

Aktuelle Erkenntnisse zum Thema »Recyclingfähigkeit und Gesundheitsschutz bei der Carbonbetonbauweise «

Jan Kortmann
TU Dresden – Institut für Baubetriebswesen
Projektleiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle

Dessau, 20. September 2019

BAUEN-NEU-DENKEN.DE

initiiert von



gegründet von



unterstützt von



Carbonbetonbauweise | Motivation



Urbanisierung



Ressourcenverbrauch



Korrosion der Stahlbewehrung



CO₂-Emission

Carbonbetonbauweise | Lösung



schlanke Bauweise



Ressourceneffizienz

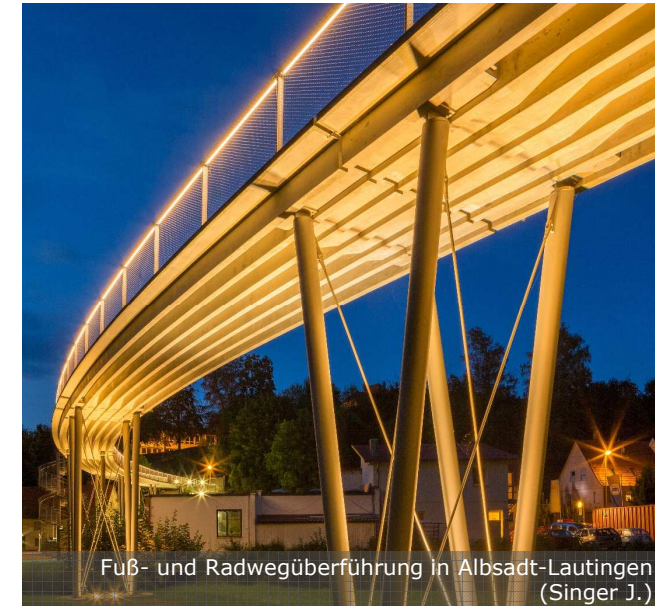


nicht-korrosive Baumaterialien



CO₂-Reduktion

Carbonbetonbauweise | Referenzen – Neubau



Carbonbetonbauweise | Referenzen – Verstärkung



Carbonbetonbauweise | Herausforderung

Was unterscheidet Carbonbeton von CFK-Bauteilen?

- »CFK« sind Kohlenstofffasern mit Kunststoffummantelung
- »Carbonbeton« zusätzlich mineralische Komponente Beton



Forschung C3-V1.5 | Zielstellung im Teilprojekt

Ausschluss potenzieller Markteintrittsbarrieren

- hinsichtlich des Gesundheitsschutzes und
- hinsichtlich der Recyclingfähigkeit mit dem Verbleib des C³-Baustoffes im Wirtschaftskreislauf



Ressourcensparender Baustoff und
neuartige Bauweisen



Recycling von Carbonbetonbauteilen



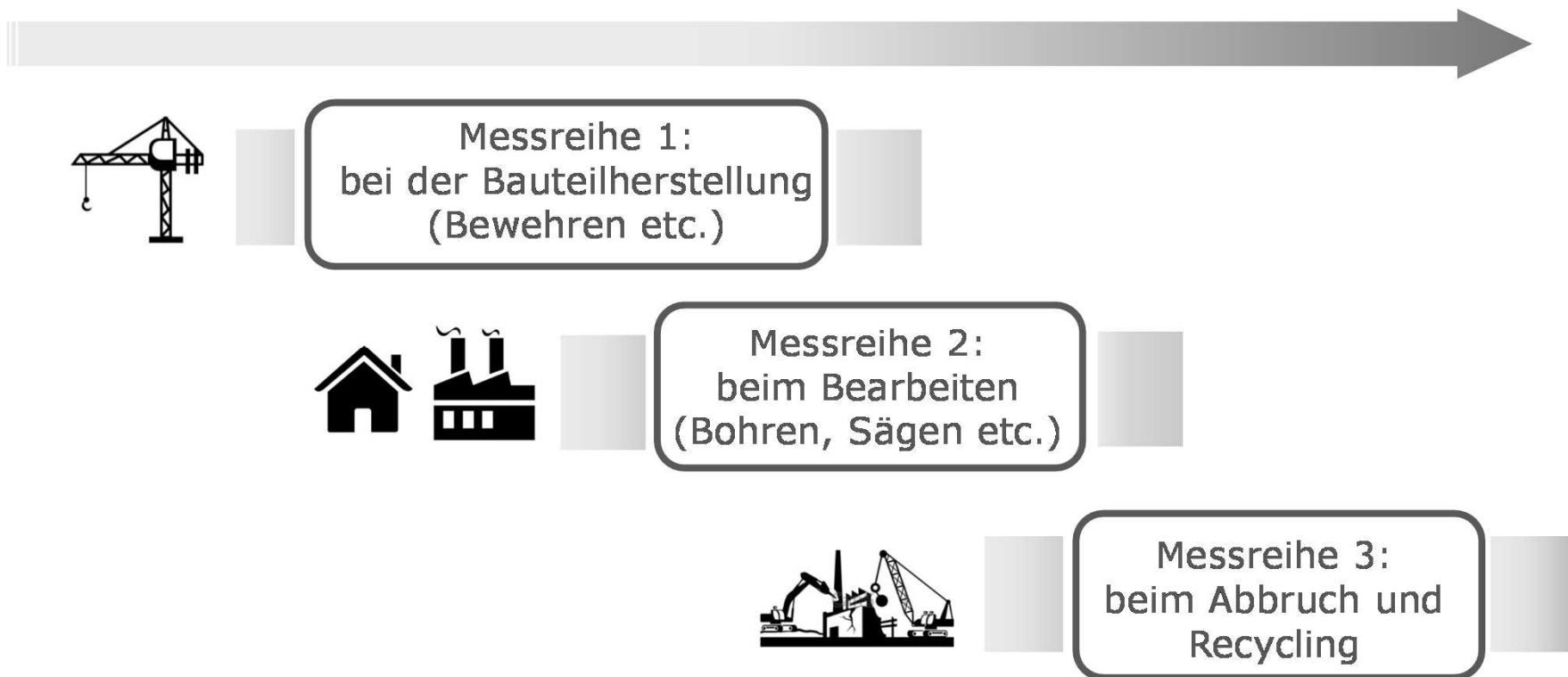
Stoffliche Verwertung
Carbonfasern

Gesundheitsschutz

Ergebnisse aus der Forschung

Arbeits- und Gesundheitsschutz

Durchführung von mehrstufigen Expositionsmessungen



Arbeits- und Gesundheitsschutz

Durchführung von mehrstufigen Expositionsmessungen

- bei der Herstellung von Bauteilen aus Carbonbeton,
- bei der Bearbeitung von Bauteilen aus Carbonbeton und
- beim Abbruch und Recycling von Bauteilen aus Carbonbeton.



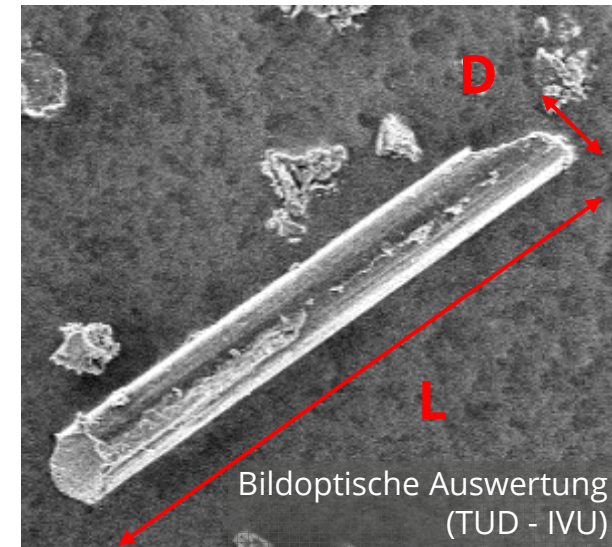
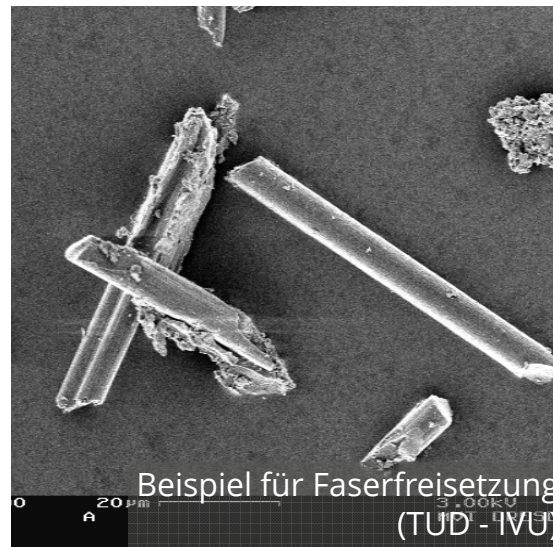
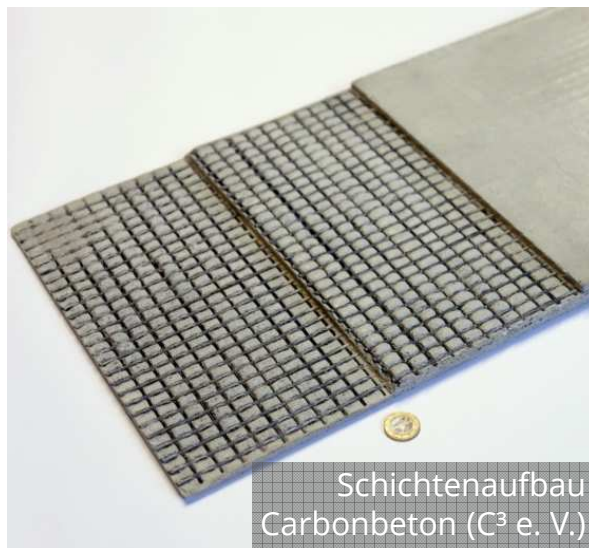
Arbeits- und Gesundheitsschutz

Ergebnisse der Expositionsmessungen | Teile 1 bis 3

lungengängige Fasern nach WHO-Definition: Länge $L > 5 \mu\text{m}$

Durchmesser $D < 3 \mu\text{m}$

Verhältnis $L/D > 3$



Arbeits- und Gesundheitsschutz

Ergebnisse der Expositionsmessungen | Teile 1 bis 3

→ keine Anzeichen für Faserfreisetzungen nach WHO-Definition
(Grundlage: PAN-basierte Fasern, mechanische Bearbeitung)



Roving-Reststück mit anhaftenden Matrixbestandteilen, glatte Filamentbrüche (40 µm) (TUD – IFB)

Filament-Bruchstücke ohne anhaftende Matrixbestandteile, glatte Filamentbrüche (5 µm) (TUD – IFB)

sehr kleines Filament-Bruchstück, glatte Filamentbrüche (TUD – IFB)

Recyclingfähigkeit

Ergebnisse aus der Forschung

Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

Durchführung von Abbruchversuchen - kleinmaßstäblich

- verfahrenstechnische Aussagen zum Umgang mit C³ im Abbruch
- Erkenntnisse zur Freilegung von C³-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 C³-
Platte inkl. Bewehrungsverlauf

Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

Ergebnisse der Versuche zum Abbruch und Rückbau

- Carbonbewehrungsstrukturen lassen sich mit geringerem Aufwand durchtrennen als Stahl-Bewehrungsstrukturen.
- Carbonbewehrungsstrukturen lassen sich sehr gut von der Betonmatrix trennen
→ Voraussetzung für Recyclingfähigkeit ist prinzipiell gegeben.
- Die Separierung der CFK-Bewehrungsfragmente von der gebrochenen Betonmatrix ist im Projektverlauf zu untersuchen.

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 C³-Wandbauteile



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)

C³-Wände und -Decken Transport zur Montage

Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

Durchführung von Abbruchversuchen - im Maßstab 1:1

- verfahrenstechnische Aussagen zum Umgang mit C³ im Abbruch
- Erkenntnisse zur Freilegung von C³-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 C³-Bauteile auf Abbruch-/Rückbau- und Recyclingtechnologien



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)
Aufgabe des C³-Materials in den
Backenbrecher



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)
C³-Material im Backenbrecher



Institut für Baubetriebswesen (TU Dresden)
C³-Betonrezyklat

Carbonfasern | Nachweis der Recyclingfähigkeit

Ergebnisse zum Materialaufschluss - im Maßstab 1:1

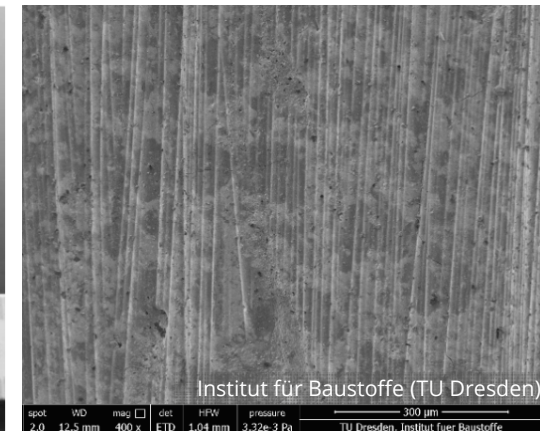
- großtechnisch erzeugter Aufschlussgrad von > 99 %
- ausgeprägte Grenzschicht zwischen C³-Bewehrung und Betonmatrix



Bruchmaterial Größe 0/56,
vollständiger Aufschluss



C³-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



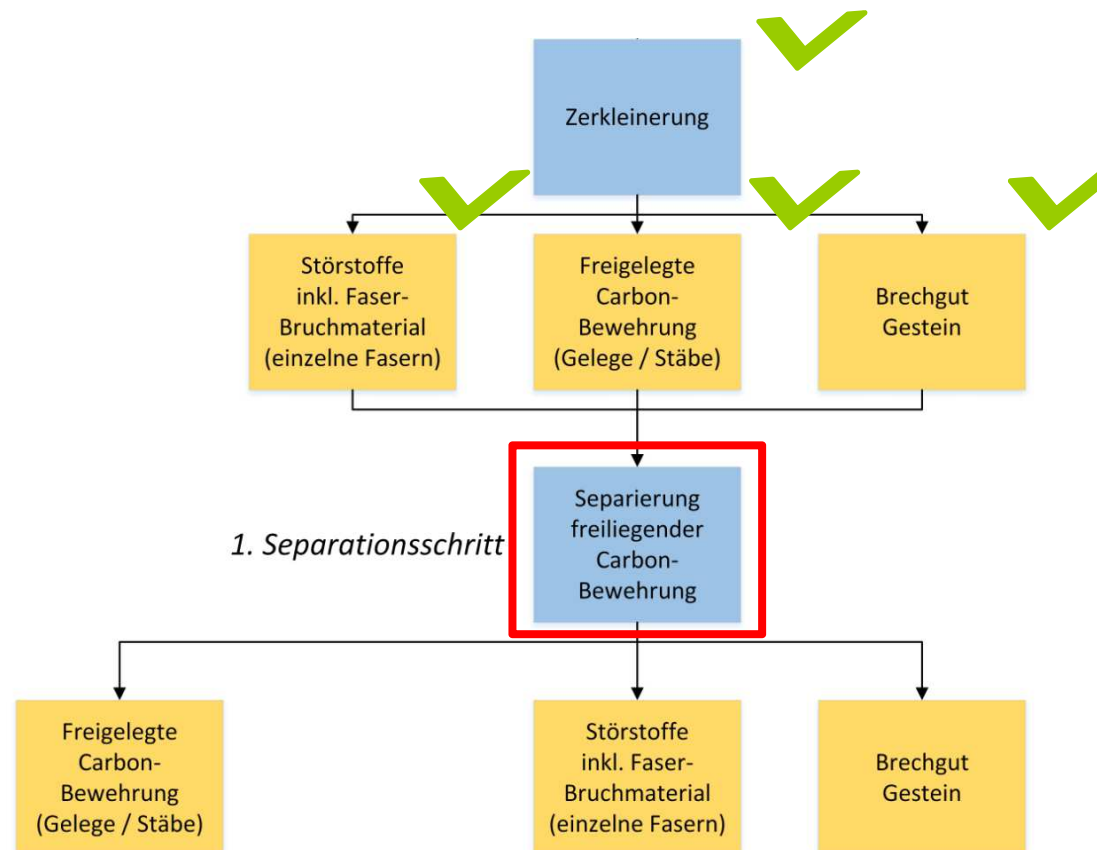
2. Durchgang „Brechen“ und „Windsichten“ stationäre Anlage: Material auf 0/16 gebrochen



Ergebnis: C³-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 - C³ Material auf 0/10 gebrochen

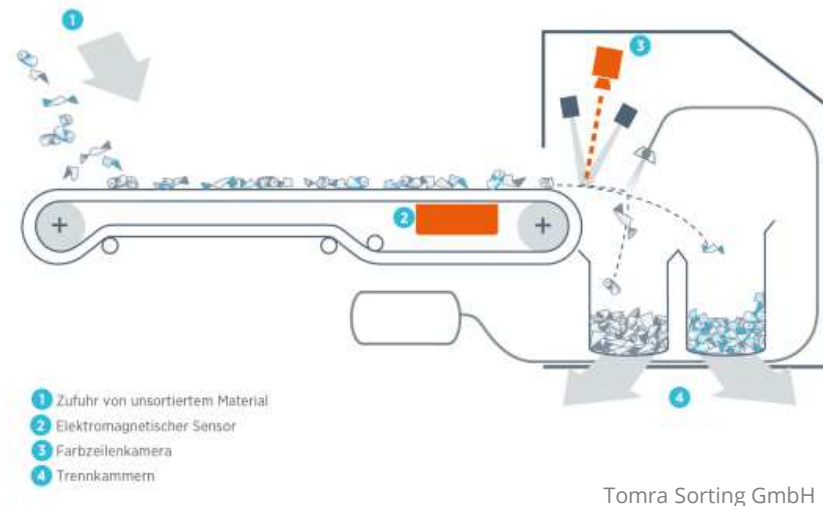


Manuell separierte Carbonfasern

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, stofflich verwertet werden.
- Ggf. energetische Verwertung/stoffliche Verwertung des Kohlenstoffs im Hochofen (Stahlherstellung) oder im Drehofen (Zementherstellung) möglich.

Carbonfasern | Stoffliche Verwertung Textiltechnik

Projekt C3-VI.13 „Recycling von Carbonfasern“

- Versuche zu Aufbereitungstechnologien a) Pyrolyse b) Solvolyse
- Charakterisierung der aufbereiteten Carbonfasern
- Herstellung erster C³-Bewehrungsprototypen



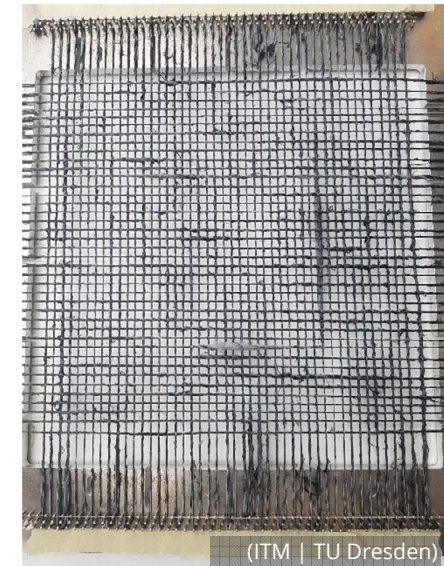
(ITM | TU Dresden)

Materialprobe aus der Separation



(ITM | TU Dresden)

Einzelprobe nach der Pyrolyse
bei 550°C



(ITM | TU Dresden)

Bewehrung aus recycelten
Carbonfasern

