

BMW
GROUP



ROLLS-ROYCE
MOTOR CARS LTD

NERVEN AUS CARBON.

ERFAHRUNGEN AUS DER PRAXIS.

BMW Group

GLIEDERUNG.



- Aktuelle CFK-Anwendungen.
- Neuartige BMW i3 Konstruktion.
- Herausforderungen BMW i3 Produktion.
- CFK in der öffentlichen Diskussion.
- Entwicklung Arbeitsschutzkonzept CFK.
- Besonderheiten bei Brand und Entsorgung von CFK.

BMW M4 EDITION M HERITAGE MIT CFK DACH.



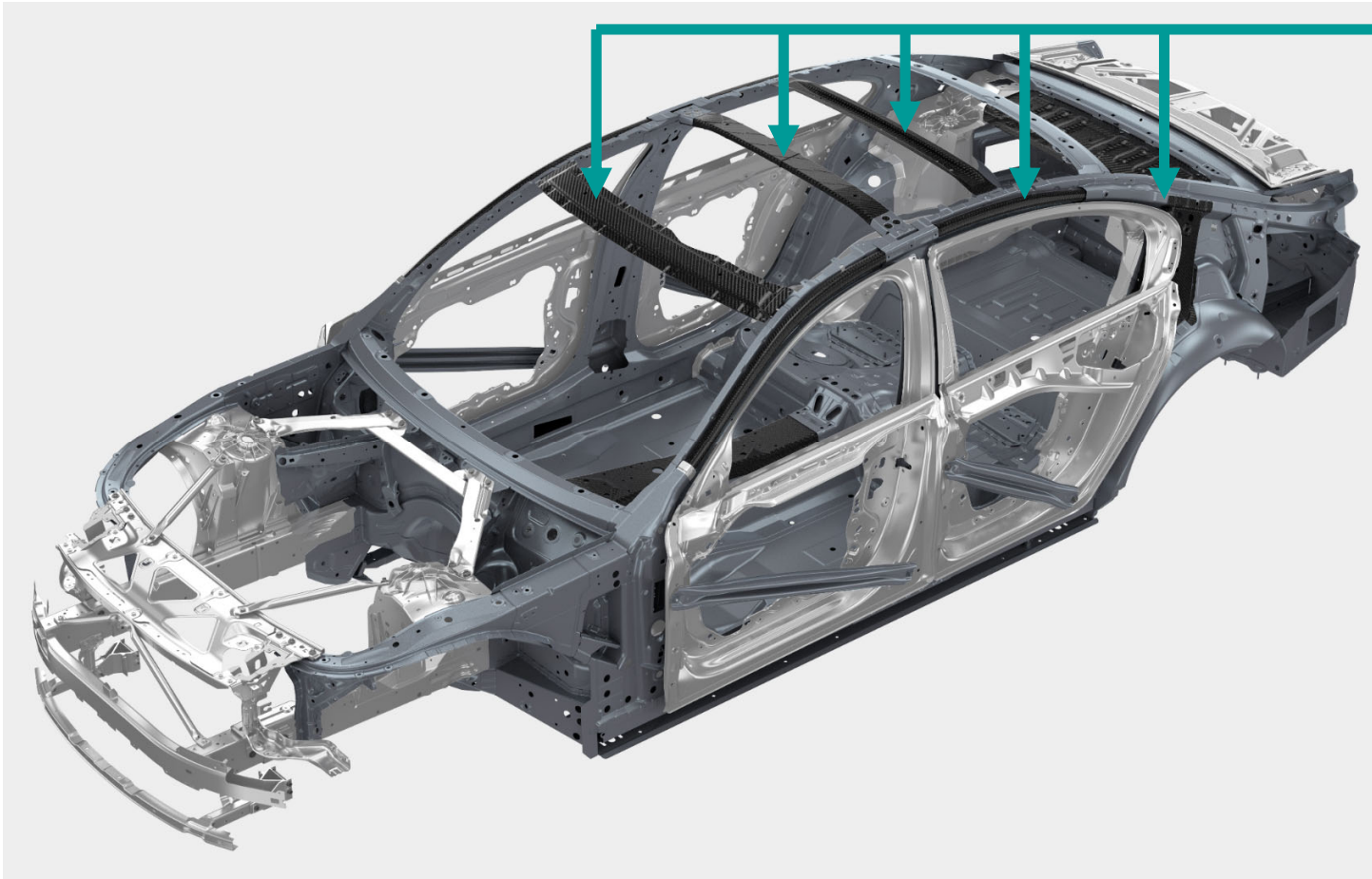
Sichtcarbonelemente als Premiummerkmal

Weitere Vorteile sind:

- Gewichtsreduzierung,
- Schwerpunktoptimierung und
- Verbesserung der Steifigkeit.

Quelle: BMW Presseclub

BMW 7ER ROHKAROSSE / CARBON (04/2015).

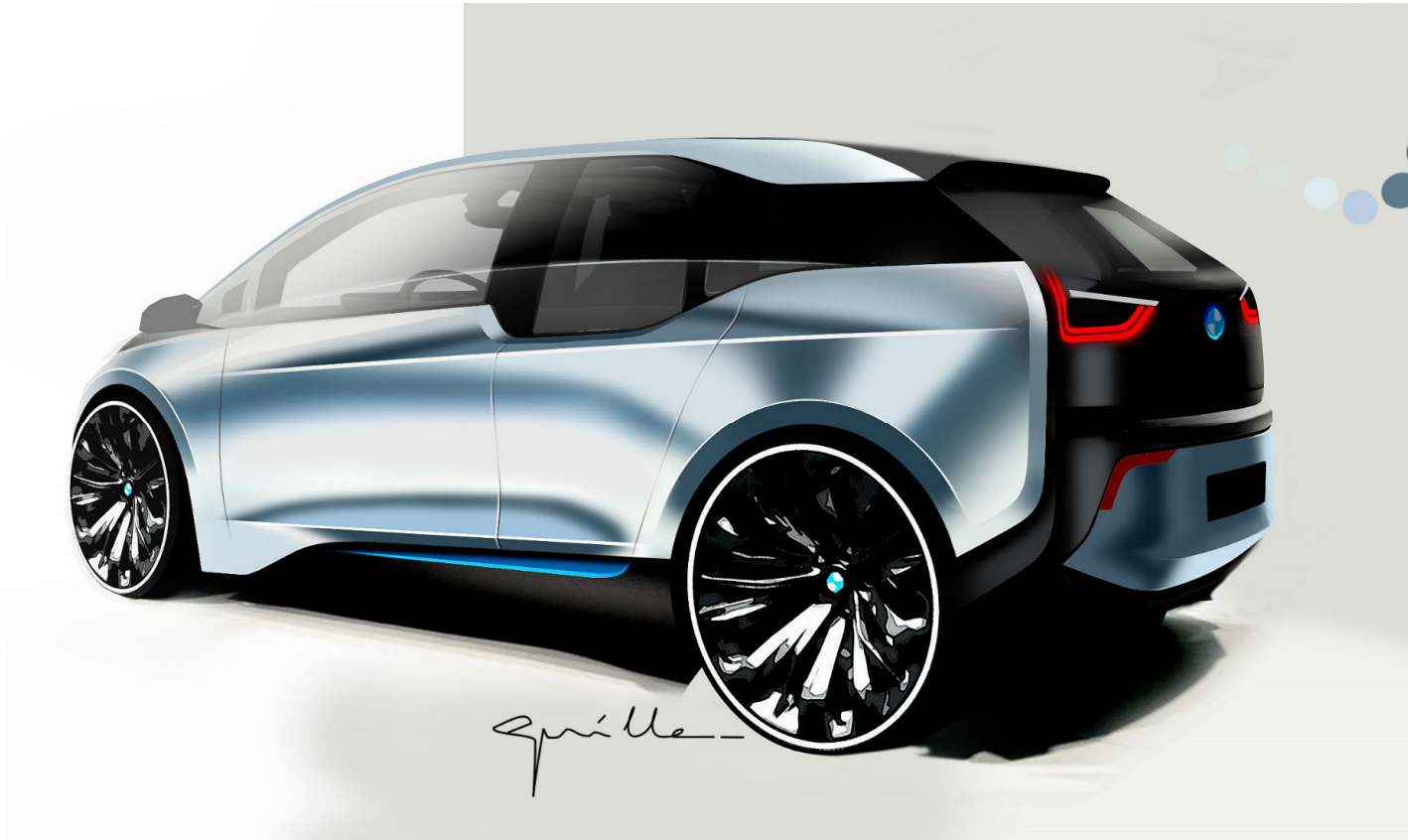


Strukturelemente aus CFK

- Hohe Steifigkeit,
- gutes Crashverhalten und
- geringes Gewicht.

Quelle: BMW Presseclub

KONZEPTION MEGA CITY VEHICLE (BMW i3).



Prämissen

- Produktion 2013 - 2022
- Karosserie aus CFK, um das Mehrgewicht der Batterie auszugleichen
- Antrieb 100% elektrisch (mit Ausnahme Range EX-Version)
- Nachhaltigkeit als zentrale Entwicklungsprämisse

Quelle: BMW Presseclub

NEUARTIGE BMW i3 KONSTRUKTION.



Quelle: BMW Presseclub

Konstruktionskonzept BMW i3

- Life-Modul:
Fahrgastzelle aus CFK
- Im Vergleich mit einer konventionellen Stahlkarosserie benötigt die CFK-Struktur des BMW i3 Life-Moduls nur ein Drittel der Karosseriebauteile
- Drive-Modul:
Aluminium-Chassis, das E-Antrieb, Fahrwerk und Hochvoltspeicher trägt

HERAUSFORDERUNG BMW I3 PRODUKTION.

Erfahrung in der Einzel- und Kleinserienfertigung

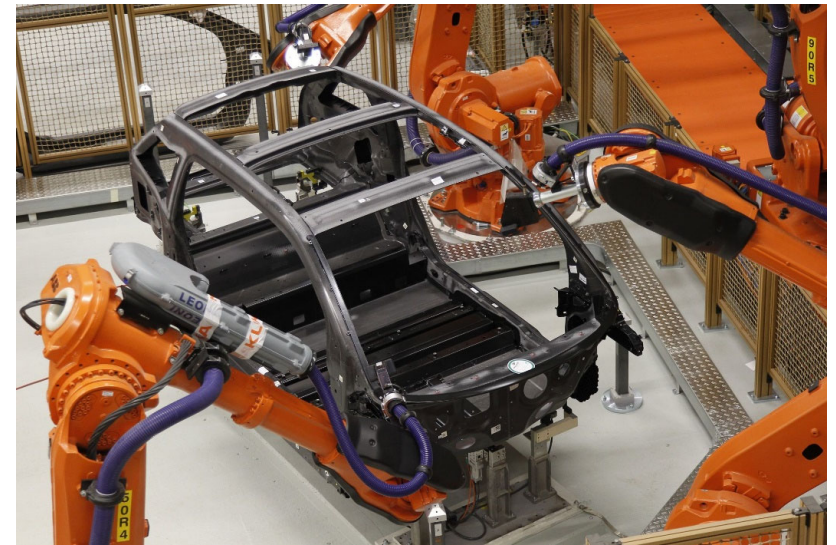
- Motorsport



- Modell- und Konzeptfahrzeugbau



Großserienfertigung des BMW i3



Quelle: BMW Presseclub

Hohe Prozessanforderungen bzgl. Taktzeit, Automatisierung und Arbeitsschutz

HERSTELLUNG DER TEXTILEN GELEGE AUS CARBONFASERN DURCH LIEFERANT SGL CARBON.



CFK Rovings werden zu
textilen Gelegen verwebt.

Quelle: BMW Presseclub

PRODUKTION WERK LEIPZIG MIT SICHTBARER NACHHALTIGKEIT.



Hoher Automatisierungsgrad
im Karosseriebau.

Kleberoboter mit integrierter
Absaugung.

Nachhaltige Schutzzäune aus
Hanfnetzen.

Quelle: BMW Presseclub

NACHHALTIGKEITZERTIFIKAT BMW I3.

ISO-Zertifikat für die Ökobilanz des BMW i3

Der TÜV SÜD bestätigt dem BMW i3 ein Treibhaus-potenzial über den gesamten Lebenszyklus, das rund **30 bis über 50 Prozent** geringer ist als bei vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen.

Quelle: BMW Presseclub



MONTAGE BMW i3.



Die Montage des BMW i3 erfolgt ähnlich wie die konventioneller Fahrzeuge.

Bei der Gestaltung der Arbeitsplätze wurde sehr viel Wert auf eine gute Ergonomie gelegt, weshalb diese auch für ältere Beschäftigte geeignet sind.

Bei einem Werksbesuch in Leipzig probiert Frank-Walter Steinmeier persönlich einen Montagevorgang aus.

Quelle: BMW Presseclub

COMPUTERTOMOGRAPHIE EINES BMW I3 VORDERSITZES.



Die meisten CFK-Bauteile werden miteinander verklebt.

In der Montage werden als Verbindungselemente überwiegend Schrauben und Nieten eingesetzt.

Üblicherweise wird die Computertomographie zur zerstörungsfreien Analyse von Wettbewerbsfahrzeugen eingesetzt.

Quelle: BMW Presseclub

HOCHZEIT ZWISCHEN LIFE- UND DRIVE-MODUL.



Bei der Hochzeit werden die CFK-Fahrgastzelle und das Aluminium-Chassis miteinander verklebt. Zusätzlich gibt es vier Verschraubungspunkte.

Quelle: BMW Presseclub

CFK IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION.

Fiese Fasern - Gefahr für Rettungskräfte

Erding - In immer mehr Fahrzeugen werden Faserverbundwerkstoffe verarbeitet. Im Unglücksfall können diese die Retter und die umliegende Bevölkerung schädigen.

Asbest ist passé, giftige Faserverbundwerkstoffe (CFK) allgegenwärtig. Dies verdeutlichte Norbert Scholz von der Arbeitsgruppe für Technische Untersuchungen (AGTU) des Luftwaffenstandhaltungsregimentes 1 einigen Führungskräften von Feuerwehr, THW und Rettungsdienst in dem Vortrag „Gefahrgut – Einsatzgrundsätze bei Bränden mit CFK“ im Schulungsraum der Erdinger Feuerwehr.



NEWS: DIE NEUES

- Nissan Micra (2017): E
- Audi C e-tron (2020): V
- AUTO BILD 10/2016 - D
- VW-Abgasskandal: Übe
- Inrix übernimmt Open
- News: Alle Beiträge im

Studien: Unfall mit Carbon-Autos — 13.08.2014

Carbon birgt Krebsgefahr

Carbon ist hochfest und leicht – kann aber beim Crash gefährlich werden. Insassen und Rettungskräfte müssen sich nach einem Unfall vor Staub schützen, vor allem aber vor Carbon-Rauch.

14.08.2014 | Leichtbau | Im Fokus

Die Schattenseiten von CFK

Autor: [Christiane Brünglinghaus](#)



UMWELT

Warnung vor der fantastischen Faser

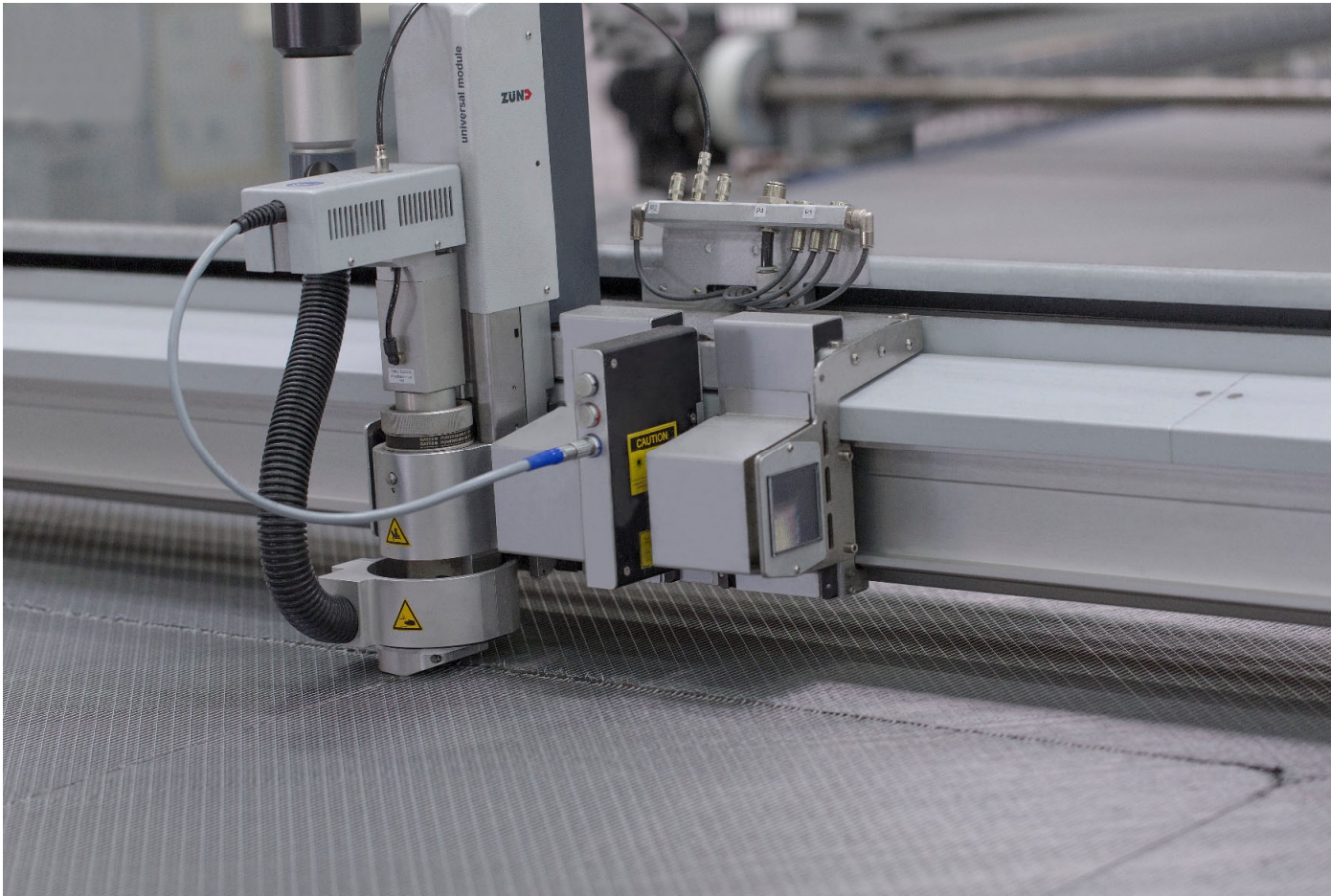
Carbonfasern gelten als Werkstoff der Zukunft. Nicht recycelbare CFK-Abfälle aber können zum massiven Problem werden.

Von Reinhold Willfurth

ENTWICKLUNG ARBEITSSCHUTZKONZEPT.

1. Kontaktaufnahme zur BGHM.
2. Wiederholte interne Laboruntersuchungen des CFK-Staubs.
3. Erstellung DGUV-I FB HM-074 zur Festlegung von Grenzwerten und Expositionskategorien.
4. Durchführung externer Arbeitsplatzmessungen an allen Arbeitsplätzen mit CFK-Staub Exposition.
5. Zuweisung der Arbeitsplätze zu Expositionskategorien und Festlegung der Schutzmaßnahmen.
6. Kommunikation der Messergebnisse und Erstellung einer zentralen Unterweisungsvorlage.
7. Angebot einer Vorsorgeuntersuchung „Mechanisches Bearbeiten von CFK“.

MECHANISCHER ZUSCHNITT.



Beim mechanischen Zuschchnitt wird der entstehende CFK-Staub an der Entstehungsstelle abgesaugt.

Die Anlage ist eingehaust, aber nicht gekapselt.

Auf Laserbearbeitung wird in allen Prozessschritten aufgrund der dadurch entstehenden Gesundheitsgefahren des CFK-Staubs verzichtet.

Quelle: BMW Presseclub

STAUBVERMEIDUNG.



Eine **staubarme** Bearbeitung ist anzustreben. So werden z.B. Öffnungen in CFK Bauteile nachträglich mit Wasserstrahl-schneidanlagen eingebracht.

Eine **staubfreie** Verarbeitung ist praktisch nicht möglich, da CFK-Staub nicht nur bei der mechanischen Bearbeitung, sondern auch beim Transport und weiteren Arbeitsschritten freigesetzt wird.

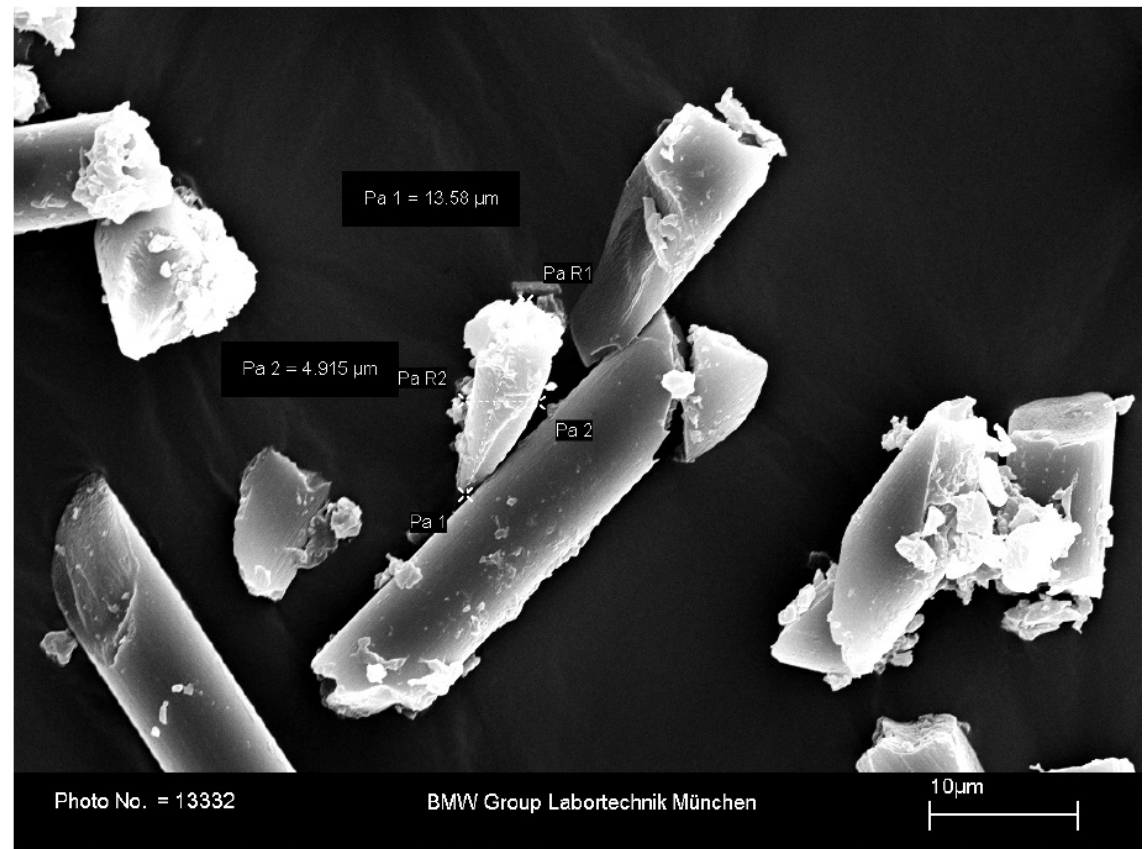
Quelle: BMW Presseclub

BMW INTERNE LABORUNTERSUCHUNGEN UND MESSUNGEN.

Bei wiederholten BMW internen Laboruntersuchungen (1995, 2012, 2013) wurden keine WHO Fasern in den CFK Stäuben nachgewiesen.

Bei späteren extern durchgeführten Messungen wurden vereinzelte Splitter in den CFK-Staubproben nachgewiesen, die die WHO Anforderungen erfüllt haben. Der Richtwert von 50.000 Fasern/m³ wurde jedoch in fast allen Fällen deutlich unterschritten.

Die Schutzmaßnahmen der Expositionskategorie 1 nach DGUV-I FB HM-074 sind somit i.d.R. ausreichend.



Quelle: BMW Labortechnik, Schleifstaubprobe CFK Staub, 2012

ERSTELLUNG DGUV-INFORMATION FB HM-074: BEARBEITUNG VON CFK MATERIALIEN.

- Einbringung von BMW Erfahrungen in die Erstellung der DGUV-I FB HM-074
- Definition von Expositionskategorien gering, mittel und hoch mit zugewiesenen Schutzmaßnahmen als Voraussetzung für Messungen
- Beispielhafte Zuweisung von Tätigkeiten zu Expositionskategorien als pragmatische Handlungshilfe ohne der Erfordernis von Messungen

 **DGUV**
Fachbereich Holz und Metall
Berufsgenossenschaft
Holz und Metall

DGUV-Information
Bearbeitung von CFK Materialien
Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen

Ausgabe 10/2014 FB HM-074

Diese DGUV Information dient der Betrachtung direkter Gefährdungen, die beim Bearbeiten von Bauteilen aus ausgehärteten Kohlenstofffaser verstärkten Kunststoffen (CFK) entstehen können. Hierzu werden Schutzmaßnahmen abhängig von der auftretenden Faserstaubkonzentration und der Staubbelastung für die Mitarbeiter beschrieben.

Da bisher keine gesicherten Erkenntnisse über krebs-erzeugende Eigenschaften von Carbonfasern bzw. Faserbruchstücke vorliegen, sind die erläuterten Schutzmaßnahmen als „Stand der Technik“ anzusehen, bis fundierte und verbindliche Dokumentationen zur biologischen Wirkung von Carbonfasern vorliegen.

1 Einleitung

Immer größer werdende Forderungen nach leichteren Bauteilen sowohl im Automobil-, Luftfahrt- und Maschinenbau- sektor, als auch in anderen Industriezweigen führen dazu, dass inzwischen verstärkt Kohlenstofffaserverbundwerkstoffe eingesetzt und mechanisch bearbeitet werden.

Bei der Bearbeitung können Gefährdungen durch Inhalation von und Hautkontakt mit Partikelstäuben, Fasern und Gefahrstoffen entstehen. Des Weiteren sind die Brand- und Explosionsgefährdung sowie die elektrische Gefährdung durch Freisetzung von Kohlenstofffasern und Partikelstäuben zu betrachten und zu bewerten.



Bild 1: Schleifen von CFK Bauteilen

2 Bearbeitungsverfahren, Gefährdungen und Beurteilung

Auch wenn bei CFK Bauteilen heute eine endkontaminierte Formgebung angestrebt wird, sind weitere Bearbeitungsschritte zur endgültigen Fertigstellung oder Instandset-

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Bearbeitungsverfahren, Gefährdungen und Beurteilung
- 3 Bearbeitungsspezifische Schutzmaßnahmen
- 4 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

ung meist unumgänglich. Vor allem werden nach dem Formen Werkstückkanten und Fügestellen bearbeitet sowie Ausparungen, Bohrungen und Langlöcher eingebracht. Derzeit werden hierfür vorwiegend zerspanende Verfahren, die trocken ablaufen, eingesetzt. Nur etwa ein Fünftel der spanenden CFK Bearbeitungsprozesse wird unter Minimalmengenschmierung oder Überflutung der Werkstücke durchgeführt [1].

2.1 Bearbeitungsverfahren

Die in dieser DGUV-Information berücksichtigten Bearbeitungsverfahren werden in drei Tätigkeitsgruppen eingeteilt:

- a. Manuelle Tätigkeiten**
Manuelle Tätigkeiten werden mit handgeführten Werkzeugen ausgeführt und es besteht eine direkte Exposition des Mitarbeiters. Betrachtet werden Bohren, Sägen, Schleifen sowie Reinigungsarbeiten.
- b. Tätigkeiten in / an automatisierten Anlagen**
Es wird davon ausgegangen, dass automatisierte Anlagen in der Regel gekapselt sind und nur bei Bearbeitungsstillstand vom Mitarbeiter betreten werden. Ferner wird angenommen, dass derartige Maschinen mit technischen Schutzmaßnahmen ausgerüstet sind, z. B. mit einer ausreichend dimensionierten Absaugung mit Nachlauf zur Minimierung der CFK Staubkonzentration. Aus diesen Gründen ist der Mitarbeiter nur einer geringen Exposition ausgesetzt. Berücksichtigt werden Drehen, Fräsen, Schleifen, Bohren, Wasserstrahlschneiden und Laserbearbeitung.
- c. Sonstige Tätigkeiten**
In diese Gruppe werden Verfahren und Tätigkeiten eingruppiert, die den beiden erstgenannten Gruppen nicht zuzuordnen sind. Hierzu gehören Crash-Versuche, zerstörende Materialprüfungen, Stanzen sowie Tätigkeiten an offenen Bearbeitungsmaschinen.

ERSTELLUNG VON UNTERWEISUNGSVORLAGEN.

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

- Einatmen des CFK-Staubes vermeiden
- Langärmelige Arbeitskleidung tragen
- Schutzbrille mit Seitenschutz tragen
- CFK-Staub an der Entstehungsstelle mit Industriestaubsauger absaugen
Empfehlung: Klasse B1 IP65 bzw. Typ 22 Klasse IIIC nach DIN IEC 62784, Filterklasse mindestens Kategorie M
- Regelmäßige Reinigung staubiger Flächen mit Industriestaubsauger oder feucht wischen
- Bearbeitungstäube nicht abblasen oder trocken kehren
- Das Essen am Arbeitsplatz ist verboten
- Staubige Arbeitskleidung mindestens 2x wöchentlich wechseln, nicht ausschütteln, nach Arbeitsende wechseln, von der Straßenkleidung getrennt aufbewahren und nicht zu Hause waschen
- Bei Hautkontakt betroffene Hautfläche mit Wasser abspülen
- Verwendung von Hautschutzcreme vor und Hautpflegemittel nach der Arbeit
- Es besteht das Angebot der Vorsorge bei CFK-Staub Exposition

BMW	Betriebsanweisung (gemäß GefStoffV)	Dok.Nr.:
	Titel	Version: Gültig ab: Seite: 1 von 1
1. Geltungs- und Anwendungsbereich / Verteiler: <Für welche Bereiche, Abteilungen, Funktionen, Arbeitsplätze gilt das Dokument. (Kurzzeichen vermeiden)>		
2. Gefahrstoffbezeichnung: CFK-Staub		
3. Gefahren für Mensch und Umwelt: <ul style="list-style-type: none">- CFK-Staub steht in Verdacht Krebs zu erzeugen- Reizwirkung des CFK-Staubes auf die Atemwege und Schleimhäute- Reizwirkung des CFK-Staubes auf die Haut; Juckreiz- Brand- und Explosionsgefahr des brennbaren CFK-Staubes- Elektrische Gefährdung durch leitfähigen CFK-Staubes, Gefahr von Kurzschlüssen und Lichtbögen bei aufgewirbelten CFK-Staub		
4. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln: <ul style="list-style-type: none">- Einatmen des CFK-Staubes vermeiden- Langärmelige Arbeitskleidung tragen- Schutzbrille mit Seitenschutz tragen- CFK-Staub an der Entstehungsstelle mit Industriestaubsauger absaugen (Empfehlung: Klasse B1 IP65 bzw. Typ 22 Klasse IIIC nach DIN IEC 62784, Filterklasse mindestens Kategorie M)- Regelmäßige Reinigung staubiger Flächen mit Industriestaubsauger oder feucht wischen- Bearbeitungstäube nicht abblasen oder trocken kehren- Das Essen am Arbeitsplatz ist verboten- Staubige Arbeitskleidung mindestens 2x wöchentlich wechseln, nicht ausschütteln, nach Arbeitsende wechseln, von der Straßenkleidung getrennt aufbewahren und nicht zu Hause waschen- Bei Hautkontakt betroffene Hautfläche mit Wasser abspülen- Verwendung von Hautschutzcreme vor und Hautpflegemittel nach der Arbeit- Es besteht das Angebot der Vorsorge bei CFK-Staub Exposition		
5. Verhalten bei Störungen und im Gefahrenfall: <ul style="list-style-type: none">- Vorgesetzten informieren		
6. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe: <ul style="list-style-type: none">- Notruf absetzen, Tel. 089/382-112- Bei Atemwegs- oder Hautbeschwerden den Gesundheitsdienst aufsuchen		
7. Sachgerechte Entsorgung: <ul style="list-style-type: none">- CFK-Staub kann in geringen Mengen im Restabfall entsorgt werden- Gesonderte Entsorgung von CFK-Bauteilen		
8. Verfasser: _____ Prüfer: _____ Freigeber: _____		
Weitere Informationen zur Lenkung sind im MPM DMS hinterlegt.		

KONFEKTIONIEREN VON PREFORMS.



Schutzbrille und langärmelige Arbeitskleidung sind zu tragen.

In Abhängigkeit der Gefährdungsbeurteilung sind an einzelnen Arbeitsplätzen ebenfalls Schutzhandschuhe zu tragen.

Für bestimmte Arbeitsplätze sind Schnittschutzhandschuhe vorgeschrieben.

Quelle: BMW Presseclub

STACKEN.




Die Wirksamkeit der personenbezogenen Schutzmaßnahmen ist nicht immer gegeben.

Die Führungskräfte haben auf die Einhaltung der festgelegten Schutzmaßnahmen immer wieder hinzuweisen, z.B. das Tragen der Schutzbrille.

Quelle: BMW Presseclub

ANGEBOTSVORSORGE MECHANISCHES BEARBEITEN VON CFK.

- BMW Vorsorge:
Mechanische Bearbeitung von CFK mit möglicher Faserstaubfreisetzung
- Angebotsvorsorge für alle Mitarbeiter, die CFK mechanisch bearbeiten
- Ärztliches Beratungsgespräch mit Anamnese einschließlich Arbeitsanamnese und ggf. weiteren Untersuchungen



BMW Vorsorge
Mechanisches Bearbeiten von CFK

Gefährdung	Dermale (Haut) oder inhalative (Atemwegs-) Exposition gegenüber CFK (Kohlenfaserverstärkte Kunststoffe)	
Anlass gemäß Gefährdungsbeurteilung	Mechanische Bearbeitung von CFK mit möglicher Faserstaubfreisetzung (Sensibilisierende, mechanisch irritative Bestandteile möglich), derzeit Einstufung nach CLP Verordnung als K2 Stoff (entsprechend Faserstaub).	
Profilart + Definition der Grenzwerte	Angebotsvorsorge	Für alle Mitarbeiter, die CFK mechanisch bearbeiten.
Inhalt der Vorsorge	Termin im Gesundheitsdienst	Ärztliches Beratungsgespräch mit Anamnese einschließlich Arbeitsanamnese. Im Anschluss erfolgen, sofern der Mitarbeiter es nicht ablehnt, eine körperliche Untersuchung und ggf. weitere Untersuchungen und Befundbesprechung. Unter Umständen können hierfür weitere Termine erforderlich sein.
	Ergebnis	Nach Abschluss der Vorsorge erhält der AN das Ergebnis der Vorsorge. Der AG erhält eine Teilnahmebescheinigung.
Nachuntersuchungsfrist siehe Bescheinigung		
Terminvereinbarung telefonisch in den jeweiligen Gesundheitsdiensten		

VERLETZUNGEN UND UNFALLGESCHEHEN.



Häufigste Verletzungen sind leichte Schnitt- und Stichverletzungen an Händen und Armen.

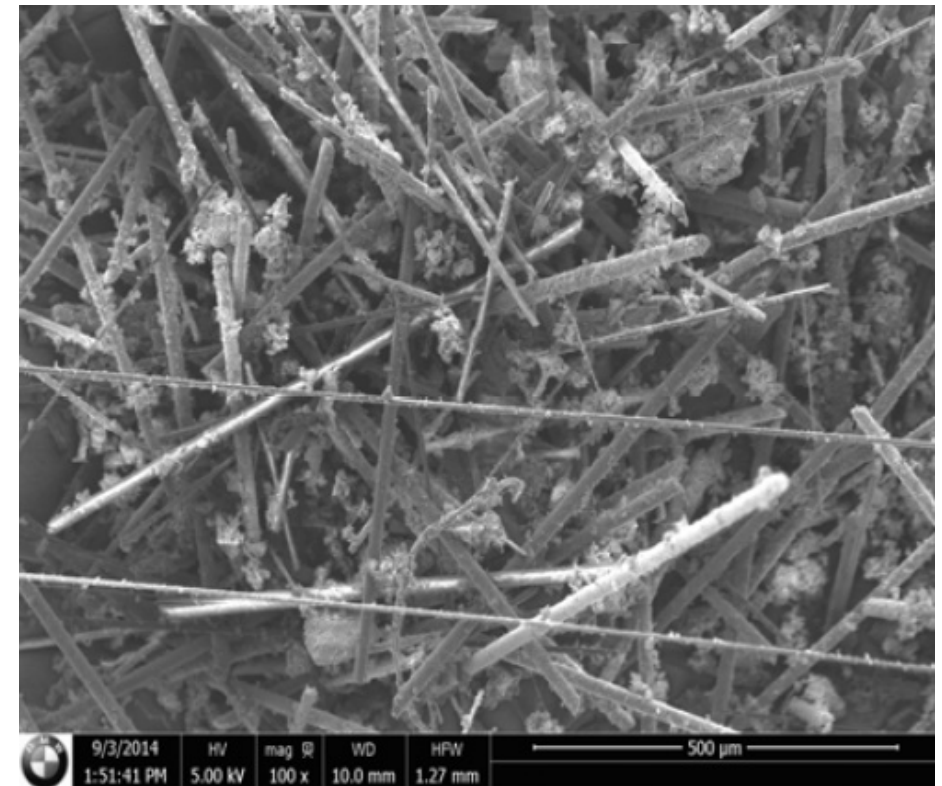
Gelegentlich kommt es zu Hautirritationen durch CFK-Staub an unbedeckten Körperstellen.

Quelle: BMW Presseclub

BESONDERHEIT FAHRZEUGBRAND.

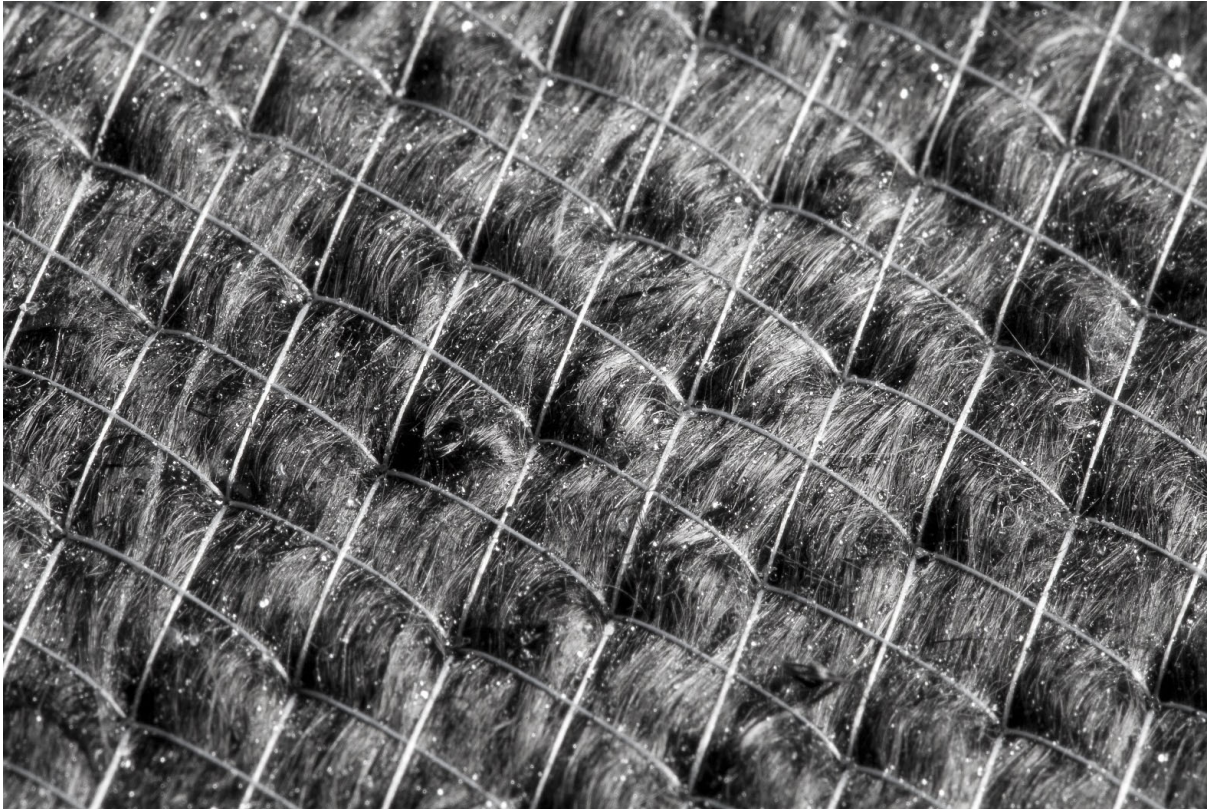
Aufgrund der hohen WHO-Faserkonzentration der Brandasche werden die Schutzmaßnahmen der Expositions-kategorie 3 nach DGUV-I FB HM 074 zugeordnet, d. h.:

Zusätzlich zu den Schutzmaßnahmen der Expositions-kategorie 1 und 2 Tragepflicht der Persönlichen Schutzausrüstung, insbesondere Atemschutz.



Quelle: BMW Labortechnik, CFK-Verbrennungsrückstände unter Nicht-Labor Bedingungen, 2014

RECYCLING VON NICHT IMPRÄGNIERTEN FASERN.



Nicht imprägnierte Fasern, z.B. aus Verschnitt, lassen sich recyceln und können für Bauteile mit geringeren Festigkeitsanforderungen verwendet werden, z.B. BMW i3 Dach.

Quelle: BMW Presseclub

BESONDERHEIT ENTSORGUNG VON CFK-ABFÄLLEN.



CFK-Bauteile werden thermisch verwertet. Müllverbrennungsanlagen haben i.d.R. eine Verbrennungstemperatur von unter 1000 °C und eine geringe Verweildauer des Abfalls. Hierdurch verbrennen CFK-Abfälle nicht vollständig und führen zu technischen Problemen in den Filteranlagen. Teilweise verweigern Müllverbrennungsanlagen deshalb die Annahme von CFK-Abfällen.

Die thermische Entsorgung der CFK-Abfälle in Zementwerken hat sich bewährt.

Quelle: Zerschredderte CFK-Abfälle, BMW Recyclingzentrum, 2016

VIELEN DANK FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT.



Quelle: BMW Presseclub