu spezifizieren oder zu ergänzen.

2.1 Gefährdungen durch Staub

Bei der Herstellung von CFK-Bauteilen lassen sich zwei verschiedene Arten von Staub unterscheiden:

- **Carbonfaser-Staub**
Der überwiegend aus Kohlenstofffasern bestehende Staub entsteht z. B. beim Zuschneiden der Gelege. Es können noch geringe Mengen Glas- oder Polyesterfasern enthalten sein, je nach Aufbau des Geleges.
- **CFK-Staub**
Bei der mechanischen Bearbeitung von CFK-Bauteilen entsteht CFK-Staub, der sich aus Carbonfaser-Staub und ausgehärteter Kunststoffmatrix zusammensetzt.

In der Fachbereich AKTUELL FBHM-074 des FBHM wurden die Gefährdungen durch CFK-Staub bereits beschrieben, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. Es wird gegenwärtig empfohlen, die notwendigen Schutzmaß-

nahmen für CFK-Staub weitgehend auch für Carbonfaser-Staub anzuwenden.

Anzumerken ist, dass CFK-Staub in der Regel eine untere Explosionsgrenze von 60 g/m³ hat (nach GESTIS-STAU-EX-Datenbank [2]). Mindestzündtemperatur und -energie sind relativ hoch, so dass eine Explosion nur unter extremen Bedingungen zu erwarten ist, z. B. im Bereich der Filter von Absauganlagen.

Gefährdung	Ausprägung
Gefährdung durch Einatmen	<ul style="list-style-type: none"> • Schädigung der oberen Atemwege und der Bronchien (E-Staub) • Schädigung der Alveolen (A-Staub) • Verdacht der kanzerogenen Wirkung bei Entstehung von WHO-Faserbruchstücken (Einstufung Kategorie 2) • Vermehrte Entstehung von WHO-Fasern bei pechbasierten Carbonfasern
Brand- und Explosionsgefährdung	<ul style="list-style-type: none"> • Vermehrte Entstehung von WHO-Fasern bei thermischen Prozessen durch Zersetzungs- und Abbauprozesse • Explosionsgefahr (Explosionsklasse 1)
Gefährdung durch Hautkontakt	<ul style="list-style-type: none"> • Allergische Kontaktekzeme • Mechanisch irritative Effekte (Hautreizungen/Juckreiz)
Elektrische Gefährdung	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr der elektrostatischen Aufladung durch elektrisch nicht leitfähige CFK-Bauteile • Die bei der Bearbeitung entstehenden Stäube können elektrisch leitfähig sein.

Tabelle 1 – Gefährdungen durch CFK-Staub nach Fachbereich AKTUELL FBHM-074

2.2 Gefährdungen durch eingesetzte Chemikalien

Gefährdungen durch die bei der Herstellung von CFK-Bauteilen eingesetzten Chemikalien, wie z. B. Epoxidharz-/Härter-systeme, müssen anhand der entsprechenden Sicherheitsdatenblätter ermittelt werden.

Hinweise hierzu gibt auch die DGUV Information 213-116 „Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen“ [3].

3 Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen zur Reduktion der inhalativen und dermalen Belastung durch Fasern, partikuläre Stäube und weitere Gefahrstoffe müssen gemäß der Rangfolge nach der Gefahrstoffverordnung und den vorliegenden Gefährdungen ausgewählt werden (STOP-Strategie):

- S: Substitution
- T: Technische Schutzmaßnahmen
- O: Organisatorische Maßnahmen
- P: Persönliche Schutzausrüstung

Die Tabelle 3 bietet eine Dokumentationshilfe für mögliche Schutzmaßnahmen.

Arbeitgeber oder Arbeitgeberinnen weisen mit Arbeitsplatzmessungen oder anderen geeigneten Verfahren die Einhaltung der geltenden Staub- und Gefahrstoffgrenzwerte und die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen nach.

In der Gefährdungsbeurteilung müssen zusätzlich zu den beschriebenen Prozessschritten das Teilehandling, der Transport, die Wartungs-, Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten beurteilt werden.

4 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Mögliche Auslösekriterien zur Durchführung einer arbeitsmedizinischer Vorsorge nach ArbMedVV [4] und TRGS 900 [5] ergeben sich aus der Gefährdungsbeurteilung und den Ergebnissen der Arbeitsplatzmessungen.

Empfehlenswert ist darüber hinaus das Angebot einer arbeitsmedizinischen Beratung und gegebenenfalls einer Untersuchung.

5 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese Fachbereich AKTUELL beruht auf dem Erfahrungswissen, zusammengetragen durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Fahrzeugbau, -antriebssysteme und Instandhaltung (SG FAI) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV. Dazu gehören auch die Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen auf dem Gebiet der CFK-Bauteil-Herstellung, die in Zusammenarbeit mit Vertreterinnen und Vertretern der Automobilindustrie und des Maschinenbaus zusammengetragen und erarbeitet worden sind.

Die Schrift will besonders die Herstellfirmen von CFK-Bauteilen darin unterstützen, die Anforderungen an den Gesundheits- und Arbeitsschutz bei der Herstellung von CFK-Bauteilen und den speziell damit verbundenen Bedingungen umzusetzen.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese Fachbereich AKTUELL unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die infrage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertretern und

Vertreterinnen von Unfallversicherungsträgern, staatlichen Stellen, Sozialpartnern sowie der herstellenden und betreibenden Firmen.

Diese Fachbereich AKTUELL ersetzt die gleichnamige DGUV-Information Fassung 08/2017. Weitere Fachbereich AKTUELL des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [6].

Literaturverzeichnis

- [1] Fachbereich AKTUELL FBHM-074 "Bearbeitung von CFK-Materialien - Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen", Ausgabe 03/2024, Fachbereich Holz und Metall der DGUV; c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Mainz.
 - [2] GESTIS-STAU-EX Datenbank Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA), Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin
 - [3] DGUV Information 213-116 "Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen", Ausgabe 10/2024, Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie der DGUV.
 - [4] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge vom 18. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2768), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Juli 2019 (BGBl. I S. 1082) geändert worden ist. (kurz: ArbMedVV).
 - [5] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“, Ausgabe: Januar 2006, BArBl. Heft 1/2006, S. 41-55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2024, S. 411-412 [Nr. 21] (vom 17.06.2024)
 - [6] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>
-

Bildnachweis

Die gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Abbildung 1 – BMW AG
- Abbildung 2-9 – BGHM

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Fahrzeugbau, -antriebssysteme
und Instandhaltung
im [Fachbereich Holz und Metall](#)
der DGUV www.dguv.de

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Holz und Metall ist die Berufsgenossenschaft Holz und Metall der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.

Herstellung von „CFK-Bauteilen“ – Orientierungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung

Tabelle 2: Prozessschritte beispielhaft zugeordnet zu Gefährdungen

Prozess	Prozessschritt	Mögliche Gefährdungen							
		Die aufgeführten Gefährdungen dienen zur Orientierung. Konkrete Gefährdungen und deren Ausprägung sind im Rahmen der arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung festzulegen.							
		Gefährdungen durch Gefahrstoffe inklusive Stäube und Faserstäube				Brand- und Explosionsgefährdung	Elektrische Gefährdung	sonstige Gefährdungen	
Inhalative Belastung durch A-, E- und Faser-Staub	Inhalative Belastung durch Gefahrstoffe	Hautkontakt mit Stäuben (z. B. mechanisch irritative Effekte)	Hautkontakt mit Gefahrstoffen	Brennbare Feststoffe und explosionsfähige Atmosphäre	elektrostatische Aufladung, Lichtbögen, elektrischer Schlag	scharfkantige Teile	heiße Oberflächen		
Gelegeherstellung	Gelege	+	+	+	+	+	+	-	-
Stacken	Legen	+	+	+	+	+	+	-	-
	Schneiden	+	+	+	+	+	+	-	-
	Fügen (Verbinden der Lagen)	+	+	+	+	-	-	-	-
Preforming	Vorbereitung	+	+	+	+	-	+	-	-
	Aufheizung	-	-	-	-	-	-	-	+
	Preforming	+	-	+	+	-	-	-	+
	Entformung	+	+	+	+	-	-	+	+
Prepreg Pressen	Vorbereitung	+	+	+	+	-	-	-	-
	Formgebung und Aushärtung	-	+	-	+	+	-	-	+
	Entformung	-	+	-	+	-	-	+	+
Nasspressen	Vorbereitung	+	+	+	+	-	-	-	-
	Imprägnierung	-	+	-	+	-	-	-	-
	Formgebung und Aushärtung	-	+	-	+	-	-	-	+
	Entformung	-	+	-	+	-	-	+	+
Autoklavieren	Vorbereitung	+	+	+	+	-	-	-	-
	Formgebung	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kompaktierung und Aushärtung	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entformung	-	-	-	-	-	-	+	+
Resin Transfer Moulding (RTM)	Vorbereitung (Werkzeugreinigung / Trennmittelauftrag)	+	+	+	+	-	-	-	-
	Formgebung	-	-	-	-	-	-	-	-
	Imprägnierung und Aushärtung	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entformung	-	-	-	-	-	-	+	+

Prozess	Prozessschritt	Mögliche Gefährdungen							
		Die aufgeführten Gefährdungen dienen zur Orientierung. Konkrete Gefährdungen und deren Ausprägung sind im Rahmen der arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung festzulegen.							
		Gefährdungen durch Gefahrstoffe inklusive Stäube und Faserstäube				Brand- und Explosionsgefährdung	Elektrische Gefährdung	sonstige Gefährdungen	
		Inhalative Belastung durch A-, E- und Faser-Staub	Inhalative Belastung durch Gefahrstoffe	Hautkontakt mit Stäuben (z. B. mechanisch irritative Effekte)	Hautkontakt mit Gefahrstoffen	Brennbare Feststoffe und explosionsfähige Atmosphäre	elektrostatische Aufladung, Lichtbögen, elektrischer Schlag	scharfkantige Teile	heiße Oberflächen
Produktion thermoplastischer CFK-Bauteile	Vorbereitung	+	+	+	+	-	+	-	-
	Aufheizung	-	+	-	-	-	-	-	+
	Umformung	+	+	+	+	-	-	-	+
	Entformung	+	+	+	+	-	-	+	+
Mechanische Nachbearbeitung		+	+	+	+	+	+	+	-

+ trifft in der Regel zu / - trifft in der Regel nicht zu

Herstellung von „CFK-Bauteilen“ – Orientierungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung

Tabelle 3: Dokumentationshilfe für mögliche Schutzmaßnahmen

Prozess	Prozessschritt	Mögliche Schutzmaßnahmen gemäß STOP-Prinzip											
		Die Tabelle dient als Dokumentationshilfe. Konkrete Schutzmaßnahmen sind im Rahmen der arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung festzulegen.											
		Substitution	Technische Schutzmaßnahmen			Organisatorische Schutzmaßnahmen			Persönliche Schutzausrüstung				
Lüftungstechnische Maßnahmen	Maßnahmen zum Brand- und Explosionschutz		Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung	Regelmäßige Reinigung von Arbeitsbereichen und Arbeitsflächen	Maßnahmen nach TRGS 500 (Arbeitshygiene)	Zündquellen vermeiden	Zum Handschutz	Zum Augenschutz	Zum Fußschutz	Zum Körperschutz	Zum Atemschutz		
Gelegeherstellung	Gelege												
Stacken	Legen												
	Schneiden												
	Fügen (Verbinden der Lagen)												
Preforming	Vorbereitung												
	Aufheizung												
	Preforming												
	Entformung												
Prepreg Pressen	Vorbereitung												
	Formgebung und Aushärtung												
	Entformung												
Nasspressen	Vorbereitung												
	Imprägnierung												
	Formgebung und Aushärtung												
	Entformung												
Autoklavieren	Vorbereitung												
	Formgebung												
	Kompaktierung und Aushärtung												
	Entformung												
Resin Transfer Moulding (RTM)	Vorbereitung (Werkzeugreinigung / Trennmittelauftrag)												
	Formgebung												
	Imprägnierung und Aushärtung												
	Entformung												

Prozess	Prozessschritt	Mögliche Schutzmaßnahmen gemäß STOP-Prinzip Die Tabelle dient als Dokumentationshilfe. Konkrete Schutzmaßnahmen sind im Rahmen der arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung festzulegen.											
		Substitution	Technische Schutzmaßnahmen			Organisatorische Schutzmaßnahmen			Persönliche Schutzausrüstung				
			Lüftungstechnische Maßnahmen	Maßnahmen zum Brand- und Explosionschutz	Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung	Regelmäßige Reinigung von Arbeitsbereichen und Arbeitsflächen	Maßnahmen nach TRGS 500 (Arbeitshygiene)	Zündquellen vermeiden	Zum Handschutz	Zum Augenschutz	Zum Fußschutz	Zum Körperschutz	Zum Atemschutz
Produktion thermoplastischer CFK-Bauteile	Vorbereitung												
	Aufheizung												
	Umformung												
	Entformung												
Mechanische Nachbearbeitung													