

# Aktuelle Erkenntnisse zum Thema »Recyclingfähigkeit von Carbonbetonbauteilen«

Jan Kortmann  
Universität Dresden – Institution für Baubetriebswesen

Weimar, 26. September 2019

initiiert von



GEFÖRDERT VOM



unterstützt von



# Einführung

# Carbonbetonbauweise | Motivation



Urbanisierung



Ressourcenverbrauch



Korrosion der Stahlbewehrung



CO<sub>2</sub>-Emission

# Carbonbetonbauweise | Lösung



schlanke Bauweise



Ressourceneffizienz

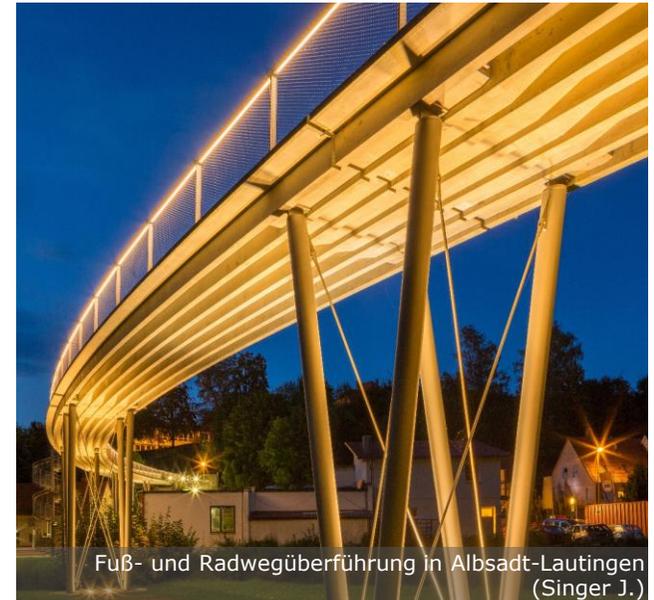


nicht-korrosive Baumaterialien



CO<sub>2</sub>-Reduktion

## Carbonbetonbauweise | Referenzen - Neubau



# Carbonbetonbauweise | Referenzen – Verstärkung



# Recyclingfähigkeit

Ergebnisse aus der Forschung

# Forschung C3-V1.5 | Zielstellung im Teilprojekt

## Ausschluss potenzieller Markteintrittsbarrieren

- hinsichtlich des Gesundheitsschutzes und
- hinsichtlich der Recyclingfähigkeit mit dem Verbleib des C<sup>3</sup>-Baustoffes im Wirtschaftskreislauf



Institut für Massivbau (TU Dresden)

Ressourcensparender Baustoff und  
neuartige Bauweisen



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Recycling von Carbonbetonbauteilen



ITM (TU Dresden)

Stoffliche Verwertung  
Carbonfasern

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Durchführung von Abbruchversuchen - kleinmaßstäblich

- verfahrenstechnische Aussagen zum Umgang mit C<sup>3</sup> im Abbruch
- Erkenntnisse zur Freilegung von C<sup>3</sup>-Bewehrungsstrukturen



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Verfahren "Stemmen" und  
„Kernbohren“



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Freigelegte Bewehrungsstrukturen



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Schnittbild an einer hochfesten C<sup>3</sup>-  
Platte inkl. Bewehrungsverlauf

---

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Ergebnisse der Versuche zum Abbruch und Rückbau

- CFK-Bewehrungsstrukturen im Beton lassen sich mit geringerem Aufwand trennen als Stahl-Bewehrungsstrukturen.
- CFK-Bewehrungsstrukturen lassen sich sehr gut von der Betonmatrix trennen → die Recyclingfähigkeit ist gegeben.
- Die Separierung der CFK-Bewehrungsfragmente von der gebrochenen Betonmatrix muss in den Großversuchen untersucht werden.

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Herstellung großmaßstäblicher Versuchsbauteile

- Herstellung von Wandbauteilen und TT-Decken aus Carbonbeton
- Gesamtmasse 22 t, Beton C60/75
- ca. 210 kg verbauter Carbon-Bewehrung



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Produktion der C<sup>3</sup>-Wandbauteile



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

C<sup>3</sup>-Wände und -Decken kurz vor der Montage

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Durchführung von Abbruchversuchen - im Maßstab 1:1

- verfahrenstechnische Aussagen zum Umgang mit C<sup>3</sup> im Abbruch
- Erkenntnisse zur Freilegung von C<sup>3</sup>-Bewehrungsstrukturen



Institut für Baubetriebswesen  
(TU Dresden)

Tür- und  
Fensterausschnitt



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Abbruchverfahren „Pressschneiden“



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Totalabbruch beider Demonstratoren

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Durchführung von Recyclingversuchen - im Maßstab 1:1

- Großversuche zum Abbruch, Rückbau und Recycling
- Untersuchungen zu Auswirkungen von C<sup>3</sup>-Bauteile auf Abbruch-/Rückbau- und Recyclingtechnologien



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

Aufgabe des C<sup>3</sup>-Materials in den  
Backenbrecher



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

C<sup>3</sup>-Material im Backenbrecher



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

C<sup>3</sup>-Betonrezyklat

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Ergebnisse zum Materialaufschluss - im Maßstab 1:1

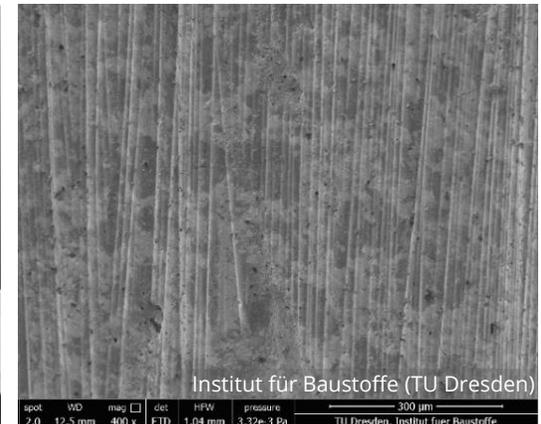
- großtechnisch erzeugter Aufschlussgrad von **> 99 %**
- ausgeprägte Grenzschicht zwischen C<sup>3</sup>-Bewehrung und Betonmatrix



Bruchmaterial Größe 0/56,  
vollständiger Aufschluss



C<sup>3</sup>-Bruchmaterial



Trennfläche der Betonmatrix stark  
vergrößert, keine Filamentreste  
nachweisbar

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Versuche Separation Phase 1 - im Maßstab 1:1

- 2-stufige Windsichtung (mobil und stationär),
- Ziel: Separation der Carbonbewehrungsreste



1. Durchgang „Brechen“ und „Windsichten“ mobile Anlage: Material auf 0/45 gebrochen



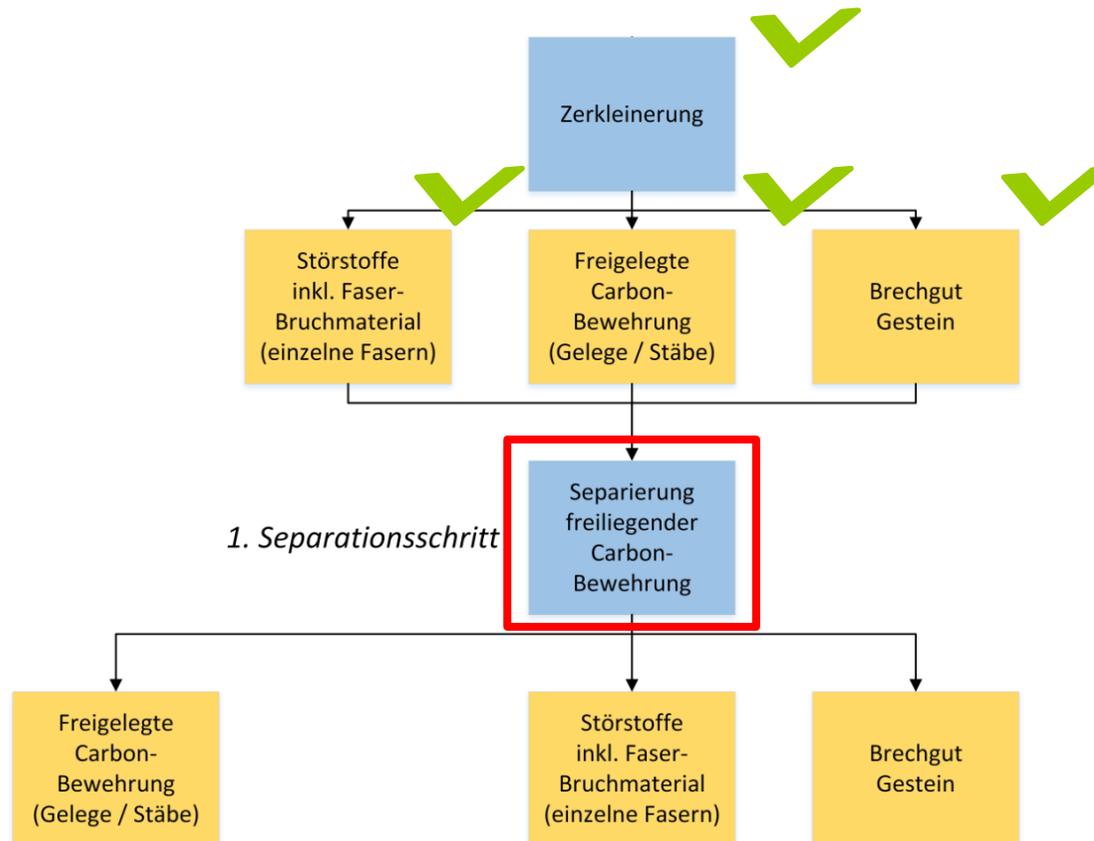
2. Durchgang „Brechen“ und „Windsichten“ stationäre Anlage: Material auf 0/16 gebrochen



Ergebnis: C<sup>3</sup>-Betonrezyklat 0/16 mit Carbonfasern

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Versuche Separation Phase 1 - im Maßstab 1:1



# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Versuche Separation Phase 2 - im Maßstab 1:1

- Parameter: Reinheit, Qualität, technische Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit



3. Durchgang „Brechen“ und „Windsichten“  
stationäre Anlage - C<sup>3</sup> Material auf 0/10 gebrochen

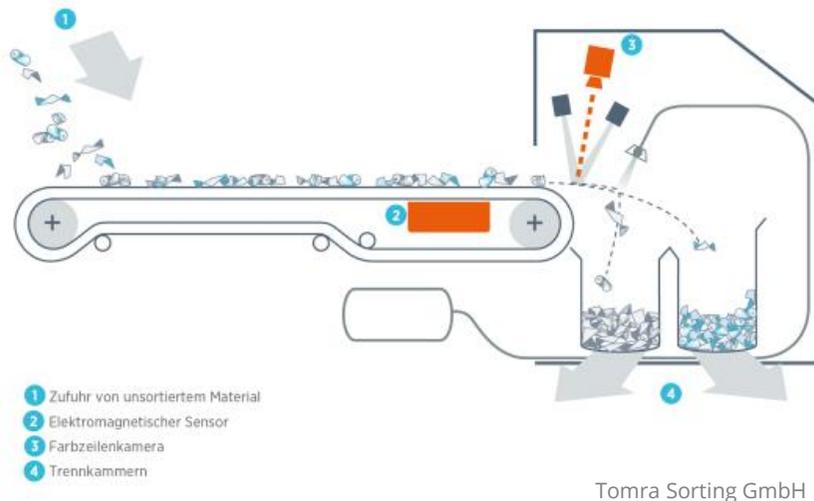


Manuell separierte Carbonfasern

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Wie erfolgt die sortenreine Trennung?

- Separation der Carbonbewehrung mittels kamerabasierter Einzelkorn-Sortierung



Funktionsprinzip kamerabasierte Sortierung



Nahezu sortenreines Outputmaterial  
Beton 0/56 und Carbonbewehrung

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Ergebnis der Separation mittels kamerabasierter Sortierung

- keine Anpassung der Maschinenteknik erfolgt  
→ dennoch sehr gutes Ergebnis
- Leistung im Versuch 6 t/h → bis 10 t/h sofort umsetzbar

### Ausbringung Carbonbewehrung

97,7 %

Reinheit der Carbonbewehrung  
(inklusive dem Betonfeinanteil → Abscheiden mittels  
Siebung)

60 %

Betonverlust

0,3 %

Reinheit Beton

99,98 %

---

# Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

## Verwertung der Fraktionen

### sortenrein separierte Betonfraktion:

- Die RC-Betonfraktion kann als Betonrezyklat über die bekannten Wege stofflich verwertet werden.

### sortenrein separierte Carbonfaserfraktion:

- RC-Faserfraktion kann zur Herstellung von Recycling-Carbonfasern (rCF) z. B. für neue Carbonbewehrungen, stofflich verwertet werden.
- RC-Faserfraktion kann zur Herstellung von RC-Vliesen, z. B. als Dämmstoffe im Fahrzeugbau, stofflich verwertet werden.
- Energetische Verwertung/stoffliche Verwertung des Kohlenstoffs ist im Hochofen (Stahlherstellung) oder im Drehofen (Zementherstellung) möglich.

# Carbonfasern | Stoffliche Verwertung Textiltechnik

## Projekt C3-VI.13 „Recycling von Carbonfasern“

Branchenübergreifender Einsatz von recycelten Carbonfasern aus C<sup>3</sup>-Bauteilen

### Zielsetzung:

- Aufbereitung Carbonfasern für textiltechnische Prozesse (Entfernung der Imprägnierung)
- Entwicklung Prozesskette zur Fertigung von Garnkonstruktionen
- Konzeption neuartiger rCF-Produkte



(Mirko Krziwon, ITM, TU Dresden)

Krempelmaschine

# Carbonfasern | Stoffliche Verwertung Textiltechnik

## Projekt C3-VI.13 „Recycling von Carbonfasern“

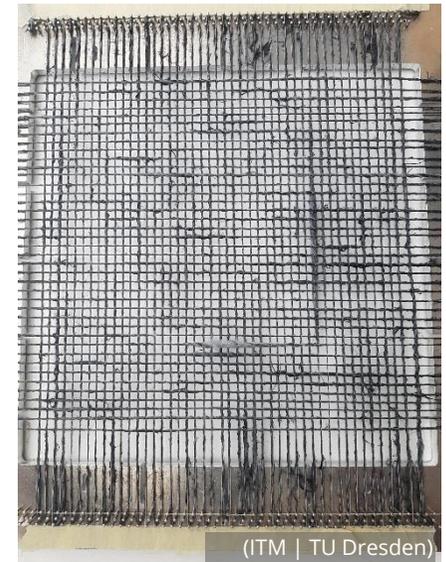
- Versuche zu Aufbereitungstechnologien a) Pyrolyse b) Solvolyse
- Charakterisierung der aufbereiteten Carbonfasern
- Herstellung erster C<sup>3</sup>-Bewehrungsprototypen



Materialprobe aus der Separation



Einzelprobe nach der Pyrolyse  
bei 550°C



Bewehrung aus recycelten  
Carbonfasern

