

# Handhabbarkeit dünnwandiger Bauteile aus Carbonbeton

## Manageability of thin-walled components made of carbon concrete

Veit Klopfer, Technische Universität Dresden, Institut für Baubetriebswesen, Nürnberger Str. 31A, 01187 Dresden, veit.klopfer@tu-dresden.de

Romy Wiel, Technische Universität Dresden, Institut für Baubetriebswesen, Nürnberger Str. 31A, 01187 Dresden, romy.wiel@tu-dresden.de

### Kurzfassung

Das Bauen mit Carbonbeton erfolgt im Kontext der Forschung bereits seit über 30 Jahren. Eine weitreichende Verbreitung des Carbonbetons über Pilotprojekte hinaus, ist bisher nicht zu verzeichnen. Eine Standardisierung und die Erarbeitung von allgemein anwendbaren Leitfäden scheint dabei ein unumgänglicher Meilenstein auf dem Weg zur Marktdurchdringung zu sein. Die Möglichkeit der Herstellung dünnwandiger carbonfaserbewehrter Betonbauteile wirft neue Fragestellungen hinsichtlich allgemeingültiger Handlungsempfehlungen, der Handhabbarkeit des Materials und im Umgang mit dem Arbeits- und Gesundheitsschutz auf. Das Forschungsprojekt RUBIN-ISC beschäftigt sich anhand eines umfangreichen Versuchskonzeptes unter anderem mit diesen Fragestellungen.

### Abstract

Construction with carbon concrete has been taking place in the context of research for more than 30 years. A widespread dissemination of carbon concrete beyond pilot projects has not yet been recorded. Standardization and the development of generally applicable guidelines seem to be an indispensable milestone on the way to market penetration. The possibility of manufacturing thin-walled carbon fiber-reinforced concrete components raises new questions with regard to generally applicable recommendations for action, the manageability of the material and the handling of occupational health and safety. The research project RUBIN-ISC deals with these questions, among others, by means of a comprehensive test concept.

## 1 Einleitung

Das Bauen mit Carbonbeton hat zum Ziel einen nachhaltigen und ressourcenschonenden Umgang im Betonbau umzusetzen. Die Carbonbetonbauweise kann eine Alternative zum Stahlbeton sein, da diese deutlich materialsparender ist. Die Stahlbewehrung wird durch Carbon substituiert, was zu einer geringeren Betondeckung führt, da die Carbonbewehrung nicht korrodieren kann und somit keine Passivierungsschicht notwendig ist. Die Folge ist eine Reduktion der Betonmenge um bis zu 50 %. [1] Zusätzlich ist die Dauerhaftigkeit von Carbonbetonbauteilen deutlich erhöht, sodass die höhere Lebensdauer ebenfalls zu einer erhöhten Nachhaltigkeit des Carbonbetons führt. Die Materialreduktion durch den Wegfall der erforderlichen Mindestbetondeckung führt zu der Möglichkeit sehr schlanke Bauteile aus Carbonbeton herzustellen. Das Bauen mit dünnwandigen Bauteilen aus Carbonbeton bedingt jedoch auch einen besonderen Umgang, z. B. hinsichtlich der nachträglichen Bearbeitungen mit gängigen Werkzeugen und dem resultierenden Sicherheits- und Gesundheitsschutz (Staub- und Faserentwicklung) oder der Integration von TGA bei dünnen Wandbauteilen. Im Rahmen dieses Artikels sollen ausgewählte Fragestellungen

rund um die Handhabbarkeit dünner Carbonbetonbauteile vorgestellt und die Herangehensweise bei der Beantwortung beschrieben werden.

## 2 Forschungsgegenstand

### 2.1 Aktueller Stand Carbonbeton - RUBIN-ISC

In den vergangenen 30 Jahren wurde insbesondere an den Standorten der TU Dresden und der RWTH Aachen an dem innovativen Baustoff Carbonbeton und der damit einhergehenden Bauweise geforscht. Neben materialspezifischen Fragestellungen standen ebenso immer die Berechnung und die Herstellung im Fokus. Im Rahmen der Forschungsinitiative „Zwanzig20 – C<sup>3</sup> Carbon Concrete Composite“ wurden darauf aufbauend grundlegende Erkenntnisse im Bereich Material, Planung und Umsetzung gewonnen. [2] Darüber hinaus wurden Bereiche wie das Recycling, die Nachhaltigkeit und die Berechnungsgrundlagen untersucht. Die Forschungsinitiative „C<sup>3</sup>“ schloss 2022 mit der Erstellung des weltweit ersten Carbonbetonhauses (siehe Abbildung 1) in Dresden ab. [3] Des Weiteren wurden mit der Veröffentlichung des Handbuchs für Carbonbeton [4] und der Erarbeitung einer ersten Richtlinie für Bauteile mit nichtmetallischer Bewehrung [5] weitere Grundsteine für



den Einsatz von Carbonbeton gelegt.<sup>1</sup> Bereits während des Forschungsprojektes, aber auch darüber hinaus, wurden eine Vielzahl von Projekten in unterschiedlichen Bereichen des Neubaus aber auch im Bauen in Bestand umgesetzt. Neben dem Carbonbetonhaus aus dem Jahr 2022, welches die vielfältigen Möglichkeiten des Carbonbetons im Hochbau verdeutlicht, entstanden unter anderem Projekte mit Fassadenplatten aus Carbonbeton, Brücken und Parkhäuser. Im Bereich Bauen im Bestand ist in erster Linie die Verstärkung mit dem CARBOrefit-System [6] zu benennen, welches mittlerweile eine abZ (allgemein bauaufsichtliche Zulassung) erlangt hat und vielfältig einsetzbar ist (Verstärkung von Parkhäusern, Brücken, Silos, etc.).

Daraus folgt, dass die Grundlagen des Carbonbetons bereits erforscht und die Umsetzung in verschiedenen Bereichen erfolgreich möglich sind. Eine breitere Marktdurch-



Abbildung 1: Carbonbetonhaus [Quelle: TU Dresden, IBB]

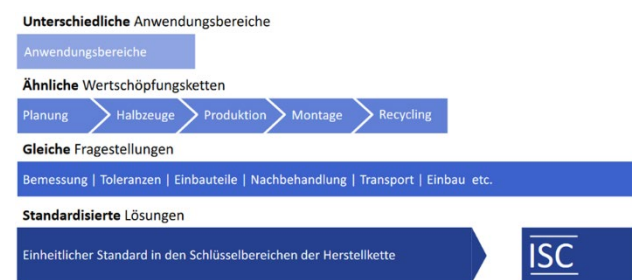
dringung ist, trotz dessen, bisher nicht zu verzeichnen. Die Gründe dafür sind vielfältig, jedoch ist in erster Linie die fehlende Normung für den Carbonbeton zu nennen. [7] Fehlende Standards und Leitlinien für die Planung und Herstellung erschweren die Umsetzung von Projekten mit Carbonbeton erheblich und hemmen die Bereitschaft von Bauherren, Planern und Ausführenden, den Baustoff in der Breite einzusetzen. In der Folge ist für den Einsatz von Carbonbeton immer eine abZ/aBG (allgemein bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartengenehmigung) notwendig. Die Zulassung hat das Ziel „regelungsbedürftige – z. B. innovative - Bauprodukte und konstruktive Lösungen deutschlandweit in Einklang mit den Bauordnungen“ [8] zu bringen und wird vom DIBt erteilt. Liegt jedoch keine abZ/aBG vor, muss auf eine ZiE/vBG zurückgegriffen werden, welche von der Landesstelle für Bautechnik des jeweiligen Bundeslandes erteilt wird und den Einsatz eines nicht geregelten Baustoffs und Bauverfahrens für ein individuelles Bauvorhaben regelt.

Fehlende Standards für den Carbonbeton haben jedoch nicht nur Einfluss auf die Zulassungsverfahren, sondern darüber hinaus ebenso auf geregelte Planungs-, Ausschreibungs- und Herstellungsabläufe. Durch Standardisierungen können Prozesse optimiert, Kosten reduziert und gleichbleibende Qualitäten gesichert werden.

<sup>1</sup> Richtlinie für nicht metallische Bewehrung ist nicht bauaufsichtlich eingeführt.

Der Lückenschluss zwischen der Grundlagenforschung, der Überführung in den breiten Markt und der Entwicklung allgemeingültiger Standards soll im Rahmen des Forschungsprojektes RUBIN-ISC (Industriestandard Carbonbeton) erfolgen. Seit Anfang 2022 wird dazu geforscht, wie eine breitere Anwendung des Baustoffs Carbonbeton im Neubau erfolgen kann. Im Zuge des Forschungsprojektes befassen sich 15 Partner (13 KMU's und zwei universitäre Einrichtungen) mit der Standardisierung aller Prozesse des Lebenszyklus von Carbonbetonbauteilen, angefangen bei der Planung und Berechnung, über die Arbeitsvorbereitung wie die Ausschreibung und Kostenkalkulation sowie alle Prozesse der Herstellungsphase bis hin zum Recycling. (siehe Abbildung 2)

Im Fokus steht dabei nicht nur die baupraktische Umsetzung der Herstellung eines Bauteils, sondern auch die Erarbeitung einer standardisierten Qualitätssicherung, eine Handlungsempfehlung zum Thema nachträgliche



Bearbeitungsmöglichkeiten dünnwandiger Bauteile und

Abbildung 2: Übersicht zur Standardisierung [Quelle: Rubin-ISC]

die Sicherstellung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes.

## 2.2 Forschungsfragen dünnwandiger Bauteile aus Carbonbeton

Im nachfolgenden Beitrag wird die Vorgehensweise und der aktuelle Stand zu den Themen der nachträglichen Bearbeitungsmöglichkeiten schlanker Carbonbetonbauteile und die Sicherstellung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes anhand von durchgeführten Versuchen im Rahmen des Projektes RUBIN-ISC detailliert vorgestellt. Das umfangreiche Versuchsprogramm dient dabei der Beantwortung mehrerer Fragestellungen. Die Versuchskonzeption und die dazugehörigen Fragestellungen sind eine Weiterentwicklung der Versuchsreihe aus dem von 2016 bis 2018 laufenden Forschungsprojekt „C<sup>3</sup>-V1.5: Abbruch, Rückbau und Recycling von Carbonbeton“. [9]

Eine Weiterentwicklung der Versuchsreihe bezieht sich dabei insbesondere auf folgende Fragestellungen:

- Welche Besonderheiten treten bei typischen Nachbearbeitungsverfahren wie Schlitzzen, Fräsen, Bohren oder Schleifen dünner Carbonbetonbauteile hinsichtlich Staubentwicklung und

Handhabbarkeit auf?

- Können die Ergebnisse der Emissionsmessungen aus dem Forschungsprojekt C<sup>3</sup> - V1.5 mit den neuen Materialeigenschaften der Carbonbewehrung aus RUBIN-ISC (andere Zusammensetzung der Tränkungen, vielfältigere Bewehrungsdimensionierung, Bewehrungsgitter und -stäbe) verifiziert werden?
- Wie ist eine Konfektionierung der Carbonbewehrung vor Ort auf der Baustelle, durch bspw. Schneiden, hinsichtlich der Faserbelastung zu bewerten?
- Inwiefern können gängige TGA-Einbauteile der Stahlbetonbauweise für die nachträgliche Integration in dünnwandige Bauteile aus Carbonbeton Verwendung finden?

Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wurde im RUBIN-ISC ein Versuchsprogramm erarbeitet und umgesetzt. Der Beitrag beschäftigt sich insbesondere mit der Herangehensweise an die Versuchsplanung und den ersten durchgeführten Untersuchungen.

### 3 Konzeptionierung der Prüfkörper

Zunächst wurde für die Vielzahl der zu erwartenden Untersuchungen ein geeigneter Prüfkörper entwickelt, welcher in Dimensionierung und Auslegung den gestellten Anforderungen entsprach. Ziel war es, hinsichtlich des Bewehrungsgrades und der Betongüte, den angewandten Qualitäten in der Praxis zu entsprechen und der Praktikabilität bei den experimentellen Untersuchungen Genüge zu tun.



Abbildung 3: Herstellung der Prüfkörper [Quelle: TU Dresden, IBB]

So wurden Maße festgelegt, welche sowohl für zwei Personen während der Versuchsdurchführung handhabbar sind, als auch die größtmögliche Untersuchungsfläche für die Beprobung bieten. Daraus ergab sich eine Dimensionierung von 0,90 x 0,90 x 0,06 m für die Probekörper, welche bei einer Betondichte von  $\rho = 2,4 \text{ t/m}^3$  ein mittleres Ge-

wicht von ca. 116 kg aufweisen. Weitere relevante Parameter der Versuchskörper waren die Art der Bewehrung, die Betongüte und die Art der Betonage, wobei zwischen stehender und liegender Herstellung unterschieden wurde. Sowohl die Betongüte als auch die Bewehrungstypen wurden zentral im Bündnismanagement des Projektes festgelegt. Es kam Beton der Festigkeitsklasse C30/ 37 bzw. C50/ 60 zum Einsatz. Für die Bewehrung wurden folgende vier Bewehrungstypen festgelegt:

- solidian rebar CCE, Stab 8 mm
- Solidian R31/ 71 CCE-59/25, Gitter
- Hitex HTC 21/ 21-80, Gitter
- Tudatex/ J&G Profilstab, Stab 4 mm

Um die festgelegten Bewehrungen zu beproben, wurden die Probekörper mit unterschiedlichen Bewehrungsgraden und -arten angefertigt. Mithilfe dieser Prüfkörper wurden die experimentellen Untersuchungen durchgeführt. (siehe Abbildung 3)

#### 3.1 Nachbearbeitung der Prüfkörper nach DIN 18007

Die Versuchsplanung sieht im ersten Punkt vor, die Nachbearbeitungsverfahren nach DIN 18007 in Kombination mit den Immissions- und Emissionsmessungen an den Prüfkörpern durchzuführen. Der Vorteil davon ergibt sich aus der Zusammenfassung mehrerer Arbeitsschritte und der praxisnahen Messwertgewinnung durch die Nachbearbeitung mit geeigneten und in Art und Dimension auf der Realbaustelle eingesetzten Maschinen. Anhand einer entworfenen Matrix wurden auf Grundlage der Prüfkörper-eigenschaften die verschiedenen Nachbearbeitungsverfahren durchgeführt.

Folgende sechs Testverfahren wurden für die Prüfkörper für Laborversuche gewählt:

- Vollbohren trocken
- Sägen trocken
- Schleifen trocken
- Stemmen trocken
- Kernbohren trocken
- Schlitzen trocken

Die sechs verschiedenen Verfahren sollten an je einer Platte mit unterschiedlichem Bewehrungsgrad durchgeführt werden. Die Bewehrungsgrade bestanden aus einem flächigen Carbonbelege zweilagig sowie einer stabförmigen Carbonbewehrung. Für die CFK-bewehrten Platten mussten daher 24 Stück (6 Verfahren x 4 Bewehrungsgrade) hergestellt werden. Hinzu kamen sechs Platten mit Stahlbewehrung (je ein Verfahren) zu Referenzzwecken und acht unbewehrte Platten für gesonderte Fragestellungen und Vergleichsmessungen. In Summe ergab dies 38 Platten für die Versuche.



Zur Reduzierung der Plattenanzahl wurden mehrere Verfahren auf einer Platte angewandt, sodass Material und auch Kosten in umfassendem Umfang eingespart werden konnten. Die Versuche wurden mit baustellenüblichen Handgeräten durchgeführt. Zum Einsatz kamen ein Makita Akku-Bohrhammer 18 V, eine Mauernutfräse der Fa. Eibenstock, ein Betonschleifer der Fa. Eibenstock und ein Winkelschleifer der Fa. Makita mit einem Scheibendurchmesser von 230 mm. Zur Dokumentation der Versuche wurde ein umfangreiches Protokoll entwickelt, welches alle notwendigen Informationen hinsichtlich der Versuchsdurchführung beinhaltet. Die Versuche wurden von den Verfassern des vorliegenden Langtextes durchgeführt. Weiterhin waren jeweils zwei Protokollanten zur Dokumentation anwesend.

Die ersten Versuche wurden Ende Mai 2023 durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass der angedachte Umfang der Versuche den veranschlagten Zeitansatz von vier Werkzeugen überstieg. Eine zweite Versuchsdurchführung erfolgte Ende Juli 2023. Da bis dato immer noch nicht alle Versuche mit allen messbaren Parametern durchgeführt wurden, erfolgt eine weitere Untersuchung zu Ende September 2023.

Die Versuchsdurchführung erfolgte in einer alten Lagerhalle in der Nähe von Dresden.

### 3.2 Emissionsmessung während der Nachbearbeitung

Durch den Praxispartner Müller-BBM wurden im Rahmen der Bearbeitung von carbon- und stahlbewehrten Prüfkörpern Messungen durchgeführt, um die inhalative Exposition zu ermitteln und zu beurteilen. Im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens C<sup>3</sup> - V1.5 gab es bereits erste ähnliche Messungen, allerdings mit anderen Bewehrungstypen und anderen Tränkungen. Somit lagen bis zu diesem Zeitpunkt keine Kenntnisse über die räumliche Verteilung der Konzentrationen der im Bündnis ausgewählten Bewehrungen vor.



Abbildung 4: Messapparate zur Emissionsmessung [Quelle: TU Dresden, IBB]

Gemessen wurden folgende Gefahrstoffe: alveolengängiger Staubanteil (A-Staub), einatembarer Staubanteil (E-Staub), Quarzstaub sowie WHO-Fasern (organische und anorganische Faserstäube) – insbesondere aus dem Bewehrungsmaterial Kohlestofffaserverstärkter Kunststoff (CFK).

Den Bewertungsmaßstab bilden dabei die Staubgrenzwerte der TRGS 900. Lungengängige Fasern nach WHO-Definition (sog. WHO-Fasern) haben gemäß Nr. 2.3 Abs. 1 der TRGS 905 eine Länge von mehr als 5 µm, einen Durchmesser von weniger als 3 µm und das Verhältnis zwischen Länge und Durchmesser ist größer als drei.

Die Faserstäube wurden durch das Probenahmegerät (siehe Abbildung 4) auf einen Goldfilter abgeschieden und anschließend mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit gekoppelter energiedispersiver Röntgenmikroanalyse ausgewertet. Grundlage der Auswertung sind 60 Proben auf Goldfilter.

### 3.3 Konvektionierung von Carbonbewehrung auf der Baustelle

Im Rahmen der Durchführung der Untersuchungen zu den genannten Nachbereitungsverfahren erfolgte auch eine Simulation der Konvektionierung von Carbonbewehrung auf der Baustelle. Um diese Versuche messbar zu machen, wurde in einem bestimmten Zeitrahmen eine definierte Menge an Carbonbewehrung geschnitten.



Abbildung 5: Ablagerung von Carbonstaub infolge der Konvektionierung von Stäben [Quelle: TU Dresden, IBB]

Dazu wurde die Bewehrung eingespannt und mittels Winkelschleifers (Scheibendurchmesser 115 mm) geschnitten. Neben den Aufwandswerten wurde das Material hinsichtlich seiner Praktikabilität und Baustellenhandhabbarkeit untersucht. Weiterhin wurden auch dazu Emissionsmessungen durchgeführt, um die Staubbelastung (siehe

Abbildung 5) am Bearbeiter messen zu können und gleichzeitig Lärmdosimeter getragen, womit die Lärmbelastung während der Konfektionierung von Carbonbewehrung gemessen werden konnte. Konkrete Auswertungen liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vor. Allerdings kann gesagt werden, dass kein signifikanter Unterschied in der Lärmbelastung zu herkömmlichen Stahlbetonbauteilen festgestellt werden konnte.

### 3.4 Integration von Einbauteilen der TGA

Die Forschungsfrage zur Integration von TGA Einbauteilen hat einen sehr baupraktischen Hintergrund. Es ist nicht unüblich, dass auf Baustellen auch bei dem Einsatz von Halbfertig- oder Fertigteilen nachträgliche Integrationen der technischen Gebäudeausrüstung notwendig sind. Geprüft wurden die dünnwandigen Carbonbetonbauteile hinsichtlich ihrer Eignung zur Integration.



Abbildung 6: Integrierte Leerrohre und Unterputzdosen  
[Quelle: TU Dresden, IBB]

Verfolgt werden bei den Untersuchungen grundsätzlich zwei unterschiedliche Ansätze. Erstens die Änderung der TGA Planung und zweitens die Änderung der Dimensionierung der Einbauteile. Wie auch auf der Baustelle üblich, wurden die Prüfkörper mittels der genannten Handgeräte Mauernutfräse Fa. Eibenstock und Bohrschrauber Makita 18 V dahingehend bearbeitet, als dass sowohl eine Integration von Leerrohren ( $d = 20 \text{ mm}$ ) als auch von Unterputzdosen mit einer (Tiefe =  $48 \text{ mm}$ ) umgesetzt werden konnten (siehe Abbildung 6).

## 4 Aktueller Stand der Bearbeitung der Forschungsfragen

### 4.1 Nachbearbeitbarkeit von dünnwandigen Carbonbetonbauteilen

Hinsichtlich der im vorhergehenden Kapitel aufgeworfenen Forschungsfragen lässt sich in der Auswertung bisher Folgendes zusammenfassen: Zum Bearbeitungsverfahren Schlitzeln ist festzustellen, dass die Carbonbewehrung kei-

nen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Bearbeitung des Materials hat. D.h., dass sich die Carbonbewehrung ohne merkbar Widerstand durchtrennen lässt. Anhand der Referenzplatte mit Stahlbewehrung wurde dies hinsichtlich des gemessenen Zeitaufwandes und der aufzuwendenden subjektiven Kraft des Bearbeiters sehr deutlich. Für das Schlitzeln (Tiefe  $25 \text{ mm}$ ) einer stahlbewehrten Betonplatte wurde überschlägig die dreifache Zeit benötigt. Ähnliches war beim Vollbohren festzustellen. Während es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Vollbohren durch Carbonbeton im Vergleich zum reinen Beton gab, war das Vollbohren einer stahlbewehrten Platte durch die Bewehrung nicht möglich. Allerdings fiel auf, dass die Abplatzungen an der Unterseite der Versuchskörper bei oberflächennaher Carbonbewehrung größer waren als bei den stahlbewehrten Versuchskörpern (siehe Abbildung 7).

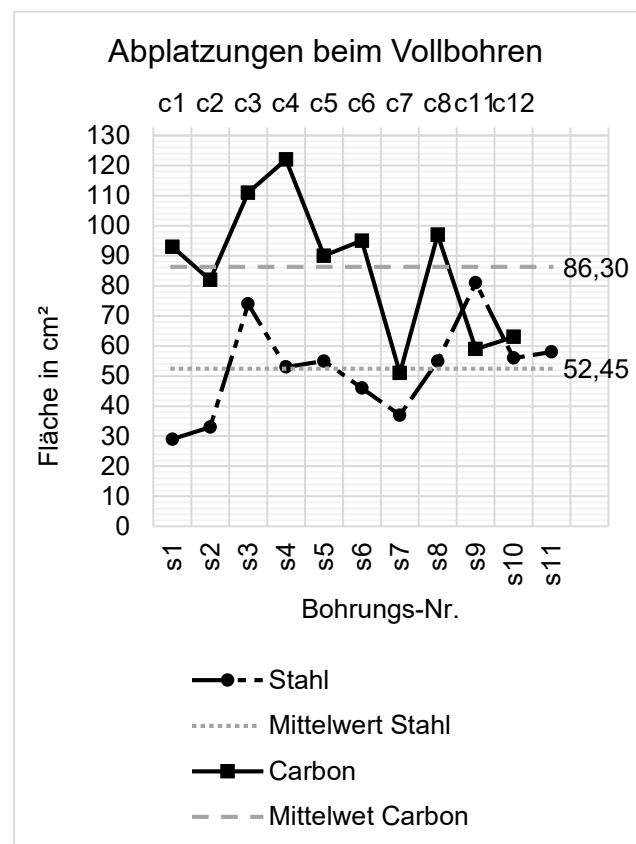


Abbildung 7: Abplatzungen infolge Vollbohren [Quelle: TU Dresden, IBB]

Beim Stemmen ergab sich kein nennenswerter zeitlicher Unterschied. Hinsichtlich der Trennung von Beton und Bewehrung muss allerdings festgehalten werden, dass insbesondere der Tudatex Stab während der Bearbeitung in kürzester Zeit Form und Festigkeit verlor, delaminierte und aufspießte. Dies war ebenfalls bei den Gitterbewehrungen von Solidian und Hitex der Fall. Beim Kernbohren wurden ähnlich signifikante Unterschiede wie beim Vollbohren festgestellt. Während sich die carbonbewehrte Platte ohne merkbar Widerstand händisch kernbohren ließ (siehe Abbildung 8), war eine Kernbohrung durch



Stahlbeton mit den zur Verfügung stehenden Maschinen nicht möglich. Beim Sägen der Platten war kein bedeutender Unterschied zwischen Carbonbewehrung und Stahlbewehrung feststellbar. Einzig der Funkenflug infolge der Stahlbewehrung war arbeitsschutztechnisch bedenklich, kann aber als Normalität angesehen werden.



Abbildung 8: Kernbohrung durch Prüfkörper [Quelle: TU Dresden, IBB]

Das Schneiden der Carbonbetonbauteile dagegen erfordert eine etwas kürzere Zeit und es entstand kein Funkenflug. Beim Schleifen entstand ein ähnliches Bild, wie beim Verfahren Vollbohren und Kernbohren. Auch hier wurde festgestellt, dass das Schleifen von Carbonbeton ohne merkbaren Widerstand vonstatten geht.



Abbildung 9: Stemmen am Prüfkörper [Quelle: TU Dresden, IBB]

Ergänzend sei hinzugefügt, dass infolge der Stahlbewehrung die Werkzeuge in immens kurzer Zeit verschlissen waren. An den untersuchten Werkzeugen konnten jedoch kein messbarer Verschleiß infolge der Bearbeitung der Bewehrung aus Carbonfasern festgestellt werden. Zur Auswertung der Nachbearbeitungsverfahren wurden im Rahmen eines Messkonzeptes unter anderem Parameter wie

die Dauer der Bearbeitung und die Geräuschemission protokollarisch dokumentiert. Diesbezügliche Untersuchungen dauern noch an.

#### 4.2 Aktueller Stand zur Emissionsmessung

Zum Ergebnis der Emissionsmessungen können derzeit noch keine Angaben gemacht werden. Momentan werden die bereits angesprochenen Goldfilterplatten mit einem Rasterelektronenmikroskop ausgewertet und auf bedenkliche Stäube untersucht. Mit einem Prüfbericht ist bis Anfang Oktober 2023 zu rechnen.

#### 4.3 Konfektionierung von Carbonbewehrung im Baustellenumfeld

Hinsichtlich der Konfektionierung von Carbonbewehrung auf der Baustelle können bisher aufgrund der noch andauernden Emissionsuntersuchung ebenfalls keine näheren Angaben gemacht werden. Fest steht allerdings schon jetzt, dass eine Konfektionierung auf der Baustelle mittels eines Winkelschleifers ohne Probleme möglich ist. Hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes infolge der entstehenden Stäube kann jedoch noch keine belastbare Aussage getroffen werden. Sowohl das Schleifen als auch Schneiden ist mit den gängigen auf der Baustelle zur Verfügung stehenden Werkzeugen problemlos möglich. Aufgefallen ist eine hohe Faserstaubbelastung, welche sich im Umfeld der Bearbeitung ablagert. Weiterhin war im Anschluss an die Bearbeitung vom Arbeiter eine nicht unerhebliche Hautreizung auf den Unterarmen festzustellen. Dies erinnerte an den Umgang mit Glaswollämmung.

#### 4.4 Aktueller Stand zur Integration von Einbauteilen der TGA

Der aktuelle Stand zur Integration von Einbauteilen der TGA nach dem ersten Versuchsdurchlauf ist Folgender: Eine Integration von Unterputzdosen mit einer Höhe von 48 mm ist möglich. Hier ist lediglich die Bauteildicke von 60 mm als limitierend anzusehen. Die Integration von Leerrohren in Carbonbetonbauteile ist ebenfalls problemlos möglich. Hinsichtlich des Aufwandes erleichternd ist in dem Szenario zu nennen, dass sich das Schlitzieren der Betonoberfläche trotz der Betondeckung von nur 10-15 mm über der Bewehrungslage als mühelos herausstellte. Als positive Eigenschaft ist hier herauszuarbeiten, dass bei der nachträglichen Integration von beispielsweise mehreren aneinandergereihten Unterputzdosen keine Stahlbewehrung, wie sonst üblich, durchgeschnitten werden musste, sondern die Carbonbewehrung eine Positionierung wie vom Nutzer/ Planer gewünscht möglich machte. Weitere Untersuchungen folgen voraussichtlich im Dezember 2023.

### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Eine Zusammenfassung ist auf Grund der aktuell noch offenen Versuchsauswertung insbesondere hinsichtlich der

Emissionsmessungen zum Thema Sicherheits- und Gesundheitsschutz nur in Ansätzen möglich. Dabei ist anzumerken, dass keine kritischen Stäube, insbesondere bei den Versuchen zur Nachbearbeitung erwartet werden. Allerdings kann aktuell nicht vorhergesehen werden, welchen Einfluss weiterentwickelte Herstellverfahren und neue Tränkungen haben.

Resümierend wird festgehalten, dass die Materialeigenschaften von Carbonbeton in vielen Punkten als vorteilhaft gegenüber Stahlbeton anzusehen sind. Korrosionsfreiheit, Gewichtersparnis, ökologische Faktoren und die mögliche Formflexibilität stellen lediglich eine Auswahl der vorhandenen Vorteile dar. Die positiven Nachbearbeitungseigenschaften, insbesondere hinsichtlich Werkzeugverschleiß und Zeitansatz, ergeben einen signifikant messbaren Unterscheid zu Stahlbeton.

Als nachteilig sind aktuell der Materialpreis, das nicht wirtschaftliche Recycling und die fehlende Normung anzusehen. [11] Letzteres wird im Rahmen des laufenden RUBIN-ISC Projektes aufgegriffen, da dies eine wesentliche Markteintrittsbarriere darstellt.

## 6 Literatur

- [1] Otto, J.; Adam, R.: Carbonbeton und Stahlbeton im wirtschaftlichen Vergleich. In: Bauingenieur 94 (2019), Heft 06, S. 246-252.
- [2] Lieboldt, M.; Tietze, M.; Schladitz, F. (2018) C3-Projekt – Erfolgreiche Partnerschaft für Innovation im Bauwesen. In: Bauingenieur 93, Heft 7/8, S. 265–273.
- [3] Curbach, M. [ed.] (2022) CUBE: Neues Bauen mit Carbonbeton – New Building With Carbon Concrete. Berlin: Wasmuth & Zohlen.
- [4] Curbach, M.; Hegger, J.; Schladitz, F.; Tietze, M.; Lieboldt, M. [Hrsg.]. (2023) Handbuch Carbonbeton – Einsatz nichtmetallischer Bewehrung, 1. Auflage. Ernst & Sohn GmbH.
- [5] DAfStb-Richtlinie (2022-11, Entwurf) Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung. Beuth, Berlin.
- [6] CARBOrefit, 2022, <https://carborefit.de/> [Zugriff am 08.09.2023].
- [7] Otto, J.; Wiel, R.; Kortmann, J. et al.: Wissenstransfer als Grundlage für Innovationen im Bauwesen – Eine fallspezifische Betrachtung am Beispiel von Carbonbeton. In: Bauingenieur 97 (2022), Heft 10, S. 307-315.
- [8] DIBt, 2022, <https://www.dibt.de/de/wir-bieten/zulassungen-etas-und-mehr/abz-abg> [Zugriff am 08.09.2023].
- [9] C<sup>3</sup> - Bauen neu denken - V1.5: <https://www.bauen-neu-denken.de/vorhaben/v1-5-abbruch-rueckbau-und-recycling-von-c%20b3-bauteilen/Literaturp-abst> [Zugriff am: 08.09.2023].
- [10] Wesche, K, Schubert, P.: Baustoffe für tragende Bauteile, Band 2: Beton, Mauerwerk, 3, Auflage, Wiesbaden und Berlin 1993, S. 148
- [11] Jahn, A.: Analyse der Lebenszykluskosten von Bauteilen aus Carbonbeton, Diplomarbeit, Dresden, 2022

# DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT  
D U I S B U R G  
E S S E N

*Offen im Denken*

ub | universitäts  
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

**DOI:** 10.17185/duepublico/79105

**URN:** urn:nbn:de:hbz:465-20231017-125307-5

In: Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023,  
Universität Duisburg-Essen.



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 Lizenz (CC BY-NC-ND 4.0) genutzt werden.