

Carbonfasern - das neue Asbest? - Gefährdung durch Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe

Redaktion Wohnmedizin

Abstract

Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) – häufig als „Carbon“ bezeichnet – stellen seit vielen Jahren einen wichtigen Leichtbauwerkstoff dar und nicht nur in der Luftfahrt, sondern auch in der Autoindustrie, Fahrradindustrie oder finden auch in Haushaltsprodukten mehr Verwendung, um eine mögliche Gewichtseinsparung durch CFK zu erzielen.

Intaktes Carbon-Material stellt keine Gefährdung hinsichtlich enthaltener Kohlenstofffasern für den Nutzer dar. Nach einem Brand mit sehr hohen Temperaturen kann aber der Faserdurchmesser abnehmen und lungengängige Fasern können freigesetzt werden. Vor allem der Umgang mit abgebranntem CFK kann demnach eine Gesundheitsgefährdung darstellen. Zukünftig ist aufgrund des vermehrten Einsatzes von Carbonfasern im Automobil- aber auch Gebäudebereich mit häufigeren Brandereignissen mit kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen zu rechnen.

Thermische Eigenschaften von Carbonfasern

Im Gegensatz zu Metallen weisen CFK eine begrenzte thermische Stabilität auf und sie können brennen. Dabei kommt es zunächst zu einem Abbau des Kunststoffanteils. Wie bei jedem

anderen Kunststoffbrand entsteht eine Vielzahl an Verbindungen. Ein neuer Aspekt hinsichtlich freigesetzter Gefahrstoffe beim CFK-Brand ergibt sich durch lungengängige Kohlenstoffasbruchstücke. Nach der Definition durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind Fasern lungengängig, wenn sie einen Durchmesser kleiner als $3\mu\text{m}$ aufweisen. Gleichzeitig muss die Faserlänge mindestens $5\mu\text{m}$ betragen. Das Verhältnis von Länge und Durchmesser muss zusätzlich größer als 3:1 sein. In diesem Fall sind die Fasern so dünn, dass sie in die freien Lungenbläschen (Alveolen) passen, jedoch so sperrig, dass sie nicht einfach abgeatmet bzw. durch Reinigungsmechanismen der Lunge abtransportiert werden können.

Alle kommerziell verfügbaren Kohlenstofffasern sind jedoch dicker als $5\mu\text{m}$. Im intakten Zustand des CFK-Materials ergibt sich damit keine Gesundheitsgefährdung. Setzt man Kohlenstofffasern Temperaturen über 600°C in der Luft aus, tritt ein thermischer Abbau ein. Dieser ist geprägt von einer Abnahme des Faserdurchmessers. Gleichzeitig werden oberflächliche Defekte erzeugt, die sich bei einer sehr starken Schädigung zu ausgeprägten Löchern in den Fasern entwickeln können. Diese Fasern brechen leicht und können lungengängige Bruchstücke bilden.

Nachweis kritischer Faserkonzentrationen bei Brandschäden

In der Vergangenheit wurden bei der Deutschen Bundeswehr große Brandversuche durchgeführt, um zu prüfen, ob es unter realitätsnahen Bedingungen zu einer kritischen Faserfreisetzung kommt. Dafür wurden ca. 20kg CFK-Material unter Verwendung von 40l Flugkraftstoff über einen Zeitraum von 15min abgebrannt. Parallel dazu wurden stationäre und personenbezogene Fasermessungen durchgeführt. Dafür wird Luft über goldbedampfte Kernporenfilter gezogen und abgeschiedene Fasern im Anschluss im Rasterelektronenmikroskop vermessen und gezählt.

Im Rahmen des Brandversuchs wurde festgestellt, dass Fasern mit kritischen Dimensionen entstehen, diese allerdings durch den thermischen Auftrieb vom Brandherd entfernt werden. Vom Wind getrieben erfolgen eine Verteilung und starke Verdünnung. Gegenwärtig stehen keine verlässlichen Daten zur Verfügung, die es erlauben, Faserkonzentrationen in der Umgebung einer Brandstelle abzuschätzen.

Das wichtigste Ergebnis des Brandversuchs bezieht sich auf die Rückstände des Brands. Hantiert man mit abgebranntem CFK-Material, können Faserbruchstücke freigesetzt werden. Bei der Einwirkung einer mechanischen Belastung brechen die freiliegenden



Abb. 1: Die rund 100 Meter hohen Anlagen an der Autobahn stehen oft stundenlang in Flammen, da Löscharbeiten in dieser Höhe nicht möglich sind und so das durch ein kontrolliertes Abbrennen nicht nur für Beteiligte vor Ort, sondern auch durch Faserdrift in Wohnbereiche Gefährdungen erfolgen können (Quelle: Polizei Borken)

Fasern, nachdem der Kunststoff abgebrannt ist, sehr leicht. Entstandene Faserfragmente sind sehr leicht und luftgetragen. Am Beispiel des Brandversuches wurden ca. 100 000 Fasern mit kritischen Dimensionen pro m³ Luft festgestellt.

Gesetzliche Vorgaben

Nach den technischen Regeln für Gefahrstoffe, Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener und reproduktionstoxischer Stoffe (TRGS 905), handelt es sich bei

Kohlenstofffaserbruchstücken mit kritischen Dimensionen nach der Definition durch die WHO um ein Material, das Anlass zur Sorge gibt, beim Menschen kanzerogen zu sein. Demgegenüber sind etwa Asbestfasern nachweislich krebserzeugend. Eine abschließende Bewertung der toxikologischen Wirkung von Kohlenstofffasern steht noch aus. Es fehlen im Vergleich zur Asbestproblematik entsprechende Langzeiterfahrungen. Grundsätzlich ergeben sich jedoch Ähnlichkeiten mit Asbest. Das Material der Kohlenstofffaser ist ebenfalls chemisch nicht reaktiv. Die gesundheitsschädliche

Wirkung erfolgt damit primär aufgrund der kritischen Fasergeometrie. Ein Abbau des Materials in den Alveolen der Lunge ist zusätzlich erschwert, da Makrophagen nicht in der Lage sind, diese Faserbruchstücke v.a. aufgrund ihrer Länge zu umschließen, und dabei absterben. Sehr wahrscheinlich verbleiben damit eingeatmete Faserstäube sehr lange im menschlichen Lungengewebe. Gegenwärtig werden aufgrund dieser Unsicherheit verstärkt Forschungsarbeiten z.B. an der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Deutschland durchgeführt.

Nach den technischen Regeln für Gefahrstoffe, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle (TRGS 521) bzw. dem „Risikobezogenen Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ (TRGS 910) sind bei den ermittelten Faserkonzentrationen diverse Schutzmaßnahmen zu ergreifen, damit die Exposition gegenüber kritischen Faserstäuben vermieden wird. Dazu zählt das Tragen einer persönlichen Schutzausrüstung mit Feinstaubmaske (FFP3), Augenschutz, Handschuhen und Einwegschutzanzug. Eine

Faserfreisetzung beim Umgang mit abgebranntem CFK-Material ist zu vermeiden. Zu entsorgendes Material sollte staubdicht in Kunststofffolien/-beuteln verpackt werden. Betroffenes Personal ist zu unterweisen und arbeitsmedizinisch zu untersuchen.

Gefährdeter Personenkreis

Es ist davon auszugehen, dass eine einmalige Exposition gegenüber lungengängigen Kohlenstofffasern im nachgewiesenen Konzentra-

tionsbereich zu keinem signifikant erhöhten Risiko führt, an Krebs zu erkranken. In den geschilderten Unfallsituationen ist eine Gefährdung durch akut toxisch wirkende Brandprodukte oder andere Brandbegleiterscheinungen als wesentlich kritischer anzusehen. Damit wird der möglicherweise gefährdete Personenkreis auf Rettungspersonal und Polizei im Fall einer sich wiederholenden Exposition eingeschränkt. Anders verhält es sich – im Gegensatz zu den geschilderten Notfallsituationen – bei Arbeitsplätzen, an denen CFK mechanisch bearbeitet werden. Beim Schleifen, Schneiden, Bohren usw. können und müssen Vorgaben eingehalten werden, um eine Faserfreisetzung zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch geeignete Absauganlagen und die Verwendung von faserbindenden Kühlflüssigkeiten erfolgen. Eine Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen ist zum Beispiel die Information der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) „Bearbeitung von CFK-Materialien“.

Zurzeit sind Unfallereignisse, bei denen es zu einer Freisetzung lungengängiger Kohlenstofffaserstäube kommen kann, selten. Mit einer vermehrten Verwendung von CFK im Automobilbereich ist jedoch von einer Zunahme von Brandereignissen mit CFK-Bränden auszugehen. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von CFK in Windkraftanlagen ist anzumerken, dass hier keine aktiven Löschmaßnahmen durch die Feuerwehr möglich sind. Die Rotorblätter sind typischerweise mit einer Drehleiter nicht erreichbar.

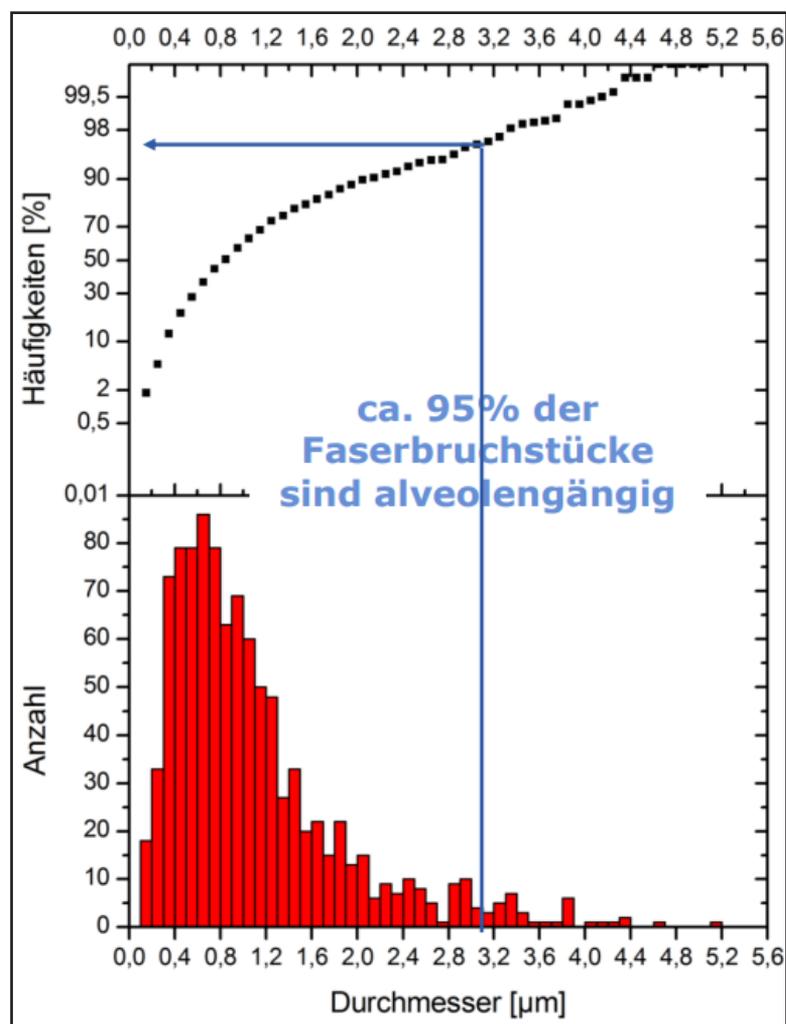


Abb. 2: Carbonfasern als Quelle alveolengängiger Fasern? (Quelle: Dominic Kehren, BAuA Berlin)

Krebsverdacht à la Asbest bei Carbonfasern?

Experten der Bundeswehr warnen vor Gesundheitsgefahren durch den Werkstoff CFK, der auch am Bau eingesetzt wird. Wie das NDR-Magazin „Hallo Niedersachsen“ unter Berufung auf Ergebnisse langjähriger Bundeswehr-Forschung schon 2014 be-

ge an Krebs erkranken.

Die Voraussetzungen und Mechanismen des Bruchverhaltens müssen genau analysiert und verstanden werden. Pech-basierte Carbonfasern zeigen in vielen Fällen ein kritisches Bruchverhalten und setzen kritische Konzentrationen von WHO-Fasern frei. Auch PAN-basierte Carbon-

Abhängigkeit bzw. Korrelation zu Materialeigenschaften kann bei der Kategorisierung helfen und auch für zukünftig neu entwickelte Carbonfasern in Bezug auf „Safety by Design“ von Nutzen sein.

Literatur:

D. Bäger, B. Simonow, D. Kehren, N. Dziurowitz, D. Wenzlaff, C. Thim, A. Meyer-Plath, S. Plitzko, Pechbasierte Carbonfasern als Quelle alveolengängiger Fasern bei mechanischer Bearbeitung von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Volume 79, Nr. 1-2 2019. Seiten 13-16, <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Aufsaeetze/artikel2324.html>

Neumann, V., Gefährdungen durch Kohlenstoffverstärkte Kunststoffe (CFK). Institut für Gefahrstoff-Forschung der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Ruhr-Universität Bochum

Kehren, D., Carbonfasern als Quelle alveolengängiger Fasern? BAuA Berlin

Eibl, S., Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe Deutsche Bundeswehr, Erding, NDR-Magazin „Hallo Niedersachsen“ 2014

TRGS 910, „Risikobezogenen Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“

TRGS 521, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle

PAN

Pech

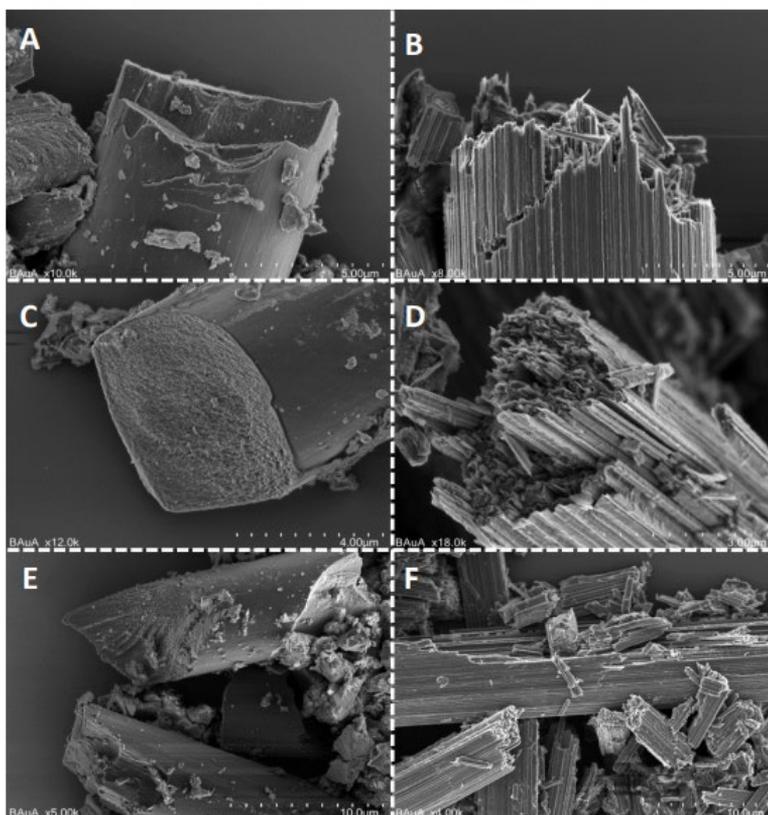


Abb. 3: Carbonfasern als Quelle alveolengängiger Fasern? (Quelle: Dominic Kehren, BAuA Berlin)

richtete, sollen im Brandfall in der Asche von carbonfaserverstärkten Kunststoffen Fasern freigesetzt werden können, die ähnlich gefährlich wie Asbestfasern seien. Besonders Feuerwehrleute, Ersthelfer oder Polizeibeamte, die an Unfallorten ungeschützt mit der Asche in Kontakt kämen, seien gefährdet und könnten in der Fol-

fasern können unter bestimmten Bedingungen biopersistente faserförmige, alveolengängige Bruchstücke freisetzen. Eine pauschale Freisprechung von PAN-basierten Carbonfasern muss, wenn überhaupt möglich, durch detaillierte Untersuchungen erst erarbeitet bzw. unkritische Fasertypen müssen identifiziert werden. Eine