

# Hinweise für die Entsorgung von carbon- und glasfaserhaltigen Abfällen

## (Stand Oktober 2020)

### 1 Einleitung

Aufgrund der zunehmenden Verwendung von Carbon- und Glasfasern als Faserverbundwerkstoffe im industriellen- sowie privaten Bereich gewinnt die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung bzw. allgemeinwohlverträgliche Beseitigung dieser Abfallströme immer mehr an Bedeutung. Eine hochwertige Verwertung kann nur realisiert werden, wenn die einzelnen Stoffströme möglichst ohne Verunreinigungen vorliegen. Der selektive Rückbau und eine strikte Getrennthaltung ist gerade bei Faserverbundwerkstoffen unabdingbar.

Carbonfasern finden aufgrund ihrer hohen Stabilität und Langlebigkeit bei geringem Eigengewicht unter anderem Anwendung im Rotorblattbau von Windkraftanlagen, Karoseriebau von Elektrofahrzeugen und Fahrradrahmen.

Carbonfaserhaltige Abfälle werden in 3 verschiedene Typen unterteilt. Bei Typ I handelt es sich um sogenannte „trockene“ (nicht matrix-gebundene) Carbonfasern. Diese fallen insbesondere im Bereich der Produktion als Rest und/ oder Verschnitt an. Typ II bezeichnet alle vorimprägnierten Carbonfasern, die in einer noch nicht ausgehärteten Matrix vorliegen. Typ III benennt Carbonfaserabfälle aus defekten carbonfaserhaltigen Bauteilen bzw. von Bauteilen am Ende ihrer Verwendung („End-of-Life“).

Carbonfaserhaltige Verbundwerkstoffe stehen im Verdacht bei bestimmter thermischer- oder mechanischer Beanspruchung (u.a. wie sie in Entsorgungsprozessen stattfinden) die Eigenschaften von WHO-Fasern anzunehmen<sup>1</sup>. Eine karzinogene Wirkung von carbonfaserhaltigen Abfällen auf den Menschen ist daher nicht gänzlich auszuschließen. Aus diesem Grund sind Verbrennungsrückstände und Stäube, die z.B. bei der mechanischen Verarbeitung von carbonfaserhaltigen Bauteilen entstehen, als kritisch einzustufen.

Glasfaserverstärkte Kunststoffe finden wegen ihrer Beständigkeit Anwendung im Bereich des Schiff- und Anlagenbaus. Auch im Bereich des Windenergieanlagenbaus wird mit glasfaserverstärkten Kunststoffen gearbeitet. Durch den steigenden Bedarf an Faserverbundwerkstoffen sowie infolge des Rückbaus von Windenergieanlagen, gewinnt die ordnungsgemäße Verwertung bzw. allgemeinwohlerträgliche Entsorgung dieser Stoffe immer mehr an Bedeutung.

Im Bereich des Windanlagenrückbaus wird hier ergänzend auf DIN SPEC 4866:2020-10 zu Nachhaltigem Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen hingewiesen. Das vorliegende Infoblatt basiert auf dem Abschlussbericht „Entsorgung faserhaltiger Abfälle“ des LAGA Ad-hoc-Ausschusses (Juli 2019).

## **2 Einstufung carbonfaserhaltige Abfälle gem. Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)**

Derzeitig können, bis zur Anpassung der Abfallverzeichnisverordnung, die nachfolgenden Abfallschlüssel für carbonfaserhaltige Abfälle verwendet werden. Dabei ist der Zusatz „**enthält Carbonfasern**“ dem Abfallschlüssel anzufügen. Sollte ein Abfallgemisch aus Carbon- und Glasfasern vorliegen, so ist dies unter den gegebenen Abfallschlüsseln für carbonfaserhaltige Abfälle einzuordnen und der Zusatz „**enthält Carbon- und Glasfasern**“ dem Abfallschlüssel anzufügen. Grundsätzlich ist eine Vermischung von carbonfaserhaltigen Abfällen mit nicht carbonfaserhaltigen Abfällen untersagt.

(1) *Trockene Carbonfasern (Typ I):*

- **07 02 15** „Abfälle von Zusatzstoffen mit Ausnahme derjenigen, die unter 07 02 14 fallen“. (enthält Carbonfasern)

---

<sup>1</sup>Die Eigenschaften einer WHO-Faser beinhalten eine Länge von mehr als 5 µm sind und einen Durchmesser unter 3 µm, bei einem Verhältnis von Länge zu Breite von größer als 3:1. [Quelle: [DGUV](#)]

- **07 02 14\*** „Abfälle von Zusatzstoffen, die gefährliche Stoffe enthalten“  
(enthält Carbonfasern)

(2) *Carbonfasern in Kunststoffmatrix (Typ II und III):*

- **07 02 08\*** „andere Reaktions- und Destillationsrückstände“ (enthält Carbonfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel sollte für Fasergelege mit noch nicht ausgehärteter Matrix (sogenannte Prepregs) verwendet werden. Alternativ kann auch der Abfallschlüssel **08 04 09\*** „Klebstoff- und Dichtmassenabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten“ (enthält Carbonfasern) verwendet werden.*

- **07 02 13** „Kunststoffabfälle“ (enthält Carbonfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel sollte für ausgehärtete CFK-Abfälle aus der Produktion und End-of-Life-Abfälle angewendet werden, die als Monofraktion vorliegen.*

- **17 09 04** „gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen“ (enthält Carbonfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel kann Anwendung für End-of-Life-Abfälle finden.  
Hierzu zählen unter anderem Rotorblätter von Windkraftanlagen.*

- **19 12 04** „Kunststoff und Gummi“ (enthält Carbonfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel kann angewendet werden, wenn es sich um zerkleinerte faserhaltige Abfälle aus einer Abfallbehandlung handelt.*

- **19 12 11\*** „sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten“ (enthält Carbonfasern)

*Anmerkung: Für den Fall, dass es sich um CFK-Stäube mit als gefährlich eingestuften Fasern handelt.*

### *(3) Carbonfasern in mineralischer Matrix (Typ III):*

Für die Einstufung von Carbonfasern in mineralischer Matrix (z. B. Carbon-Beton) können die folgenden Abfallschlüssel Anwendung finden:

- **17 01 07** „Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen“ (enthält Carbonfasern)
- **17 01 06\*** „Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten“ (enthält Carbonfasern)

Als größere Stücke oder Bruchstücke sind Faserverbundwerkstoffe optisch sehr gut zu identifizieren. Aktuell ist kein etabliertes Verfahren zum Nachweis von CFK in Abfallströmen bekannt. Allgemein kann die zu untersuchende Matrix auf Faserfreiheit geprüft werden.

## **2.1 Entsorgungsmöglichkeiten von carbonfaserhaltigen Abfällen**

Vor Beginn der Entsorgung ist es zwingend erforderlich, die carbonfaserhaltigen Abfälle eindeutig zu identifizieren. Die Anlieferung von carbonfaserhaltigen Abfällen ist mit den Entsorgungsunternehmen grundsätzlich **vorher** abzustimmen.

### *1. Vorbereitung zur Wiederverwendung*

Gemäß § 6 KrWG ist die Vorbereitung zur Wiederverwendung (Prüfung, Reparatur und Reinigung gem. § 3 Abs. 24 KrWG) von carbonfaserhaltigen Abfällen die vorrangig zu ergreifende Verwertungsmöglichkeit der Abfallhierarchie. In Deutschland ist derzeit kein solches Verwertungsverfahren bekannt, sollte sich hieran etwas ändern wird dieses Infopapier entsprechend angepasst.

## 2. *Recycling*

Die CarboNXT GmbH in 21737 Wischhafen bietet ein Verfahren zum Recycling von carbonfaserhaltigen Abfällen an. Pyrolytisch wird hier die Faser von der Matrix getrennt und kann wiederverwendet werden. Weiterhin wäre eine Deponierung der reinen Carbonfaser nach der Pyrolyse möglich (siehe Punkt 3).

Aktuell wird die stoffliche Verwertung bei der Calciumcarbid und Stahlherstellung untersucht. Bei beiden Verfahren sollen durch hohe Temperaturen und lange Verweilzeiten die Fasern vollständig zerstören. CFK dient hier vor allem als Kohlenstoffquelle. Sobald diese Verfahren zur Verwertung von CFK verfügbar bzw. Studienergebnisse vorliegen, werden diese hier benannt.

## 3. *Thermische Entsorgung*

Die Möglichkeit der Entsorgung von carbonfaserhaltigen Abfällen in Hausmüllverbrennungsanlagen (HMV) und EBS-Heizkraftwerken (EBS für Ersatzbrennstoff) wird als ungeeignet angesehen. Durch die schlechten Verbrennungseigenschaften von Carbonfasern und ihrer elektrischen Leitfähigkeit kann der Anlagenbetrieb der Verbrennungsanlagen beeinträchtigt werden. Weiterhin besteht die Gefahr der Anreicherung von karzinogenen Fasern in der Asche, Schlacke und den Filterstäuben.

Bei der thermischen Behandlung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV) verursachen Carbonfasern grundsätzlich dieselben betriebstechnischen Probleme und Störungen wie in Hausmüllverbrennungsanlagen. Im Gegensatz zur HMV werden die Rückstände der Sonderabfallverbrennung in der Regel allerdings nicht verwertet, sondern auf einer Sonderabfalldeponie entsorgt.

Eine weitere Verwertungsmöglichkeit ist die Verwertung in der Stahlschmelze. Im Elektrolichtbogenofen könnte ein gewisser Anteil an benötigtem Primärkohlenstoff durch CFK-Abfälle ersetzt werden. Für die Mitverbrennung von CFK-Abfällen bei der Stahlherstellung in einem Elektrolichtbogenofen, im großtechnischen Praxiseinsatz, besteht aktuell weiterer Untersuchungsbedarf.

Eine Verwertung von CFK-Abfällen im sogenannten Calciumcarbid-Verfahren wird

gegenwärtig nicht praktiziert. Immerhin stellt dieses Verfahren durch die erreichbaren hohen Temperaturen (über 2000 °C) einen möglichen Entsorgungsweg dar. Hier könnten die CFK-Abfälle sowohl als Energieträger und Kohlenstoffquelle dienen.

Die Mitverbrennung in Zementwerken findet in Deutschland nicht statt. Da der Verbleib der Fasern im Produkt sowie der Freisetzung mit dem Abgas nicht ausgeschlossen werden kann.

#### 4. Deponierung

##### *„trockenen“ Carbonfasern und Carbonbeton*

Trockene Carbonfasern (Typ I) und Carbonfasern in Betonmatrix (Typ III ohne weitere Kunststoffanteile) können gem. der Deponieverordnung als elementarer Kohlenstoff betrachtet werden. Hierzu sind die für die Anlieferung und Einbau in die Deponie geeigneten Behältnisse (z. B. Big-Bags) zu verwenden. Gleichzeitig sind die Faserabfälle *analog den Vorgaben für asbesthaltige Abfälle* zu behandeln.

##### *carbonfaserhaltige Kunststoffabfälle*

Eine Deponierung von carbonfaserhaltigen Kunststoffabfällen (Typ II, Typ III) scheidet aufgrund des hohen Brennwertes der Kunststoffmatrix aus (Anhang 3 Nr. 2 Satz 11 DepV).

#### 5. Lagerung

Bis zur Etablierung geeigneter Verwertungswege können CFK –Abfälle ohne Vorbehandlung als Monofractionen nur separat gelagert werden. Dabei sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten; die Langzeitlagerung ist zeitlich auf maximal 3 Jahre begrenzt und die Lagerung von CFK –Abfällen hat in witterungsgeschützten Hallen zu erfolgen. Die Lagerung hat weiterhin als Monofraction zu erfolgen, eine Vermischung mit anderen Abfallströmen ist untersagt. Bei der Lagerung von CFK-Abfällen ist eine entsprechende immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach § 4 Absatz 1 BImSchG i. V. m. Anhang 1 zur Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) erforderlich. Für Anlagen zur zeitweiligen Lagerung von Abfällen (bis zu 1 Jahr) ist Nr. 8.12 und für Anlagen zum Lagern von Abfällen über einen Zeitraum von mehr als einem Jahr ist Nr. 8.14 im Anhang 1 der 4. BImSchV einschlägig. Ist die angestrebte Verwertung nach einer Lagerdauer von 3 Jahren nicht möglich, sind

die Abfälle nach geeigneter Vorbehandlung (durch z.B. Pyrolyse) ordnungsgemäß und schadlos zu beseitigen.

### 3 Glasfaserhaltige Abfälle

#### 3.1 Selektiver Rückbau

Analog dem Modul „Gewinnung von Recycling-Baustoffen aus dem Rückbau von Gebäuden und anderen technischen Bauwerken“<sup>2</sup> aus dem Leitfaden „Mineralische Abfälle“ kommt besonders bei der Verwertung von Windenergieanlagen, dem selektiven Rückbau eine besondere Bedeutung zu. Das UBA legt in „Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen“<sup>3</sup> rechtliche Rahmenbedingungen für einen Rückbau, vorhandene Techniken sowie Entwicklungsbedarf dar. Nur wenn die einzelnen Komponenten von Windenergieanlagen nach dem Stand der Technik selektiv zurückgebaut werden, ist eine qualitativ hochwertige Verwertung möglich. Hierzu gehört das staubarme Zerkleinern der Rotorblätter genauso, wie die Ordnungsgemäße Entsorgung der Betriebsflüssigkeiten. In der DIN SPEC 4866<sup>4</sup> werden hierzu Handlungsanweisungen und Qualifikationsvoraussetzungen beschrieben.

#### 3.2 Einstufung glasfaserhaltiger Abfälle gem. Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

Derzeit können im Vollzug, bis zur Anpassung der Abfallverzeichnisverordnung, die nachfolgenden Abfallschlüssel verwendet werden. Dabei ist der Zusatz „**enthält Glasfasern**“ dem Abfallschlüssel anzufügen. Sollte ein Abfallgemisch aus Carbon- und Glasfasern vorliegen, so ist dies unter den gegebenen Abfallschlüsseln für carbonfaserhaltige Abfälle einzuordnen und der Zusatz „**enthält Carbon- und Glasfasern**“ dem Abfallschlüssel anzufügen.

---

<sup>2</sup> <https://mule.sachsen-anhalt.de/umwelt/abfall/abfallarten/>

<sup>3</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-eines-konzepts-massnahmen-fuer-einen>

<sup>4</sup> DIN SPEC 4866

(1) *Glasfaserabfall ohne Kunststoffmatrix (existiert bereits)*

- **10 11 03** „Glasfaserabfall“

(2) *Glasfasern in Kunststoffmatrix*

- **07 02 13** „Kunststoffabfälle“ (enthält Glasfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel sollte für ausgehärtete glasfaserverstärkte Kunststoff-Abfälle aus der Produktion und End-of-Life-Abfälle angewendet werden, die als Monofraktion vorliegen.*

- **17 09 04** „gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen“ (enthält Glasfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel kann Anwendung für End-of-Life-Abfälle finden. Hierzu zählen unter anderem Rotorblätter von Windkraftanlagen.*

- **19 12 04** „Kunststoff und Gummi“ (enthält Glasfasern)

*Anmerkung: Dieser Abfallschlüssel kann angewendet werden, wenn es sich um zerkleinerte faserhaltige Abfälle aus einer Abfallbehandlung handelt.*

- **19 12 11\*** „sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten“ (enthält Glasfasern)

*Anmerkung: Für den Fall, dass es sich um glasfaserverstärkte Kunststoff -Stäube mit als gefährlich eingestuft Fasern handelt.*

Als größere Stücke oder Bruchstücke sind Faserverbundwerkstoffe optisch sehr gut zu identifizieren. Aktuell ist kein etabliertes Verfahren zum Nachweis von GFK in Abfallströmen bekannt. Allgemein kann die zu untersuchende Matrix auf Faserfreiheit geprüft werden.



### 3.3 Entsorgungsmöglichkeiten von glasfaserhaltigen Abfällen

#### 1. Vorbereitung zur Wiederverwendung

Gemäß § 6 KrWG ist die Vorbereitung zur Wiederverwendung (Prüfung, Reparatur und Reinigung gem. § 3 Abs. 24 KrWG) von glasfaserhaltigen Abfällen die vorrangig zu ergreifende Verwertungsmöglichkeit der Abfallhierarchie. In Deutschland ist derzeit kein solches Verwertungsverfahren bekannt, einzig die Zwischenlagerung glasfaserhaltiger Bauteile die als Ersatzteile aus dem Rückbau von Windkraftanlagen stammen kann hier beispielhaft genannt werden. Die demontierten Bauteile (Rotorblätter, Maschinenhäuser u.a.) sollen zu einem späteren Zeitpunkt defekte Bauteile an baugleichen Anlagen ersetzen.

#### 2. Recycling

Das Recycling von GFK-Bauteilen wird in Deutschland derzeit nicht praktiziert. Grund hierfür ist, dass Glasfasern unter ökonomischen Bedingungen nicht recycelt werden können.

#### 3. thermische Entsorgung

##### *Verwertung von GFK im Zementwerk*

Die kombinierte energetische und stoffliche Verwertung in Zementwerken stellt das derzeit zweckmäßigste Verwertungsverfahren für glasfaserverstärkte Kunststoffabfälle dar. Allerdings ist die in einem einzelnen Zementwerk verwertbare Menge an glasfaserverstärkten Kunststoffabfällen begrenzt.

##### *Verbrennung in Hausmüllverbrennungsanlagen (HMV), Sonderabfallverbrennungsanlagen(SAV) und EBS-Heizkraftwerken*

Eine energetische Verwertung in HMV oder EBS-Heizkraftwerken kommt für glasfaserverstärkte Kunststoffabfälle nur in Betracht, wenn ein vollständiger Ausbrand der Glasfaserbestandteile gewährleistet ist. Monofractionen können in Abfallverbrennungsanlagen lediglich in kleinen Mengen eingesetzt werden, da die schmelzenden Glasbestandteile sowohl bei der Rost- als auch in Drehofenfeuerung den Verbrennungsprozess erheblich stören können.

Generell ist darauf zu achten, dass diese Abfälle immer in Monofractionen angenommen und gelagert werden. Derzeit gibt es im Bundesland Sachsen-Anhalt keine Möglichkeit GFK –

haltige Abfälle als Monofraktion oder Gemisch ordnungsgemäß und schadlos zu verwerten bzw. allgemeinwohlverträglich zu entsorgen.

#### *4. Deponierung*

Für glasfaserverstärkte Kunststoffabfälle ist die Deponierung als Entsorgungsweg aufgrund des hohen Brennwertes der Kunststoffmatrix ausgeschlossen. Auch eine Verwertung als Deponieersatzbaustoff kommt aus dem gleichen Grund nicht in Betracht.

## **Anlage**

In Deutschland sind derzeit folgend aufgeführte Betreiber für die Annahme von carbon- und glasfaserhaltigen Abfällen bekannt:

### 1. Verwertung von CFK

carboNXT GmbH  
Stader Straße 55-63  
21737 Wischhafen

[info@carbonxt](mailto:info@carbonxt)  
[www.carbonxt](http://www.carbonxt)

### 2. Verwertung GFK

neocomp GmbH  
Hüttenstraße 5  
28237 Bremen

[info@beocomp.eu](mailto:info@beocomp.eu)  
[www.neocomp.eu/](http://www.neocomp.eu/)