

- > Wissen schafft Fortschritt[®]
- » CFK-Stäube und Sicherheit: Materialwissenschaftliche Untersuchungen zur Abschätzung der Gefährdung von Mensch und Umwelt
- > Technische Mitteilung 20150326

- Dr. Stefan Loibl Junior-Experte f
 ür Composites stefan.loibl@gwp.eu
- Dr. Julius Nickl Geschäftsführer Senior-Experte für industrielle Prozesse und Produkte julius.nickl@gwp.eu

 GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH

 Georg-Wimmer-Ring 25
 ☎ +49 (0)8106 994 110

 D-85604 Zorneding/München
 ≞ +49 (0)8106 994 111

info@gwp.eu
 www.gwp.eu

GWP

1. Zusammenfassung

CFK-Materialien werden zunehmend in der Luft- und Raumfahrt, sowie in der Automobilindustrie eingesetzt. Bei der Verarbeitung dieser CFK-Materialien treten Stäube auf, die eine Belastung für Mensch und Umwelt darstellen können.

Es wurden verarbeitungstypische CFK-Stäube gesammelt und mittels Rasterelektronenmikroskop, Bildverarbeitung, Andersen-Impaktor, XRD, TGA und DSC charakterisiert. Wichtigste Ergebnisse sind:

Faserbruchstücke typischerweise > 3 µm, d.h. im Sinne von VDI 3492 nicht lungengängig
 Anhand vergleichbarer technischer Regeln und Praxis ist ein Grenzwert von 2 mg/m³ empfehlenswert

Inhalt

1.	Zusammenfassung	2
2.	Aufgabenstellung	3
3.	Erhaltene Proben	3
4.	Untersuchung	4
4.1.	Makroskopische Dokumentation	4
4.2.	Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (REM, EDX)	4
4.3.	Staubanalyse – Andersen-Impaktion	5
4.4.	XRD	5
5.	Ergebnis und Bewertung	5
6.	Literaturverzeichnis	6
7.	Bildanhang	7

2. Aufgabenstellung

Bei der Produktion und produktionsbegleitenden Untersuchung von CFK-Materialien entstehen in großer Menge CFK-Stäube. Diese Stäube bestehen aus feinsten Partikeln und Faserstücken, die insbesondere in der Luft aufgewirbelt lange Zeit schweben können. Schwebstaub kann jedoch durch die in den entsprechenden Produktionsstätten tätigen Mitarbeiter eingeatmet werden: Daher ist es von besonderer Wichtigkeit die Belastung und Gefährdung durch CFK-Stäube einordnen zu können. Der hier dargelegte DEMO-Bericht beschäftigt sich mit der Lungengängigkeit von CFK-Stäuben, um eine erste Einordnung und Bewertung ihrer Gefährlichkeit zu ermöglichen.

Die hier angewandte Methode zur Bestimmung der Lungengängigkeit von CFK-Stäuben folgt der in den relevanten Normen (TRGS 900, bzw. TRGS 905, siehe Tabelle 1, und [1]) beschriebenen Vorgehensweise. Insbesondere für Asbeststäube wurden in den vergangenen Jahrzehnten ausgiebige Untersuchungen durchgeführt, die die Lungengängigkeit (Alveolengängigkeit) und Gefährlichkeit der Asbestfasern klar bewerten. Hierbei hat sich herausgestellt, dass Fasern als lungengängig zu bezeichnen sind, wenn sie eine Länge von L > 5 μ m und einen Durchmesser von D < 3 μ m aufweisen. In diesem Fall können die Asbestfasern in der Lunge die Aveolen erreichen und dort ihre schadhafte Wirkung entwickeln.

Staubart	Grenzwerte	Regelung	Bemerkung
Gesamtschwebstaub	150 µg/m³	RL 89/427	Tagesmittelwert
Atembarer Staub	40 µg/m ³	RL 1999/30/EG	Jahresmittelwert
Atembarer Staub	10 mg/m ³	TRGS 900	Arbeitsplatzgrenzwert
Faserstaub	250.000 Fasern/m ³	TRGS 900	Fasern mit Länge L > 5 μm und Durchmesser D < 3 μm, d.h. Lungengängige Fasern
Holzstaub	2 mg/m ³	TRGS 553	Über 2 mg/m ³ ist Atemschutz erforderlich

Tabelle 1: Grenzwerte verschiedener Staubarten

3. Erhaltene Proben

Die GWP hat an ihrem Standort Leipzig an zwei verschiedenen Orten Proben gesammelt, wobei der CFK-Werkstoff jeweils aus einer Epoxidharz-Matrix und Kohlefasern mit einem Durchmesser von ca. 8 μ m aufgebaut ist.

Die Proben wurden während der Probevorbereitung zur zerstörenden Prüfung durch Nasssägen und Nassschleifen erzeugt.

Tabelle 2: erhaltene Proben

Eingang	GWP #	Bezeichnung	Herkunft	Verarbeitete Faser	Verarbeitetes Material	Staubentstehung
25.04.2013	1	CFK-Staub "Schleifklemme"	GWP Standort Leipzig	-	RTM/Epoxy	Schleifen
25.04.2013	2	CFK-Staub "Halle"	GWP Standort Leipzig	-	RTM/Epoxy	Schleifen, airborn, Sedimentation

4. Untersuchung

Die Untersuchungen wurden vom 25.04.2013 bis 20.05.2013 durchgeführt.

4.1. Makroskopische Dokumentation

Die makroskopische Dokumentation einer CFK-Staubprobe ist in Bild 1 und 2 zu sehen. Die Stäube zeigen eine sehr einheitliche Zusammensetzung mit wenigen Partikeln und Fasern, die sich in Länge und Größe stark von der Grundmasse unterscheiden. Einzelne Partikel zeigen eine weiße Färbung. Diese ist auf die Probenbeschriftung mittels eins weißen "Paint Markers" zurückzuführen und für die weitere Untersuchung nicht relevant.

4.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (REM, EDX)

Prüfparameter:	
Elektronenstrahlquelle:	Rasterelektronenmikroskop (REM) JEOL JSM 6610 LV
EDX-System:	RÖNTEC XFlash 430 M (SDD-Röntgendetektor)
Anregungsenergie:	20 keV
Bildgebung:	Sekundärelektronenkontrast
Analysenmodi:	Integrale Analyse bei hoher Vergrößerung (Einzelfasermessung)
Nachweisgrenze:	ca. 0,1 Gew%
Informationstiefe:	wenige µm
Räumliche Auflösung:	0,5 bis 5 µm, abhängig von Probenrauheit und Anregungsenergie
Auswertung:	Programm Esprit 1.9, Bruker AXS Microanalysis, semiquantitativ

Die Fasern wurden mittels Rasterelektronenmikroskopie untersucht. Hierbei wurden je Probe an 50 Fasern die Länge und Dicke in Bezug auf die Vorgaben der TRGS 905 ausgewertet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse dieser Auswertung. Darüber hinaus wurde die chemische Zusammensetzung jeweils einer Faser exemplarisch mittels EDX bestimmt (s. Bilder 3-6). Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 3: Ergebnisse der Fasergeometrieauswertung

Fasergrößenklassen	D < 3 µm		D ≥ 3 µm
	L≤5µm	L > 5 µm	
Probe 1 - Faseranteil in %	0	0	50
Probe 2 - Faseranteil in %	0	0	50
Anteil WHO-Fasern nach TRGS 905	-	0	-

Tabelle 4: Element-Zusammensetzung der Fasern

		0	
Probe	С	0	Ca
Probe 1	94,6	5,4	>0,1
Probe 2	90,2	9,4	0,4

Aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Fasern ist die Bestimmung eines Kanzerogenitätsindex (KI-Wert) nicht anwendbar: dieser berechnet sich aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte (in Gew.-%) der Oxide von Bor, Calcium, Natrium, Kalium, Magnesium, Barium und dem doppelten Massegehalt von Aluminiumoxid. In den vorliegenden Proben konnte nur Ca nachgewiesen werden. Eine karzinogene Wirkung von reinen Ca-Verbindungen (hier möglich wären: CaO, CaCO₃) ist jedoch nicht belegt.

4.3. Staubanalyse – Andersen-Impaktion

Schwebstaub wurde in einem Zeitraum ohne Trennarbeiten analysiert: dazu wurde ein separater Gasstrom von 28,3 L/min über einen Andersen Impaktor für die Zeitdauer von 20 min gesammelt. Nach Beendigung des Versuchs wurde die Partikelgrößenverteilung durch Wägung bestimmt. Es konnte keine CFK-Stäube nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind im Detail nochmals in Bild 7 dargestellt (umgerechnet auf Standardbedingungen, 22°C, 1013 mbar).

4.4. XRD

CFK-Staub des Standortes Leipzig wurde mittels Röntgenfeinstrukturanalyse untersucht. Das Material ist amorph, zeigt leichte Anzeichen von teilkristallinen polymeren Gebieten in der Struktur (s. Bild 8).

5. Ergebnis und Bewertung

Zwei typische CFK-Stäube aus dem GWP Standort Leipzig wurden in Hinblick auf die Alveolengängigkeit untersucht.

Die Proben zeigten dabei überhaupt keine lungengängigen Fasern. Demnach ist bei der Bearbeitung von CFK-Materialien, insbesondere beim Trennen und Schleifen, allein eine maximale Arbeitsplatzbelastung in Erwägung zu ziehen. Ausgehend von den Grenzwerten anderer Staubarten, z.B. des chemisch ähnlichen Holzstaubes, sollte diese Belastung nicht mehr als 2 mg/m³ betragen, bevor eine Atemschutzmaske anzuraten wäre. Die vorliegenden Ergebnisse können aber nicht auszuschließen, dass in anderen

Bearbeitungsbereichen alveolengängige CFK-Feinstäube entstehen können. Diese stellen eine große Gefahr für das Personal dar.

In der Literatur finden sich nur wenige Fundstellen zur Sicherheit bei der Bearbeitung von CFK Materialien (s. z. B. [2], [3]).

Zorneding, den 25.04.2013

i.A. Dr. Stefan Loibl Bearbeiter Dr. Julius A. Nickl Interne Prüfung GWP

GWP

6. Literaturverzeichnis

[1] TRGS 900; Ausgabe Januar 2006; GMBI 2013 S. 363-364 v. 4.4.2013 [Nr.17]

[2] http://www.dguv.de/medien/fb-

holzundmetall/publikationen/infoblaetter/infobl_deutsch/074_cfk_materialien.pdf

[3] http://www.carbon-composites.eu/sites/carbon-

composites.eu/files/anhaenge/gruppen/12/08/29/02_ag_mpbf_220311_gefahrstoffe_150620 11.pdf

<u>**Bild 2</u>** Makroaufnahme einer CFK-Staubprobe (10x)</u>

7. Bildanhang



Bild 1 Makroaufnahme einer CFK-Staubprobe (2x)



<u>Bild 3</u> Probe 1 (Schleifklemm) REM-Detailaufnahme



<u>Bild 4</u> EDX-Spektrum der Probe 1 (Schleifklemm)



0



Ca

keV

Au

Bild 6 EDX-Spektrum der Probe 2 (Halle)



Bild 5 Probe 2 (Halle)



Bild 7

Messwerte des Anderson Impactors während einer Zeit ohne Trennarbeiten



Bild 8

XRD-Diffraktogramm eines CFK Staubs.

Deutlich nichtkristallines Material



» Gesellschaft f ür Werkstoffpr üfung mbH



> Analytik





>Werkstoffprüfung



> Schadensanalyse





> Entwicklung

> Laborservices

- > Analytikum
- > Chemie & Korrosionslabor
- > Elektroniklabor
-) Gaslabor
- > Kunststofflabor
- > Materialografie

> Schadensanalyse

-) Airbag
- > Batterien
- > Baustoffe
- > Fraktographie
- > Heterogene Katalyse
- > Industrielle Prozesse und Produkte

- > Mikroskopie REM/LIM
- > Umweltsimulation
- > Werkstatt
- > Werkstoffprüfung
- > Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- > Korrosion
- > Kunststoffe
- > Medizintechnik
- > Metallische Gefüge
- > Oberflächentechnik
- Zerstörungsfreie Prüfung

> GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH

- > Georg-Wimmer-Ring 25, D-85604 Zorneding/München > Fax +49 (0) 8106 994 111
- > Tel. +49 (0) 8106 994 110 > Mail info@gwp.eu

> Web www.gwp.eu

