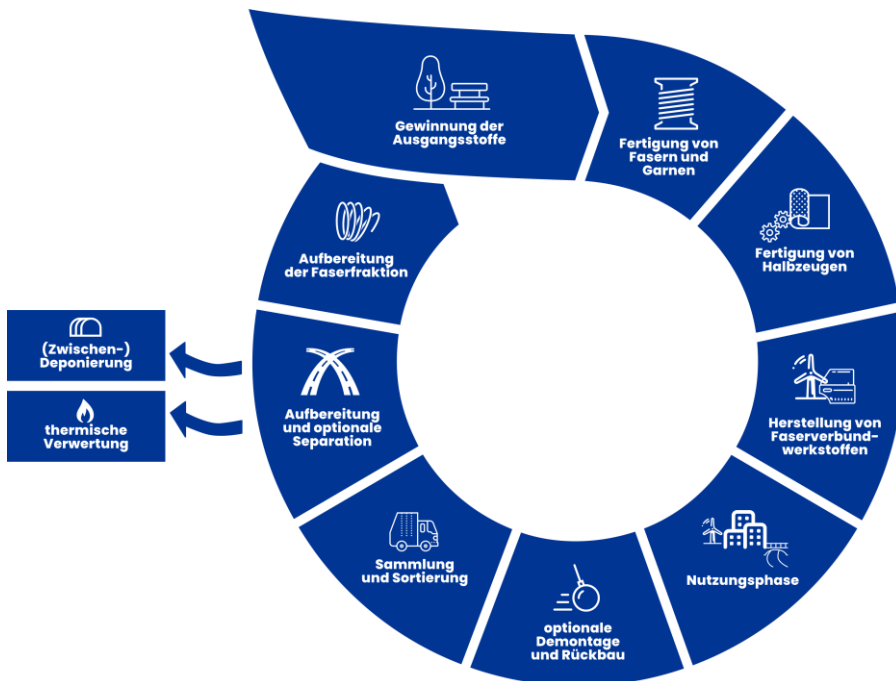


Fact Sheet

# Stoffkreislauf zum Carbonbeton

—  
Herausgeber: C<sup>3</sup>-Verband  
Dresden, Januar 2023



Stoffkreislauf von Carbonbeton | © C³-Verband

## Ausgangslage

Faserverbundwerkstoffe bzw. -kunststoffe aus Kohlenstofffasern finden in der Bundesrepublik Deutschland und weltweit zunehmend neue Anwendungsgebiete in allen Bereichen des Lebens. Analog zu den anderen Branchen, fallen im Bauwesen mit der Substitution von Metallen faserhaltige Abfälle an. Gemäß des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) gilt es dabei, natürliche Ressourcen zu schonen sowie Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen zu schützen.

In Hinblick auf die Carbonbetonbauweise ist nachweislich bekannt, dass alle Phasen des Stoffkreislaufes für eine zirkuläre Kreislaufwirtschaft in der Praxis bereits existieren. Die Institutionen – welche den einzelnen Phasen zugeordnet werden können – haben ein umfangreich vorhandenes Wissen, einsatzfähige Technologien und erste Prozesse, Produkte

aus Carbonbeton zu planen, herzustellen, in die Anwendung zu überführen wie auch rückzuführen und die recycelten Materialien bei der Herstellung neuer Produkte wieder einzubringen.

## Stoffkreislauf

### Gewinnung des Ausgangsstoffes

Der Ausgangsstoff der Fasern, für die zu produzierenden matten- und stabförmige Bewehrungen, ist Kohlenstoff. Gegenwärtig wird der Kohlenstoff aus Erdöl gewonnen.

### Fertigung von Fasern und Garnen

Für die Herstellung von Kohlenstofffasern wird das Ausgangsmaterial Polyacrylnitril (PAN) zu Fasern mit quasi endloser Länge zum sogenannten PAN-Precursor versponnen und verstreckt. Das anfangs farblich weiße Faserband wird in mehreren

Prozessschritten (Oxidation, Carbonisierung und Graphitisierung) bei verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen weiterverarbeitet. Daraus gehen schwarze Fasern aus fast reinem Kohlenstoff hervor. Anschließend werden die einzelnen Fasern parallel nebeneinander liegend zu einem Fadenbündel (Rovingstrang) zusammengefasst und schlussendlich auf Spulen gewickelt. Ein Rovingstrang setzt sich somit aus mehreren tausend einzelnen Kohlenstofffasern (Filamente) zusammen, beispielsweise 50.000 bzw. 50 K.

### Fertigung von Halbzeugen

Für die Herstellung von matten- oder stabförmigen Bewehrungen werden die Rovings in textil- oder pultrusions- technologischen Prozessen verarbeitet und dabei mit einer Kunststoffmatrix getränkt.

### Herstellung von Faserverbundwerkstoffen

Im Bauwesen werden mit den matten- oder stabförmigen Strukturen neue Bauteile der Carbonbetonbauweise in Betonfertigteilwerken hergestellt. Werden bestehende Stahlbetonbauwerke mit Carbonbeton verstärkt oder instandgesetzt, erfolgt dies direkt vor Ort auf der Baustelle.

### Nutzungsphase

Carbonbeton überzeugt mit einer hervorragenden Materialeffizienz. Über die gesamte Phase der Nutzung kann das Material mittels Bohren, Sägen, Schneiden oder einem anderen Verfahren bearbeitet und repariert werden.

### Optionale Demontage und Rückbau

Bauwerke und -teile aus Carbonbeton können am Ende ihrer Nutzung mittels gängiger Rückbauverfahren zerkleinert und für die Weiterverarbeitung vorbereitet werden.

### Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany  
 carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

### Sammlung und Sortierung

- Eine gezielte weiterführende Verwertung von Carbonbeton erfordert eine separierte Sammlung. Anschließend ist das Material für die weitere Verwertung aufzuarbeiten. Die Zerkleinerung des Carbonbetons erfolgt in industriellen Brechern und Schreddern, wobei die kohlenstoffhaltigen Fasern von der Matrix getrennt werden. Die anschließende Sortierung erfolgt in Sortieranlagen, welche die Fraktionen nach spezifischen Kriterien voneinander trennen. Dabei können auch sensorbasierte Sortieranlagen eingesetzt werden, die bei der Kunststoffsortierung nach Form und Farbe unterscheiden.

### Aufbereitung und optionale Separation

- Für die stoffliche Verwertung zurückgewonnener Kohlenstofffasern wird bei Bedarf die Kunststoffmatrix der Tränkung von der Kohlenstofffaser entfernt. Hierzu werden die zu reinigenden Faserstrukturen einem Pyrolyse- oder Solvolyseprozess zugeführt. Carbonbeton, der in heterogenen Stoffgemischen vorliegt und im Rahmen der Sammlung und Sortierung nicht sortenrein und fremdstofffrei bereitgestellt werden kann, muss mittels spezieller Verfahren von Fremdstoffen separiert werden.

### Aufbereitung der Faserfraktion

- Nach der Trennung der Fasern von der Kunststoffmatrix müssen diese weitere Aufbereitungsschritte (Festigkeitsprüfungen, Längsausrichtung, Mischung mit Neufasern etc.) durchlaufen, bevor die wiedergewonnenen Fasern zur Fertigung von Garnen und Halbzeugen verwendet werden können.

### Stoffliche Verwertung der Faserfraktion (Fertigung von Halbzeugen und Werkstoffen aus wiedergewonnenen Fasern)

- Kurzfristig soll ein großer Teil der aufbereiteten kohlenstoffhaltigen Fasern im Bauwesen für die Herstellung von

matten- und stabförmigen Bewehrungen eingesetzt werden. Bisherige Anwendungen in baufremden Branchen umfassen unter anderem die Herstellung von Front- und Heckschürzen für Autos, Rahmen und Anbauteile für Fahrräder aus kohlenstofffaserhaltigen Geweben sowie Vliesstoffen. Mittelfristig werden neue Anwendungen für den Leichtbau, Maschinenbau und der Automobilbranche das Produktportfolio erweitern, indem Strukturbauteile zuerst durch die Kombination von recycelten und neuen Fasern und später ausschließlich durch recycelte Fasern hergestellt werden. Langfristig werden recycelte Kohlenstofffasern eine vergleichbare Verarbeitbarkeit und Qualität wie neue Fasern haben.

### Thermische Verwertung der Faserfraktion

- Für sehr kurze (3 mm und 6 mm) sowie gemahlene Kohlenstofffasern gibt es weltweit einen Markt, der bereits mehrere hundert Tonnen pro Jahr umfasst. Darüber hinaus besteht innerhalb der Zement- und Chemieindustrie ein großer Bedarf, solche Fasern thermisch zu verwerten.

### (Zwischen-) Deponierung der Faserfraktion

- Ein Teil der kohlenstoffhaltigen Abfälle ist bisher noch kein etablierter Teil eines geschlossenen Stoffkreislaufes und wird bisweilen auf Halden zwischen- und endgelagert. Diese Menge an Wertstoff wird jedoch mit dem Ausbau des Stoffkreislaufes schrittweise der stofflichen Verwertung zugeführt.

### Weiterentwicklung

- Zur flächendeckenden Etablierung von Anwendungen aus diesen hochwertigen faserhaltigen Sekundärrohstoffen sind die technischen und organisatorischen Prozesse für eine umfangreiche stoffliche Verwertung der faserhaltigen Fraktionen auszubauen. Dazu zählt auch, weitere marktfähige Produkte aus recycelten Fasern anzubieten.

Aus diesem Grund ergreift der C<sup>3</sup>-Verband und seine Mitglieder im Projekt „WIR! recyceln Fasern“ die Initiative, ein Bündnis für die Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft von Faserverbundwerkstoffen aufzubauen. Schwerpunkt ist die Optimierung der Materialien, die Erfassung und Bündelung von Abfallströmen, die sortenreine Sammlung und Aufbereitung sowie die Entwicklung neuer Produkte und Ausbildungskonzepte.

### Weiterführende Literatur

- Jehle P., Kortmann J.: Validierung des Stoffkreislaufes für Carbonbeton. In: C<sup>3</sup> – Carbon Concrete Composite e. V. (Hrsg.): Studien des C<sup>3</sup>-Verbandes. 2019. 35 S.

Kortmann J.: Baupraktische Umsetzung des Stoffkreislaufes Carbonbeton. In: C<sup>3</sup> – Carbon Concrete Composite e. V. (Hrsg.): Studien des C<sup>3</sup> Verbandes. 2021. 43 S.

Kortmann J.: Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Recyclingfähigkeit von Carbonbeton. In: Otto J., Jehle P. (Hrsg.): Schriftreihe „Baubetriebswesen und Bauverfahrenstechnik“. 2020. S. 94 ff., S. 103 ff., S. 160 ff.

### Weiterführende Links inklusive Erklärfilme

- <https://carbon-concrete.org/carbonbeton/recycling>  
<https://www.wir-recyceln-fasern.de>



Tastversuche zur Fertigung von Fasern und Garnen aus recycelten Fasern | © C<sup>3</sup>-Verband

### Contact

**C<sup>3</sup> – Carbon Concrete Composite e. V.**

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany  
 carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

**Dr.-Ing. Stefan Minar**

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

