

Fact Sheet

Carbonbeton – Verfahren zur Verstärkung und Instandsetzung

Herausgeber: C³Verband

Dresden, April 2023

Was ist Carbonbeton?

Carbonbeton ist ein Verbundwerkstoff aus Beton und einer nichtmetallischen Bewehrung aus Kohlenstoff- bzw. Carbonfasern (Carbon). Die Besonderheit steckt dabei in den Carbonfasern. Bis zu fünfzigtausend dieser feinen Filamente bzw. Endlosfasern bilden das Garn bzw. den Faserstrang. Die Garne werden daraufhin in einer Textilmaschine zu einem Bewehrungsgitter bzw. -matten oder im Strangziehverfahren zu Bewehrungsstäben verarbeitet. Die hochtragende, nichtrostende Bewehrung aus Carbon lässt eine Lebensdauer erwarten, die weit über den heutigen Konstruktionen aus Stahlbeton liegt und stellt somit eine rohstoffsparende und innovative Alternative im Bauwesen dar.

Der Einsatz von Carbon- statt Stahlbeton ermöglicht sowohl eine Materialersparnis von bis zu 80 % als auch eine Reduktion des Energiebedarfes und des CO₂-Ausstoßes um bis zu 50 %. Die Carbonbetonbauweise trägt folglich dazu bei, im Betonbau die Belastungen auf die Umwelt und den Menschen wesentlich zu reduzieren.

hat eine Zugfestigkeit von ca. 3.000 bis 4.000 N/mm² und ein E-Modul bis etwa 230.000 N/mm². Glas und Basalt sind weiß bzw. leicht golden, haben eine ca. 50 % geringere Zugfestigkeit als Carbon und ein E-Modul zwischen 75.000 N/mm² und 100.000 N/mm². Bei Bewehrungen aus Glas wird vor allem alkaliresistentes Glas (AR-Glas) verwendet.

Fachbegriffe & Daten

Bewehrungsmaterial

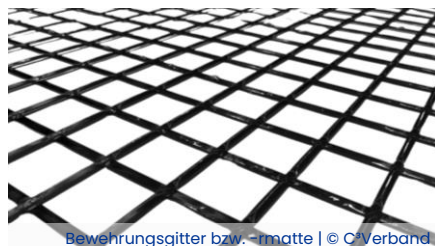
Als Material für die nichtmetallische Bewehrung kommen Fasern aus Carbon, Glas und Basalt zum Einsatz, wobei Carbon und Glas den Schwerpunkt bilden. Kohlenstofffaserhaltigen Faser, die für den Betonbau verwendet wird, ist schwarz,

Biaxiale, multiaxiale Bewehrungsgitter bzw. -matten und Stabmatten

Wie es bereits bei der Stahlbetonbauweise etabliert ist, bestehen die Bewehrungsgitter aus Carbon aus Fasersträngen in Längs- und Querrichtung, die sich in einem 90° Winkel überschneiden. Daraus ergibt sich das standardmäßige Bewehrungsmuster. Für spezielle Anwendungsfälle gibt es aber auch multiaxiale Bewehrungsgitter. Hier kommen noch weitere Faserstränge, außerhalb des 0°, 90° Rasters dazu. Die Bewehrungsgitter können ebenfalls aus den zuvor produzierten Stäben hergestellt werden, sogenannte Stabmatten.



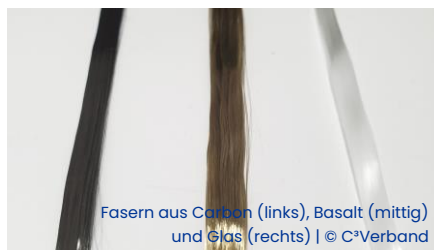
Betonplatte mit zwei Lagen Bewehrungsgitter aus Carbon | © C³Verband



Bewehrungsgitter bzw. -matte | © C³Verband



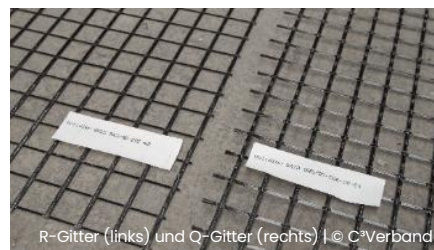
Stabmatte | © C³Verband



Fasern aus Carbon (links), Basalt (mittig) und Glas (rechts) | © C³Verband



Spulen mit Carbongarn | © Ansgar Pudenz



R-Gitter (links) und Q-Gitter (rechts) | © C³Verband

Info: Was sind eigentlich Rovings, Garne und Faserstränge?

Für den Baustelleneinsatz ist diese Unterscheidung unerheblich, denn alle drei Bezeichnungen werden im Sprachgebrauch des Carbonbetons als Synonym für ein Bündel von Einzelfasern aus Carbon verwendet.

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

Bewehrungsgitter R-Typ & Q-Typ

–
Auch hier wurden die bereits vorhandenen Bezeichnungen aus der Stahlbetonbauweise übernommen. Sogenannte R-Gitter weisen kleinere Bewehrungsquerschnitte quer zur Haupttragrichtung auf. Q-Gitter haben sowohl in Haupttragrichtung als auch quer zur Haupttragrichtung den gleichen Bewehrungsquerschnitt.

Biegsames, flexibles und steifes Bewehrungsgitter

–
Die Bewehrungsgitter aus Carbon gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen. Dabei unterscheiden sie sich hauptsächlich im

Bewehrungsquerschnitt, Bewehrungsraster und in der verwendeten Tränkung. Durch unterschiedliche Kombinationen der drei Merkmale können die Eigenschaften der Bewehrungsgitter auf verschiedene Einsatzgebiete angepasst werden. So sind flexible Ausführungen besonders gut für die Instandsetzung geeignet, da sie sich an die ursprünglichen Bauteilformen anpassen lassen. Steife Ausführungen werden eher im Neubau eingesetzt, wo eine hohe Lagegenauigkeit beim Betonieren benötigt wird.

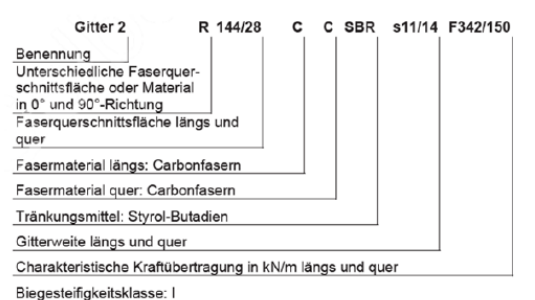
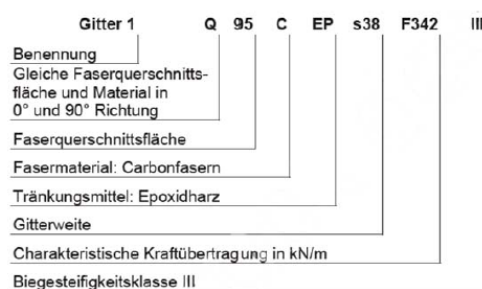
Bezeichnungssystem der Bewehrungsgitter

–
Die Bewehrungsgitter können sich visuell

sehr stark ähneln, obwohl sie ganz unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Daher empfiehlt es sich, die genaue Bezeichnung bis zum Einbau der Bewehrungsgitter auf dieser zu belassen, beispielsweise durch ein sichtbar auf einem vom Hersteller angebrachten Klebeschild.

Wie in der Stahlbetonbauweise sind auch bei der Verwendung von nichtmetallischen Bewehrungen die jeweiligen Typen der Bewehrungsgitter im Bewehrungs- und Verlegeplan genau verzeichnet und müssen nach den dort aufgeführten Vorgaben eingebaut werden.

Benennung	Typ	Faserquerschnittsfläche längs/quer [mm²/m]	Fasermaterial längs	Fasermaterial quer	Tränkungsmaterial	Gitterweite längs/quer [mm]	Chr. Zugkraftübertragung längs/quer [kN/m]	Biegesteifigkeitsklasse
			C – Carbon AR – AR-Glasfaser B – Basaltfaser	C – Carbon AR – AR-Glasfaser B – Basaltfaser	EP – Epoxidharz SBR – Styrol-Butadien PU – Polyurethan VE – Vinylester			
Gitter 1	Q	95/95	C	C	EP	38/38	342/342	III
Gitter 2	R	144/28	C	C	SBR	11/14	342/150	I



Zwei verschiedene Bezeichnungen für die zukünftige Benennung von Bewehrungsgitter nach der DAFStb-Richtlinie | © DAFStb-Richtlinie Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung

Info: Was bedeutet der Begriff Tränkung?

Erst durch die Tränkung wird aus den Garnen eine nutzbare stabförmige Bewehrung. Die Fasern bzw. die Filamente der Garne werden durch das Tränkungsmaterial fest miteinander zu Fasersträngen verbunden. Die Tränkung stellt somit auch den inneren Verbund (Verbund zwischen den einzelnen Fasern bzw. Filamenten) sicher.

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

Die Bezeichnungen der Bewehrungsgitter verschiedener Hersteller unterscheiden sich zum Teil deutlich. Ein einheitliches System gibt die DAfStb-Richtlinie „Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“ vor. Hierbei wird die Bezeichnung aller notwendigen Informationen längs und quer zur Haupttragrichtung angegeben. Die möglichen Kombinationen aus Fasermaterial und Tränkungsmedium sind in der DAfStb-Richtlinie aufgeführt. Auf der Bewehrung selbst werden dann lediglich der Buchstaben und Zahlencode abgedruckt.

entsprechende Rolle aufgerollt, transportiert und gelagert werden.

Ob und wie stark die Bewehrung ohne Beschädigung gerollt werden kann, ist maßgeblich abhängig von der verwendeten Tränkung, der Maschengröße sowie der Fasermenge und sollte daher immer in Rücksprache mit dem Hersteller geklärt werden.

Es ist zu beachten, dass ein zu enges Aufrollen der Bewehrung dazu führen kann, dass die einzelnen Faserstränge knicken. Dies führt wiederum zu einer Verringerung des Querschnittes und der Leistungsfähigkeit der Bewehrung.

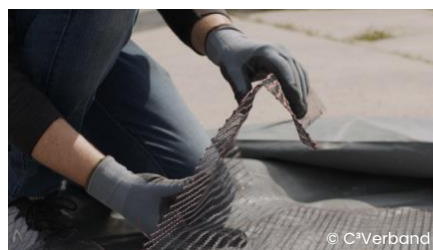
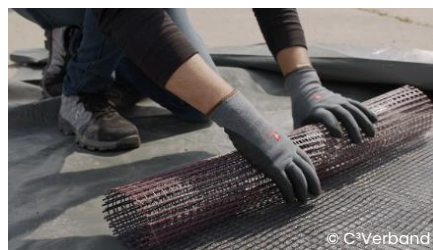
sind, verwendet werden. Zum anderen kann die Bauteilkante so gebrochen werden, dass der Mindestbiegerollendurchmesser eingehalten wird. Des Weiteren gibt es Bewehrungen, die durch Erhitzen partiell erweichen und an die Form angepasst werden können.

Material- umgebung und Arbeitsschutz

Hintergrund

Bei einer Beanspruchung längs zur Faserrichtung spielt die Bewehrung aus Carbon ihre hohe Leistungsfähigkeit aus. Wird diese Bewehrung jedoch senkrecht zur Faser belastet, geknickt oder zu eng gebogen, kann diese beschädigt werden und ihre Leistung abnehmen.

Nach Rücksprache mit dem Hersteller ist eine platzsparende Lieferung und Lagerung der gitterförmigen Bewehrung aus Carbon auf einer Rolle durchaus möglich. Solch eine Bewehrung kann auch im Nachhinein immer wieder auf die



Punkt 1

Die Bewehrung darf nicht abgekantet werden, um sie an Formen anzupassen. Zum einen können vorgefertigte Winkelprofile, die über die Kante zu legen



Punkt 2

Die Bewehrung sollte nur nach Rücksprache mit dem Hersteller aufgerollt oder gebogen werden.



Info: Checkliste Arbeitsschutz nach DGUV-Information Nr. 74:

- lange Arbeitskleidung: Bei hoher Staubbelastung, wie das Sägen von großen Mengen Bewehrung, wird Schutzanzug Typ 5 empfohlen
- Lederhandschuhe oder gleichwertig stichfeste Handschuhe
- Sicherheitsschuhe S 3
- dichtschließende Schutzbrille oder wenn nötig Atemschutzmaske (FFP 3)

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

Punkt 3

– Transport- und Lagerungsbedingungen sind der entsprechenden Zulassung für die Bewehrung zu entnehmen.



© C³Verband

Punkt 4

– Es sollte vermieden werden, auf den ausgelegten Bewehrungen zu laufen. Das Eigengewicht und Steine oder ähnliches im Schuhprofil können hierbei die einzelnen Faserstränge beschädigen.



© C³Verband



© C³Verband

Hinweise Schneiden

– Zum Schneiden einer Bewehrung eignen sich am besten die stärkeren Modelle der Multifunktionsscheren.

Beim Arbeiten und Schneiden mit und von Bewehrungen entstehen kaum bis keine carbonfaserhaltige Stäube, weshalb eine einfache Atemschutzmaske, Schutzbrille, Lederhandschuhe und lange Arbeitskleidung ausreichen. Hier geht es vor allem um den Schutz vor scharfen Schnittkanten. Diese Empfehlungen gelten auch für das Tragen und Einbauen der Bewehrung.

Auf das Schneiden mit Trennschleifern oder elektrischen Sägen, sollte weitestgehend verzichtet werden. Hierbei kann Staub aus Carbonfasern entstehen. Dieser ist nicht toxisch und nicht gesundheitsschädlich. Eine hohe Staubbelastung der Atemwege ist aber grundsätzlich nicht gesundheitsfördernd, weshalb dabei mindestens eine Atemschutzmaske FFP 3 getragen werden sollte. Hier sei auf das Fact Sheet des C³Verbandes „Güte- und Prüfbestimmung RAL-RG 351“ verwiesen.



© C³Verband



© C³Verband



© C³Verband

Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ)

Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ)

– Für das Verstärken und Instandsetzen mit Carbonbeton kann die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ)/allgemeine Bauartgenehmigung (aBG) Nummer: Z-31.10-182 angewendet werden. Zulassungsgegenstand ist eine Materialkombination aus einem Feinbeton und einer gitterförmigen Bewehrung. Die genauen Voraussetzungen zur Anwendung der abZ sowie sonstige Vorgaben sind aus der aktuellen Fassung zu entnehmen. Dort sind die Geltungsfälle, Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil, die geregelten Belastungsfälle, Vorgehen etc. ausführlich dargestellt.



Elektronische Fassung der abZ des C³Verbandes, Z-31.10-182

Zulassung Z-31.10-183 © DIBt

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

Vorbereitung für eine Instandsetzung

Analyse

Die Vorbereitung des Untergrundes ist eine entscheidende Maßnahme, um einen guten und dauerhaften Verbund zwischen Altbeton und der Verstärkungsschicht zu sichern. Die Vorbereitungen ähneln den Vorbereitungen zum Instandsetzen und Verstärken mit Stahlbeton und sind an die DIN 18551:2014-08 sowie an die DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ angelehnt.

Vor der Instandsetzung findet eine Analyse des Bestandes statt unter anderem in Hinblick auf:

- Betondruckfestigkeitsklasse,
- Oberflächenzugfestigkeit,
- Art, Lage und Zustand der Bewehrung im Bestand,
- vorhandene Betondeckung,
- Lage, Verlauf und Größe von vorhandenen Rissen,
- Karbonatisierungstiefe, Chlorideintrag,
- weitere mögliche Schädigungen.

Ist die Analyse des Bestandbauteils abgeschlossen, sind folgende Punkte nach geltender DAfStb-Richtlinie und gegebenenfalls zusätzlicher technischer Anforderungen zu bearbeiten:

- Untergrund von allen haftreduzierenden Faktoren (Trennmittel, Öl, Altbeschichtungen, Ausblühungen etc.) befreien,
- Kiesnester oder Betonabplatzungen freilegen und mit einem geeigneten Beton oder Betoninstandsetzungssystem reparieren,
- Risse, durch die Wasser an die Stahlbewehrung gelangen kann, instand setzen.

Aufräumen des Untergrundes

Um einen ausreichenden Verbund zwischen Altbeton und der Verstärkungsschicht zu gewährleisten, muss der Untergrund vorher soweit aufgeraut werden, dass:

- die Gesteinskörnung > 4 mm des Altbetons freiliegt,
- eine mittlere Rautiefe von 1 mm vorliegt.

Dies kann erreicht werden durch:

- Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln,
- Kugelstrahlen,
- Nadelpistole oder
- Hochdruckwasserstrahlen.

Vornässen des Untergrundes

Ist der Untergrund ausreichend aufgeraut, muss er für die Verstärkungsmaßnahmen vorgenässt werden. Auch hier richtet sich der Vorgang nach der DAfStb-Richtlinie:

- 24 Std. vor Arbeitsbeginn mehrmals kräftig vornässen,
- 20 min vor Arbeitsbeginn nochmal befeuchten.

Wichtig ist, dass kein stehendes oder überflüssiges Wasser vorhanden ist.



Frisch gesandstrahlte Betonoberfläche mit einer Rauigkeitszahl 1 und der dazugehörenden Rautiefe von 1 mm.
© C³Verband



Letztes Mal Vornässen bevor die Verstärkung durchgeführt wird.
© C³Verband

Durchführung einer Instandsetzung

Schritt 1: Herstellen der Betonmischung

Bevor die gesamte Spritzbetonmischung hergestellt werden kann, sollte das genaue Mischungsverhältnis des Feinbetons auf die Tagesbedingungen abgestimmt werden. Der entsprechende maximale Wasserbedarf ist auf dem Gebinde vermerkt und schwankt hauptsächlich infolge der Außentemperaturen. Die Verarbeitungszeit liegt bei einer Temperatur von 20 °C und 55 % Luftfeuchte bei ca. 60 Minuten. Dieser Wert unterliegt natürlich wetterbedingten Schwankungen und sollte daher als Richtwert verstanden werden.

Da in dem Beton viele Zusatzstoffe enthalten sind, die erst nach einer ausreichenden Mischzeit von ungefähr fünf Minuten ihre Wirkung entfalten, ist ein ordentliches Durchmischen zwangsläufig notwendig, bevor weitere Anpassungen an der Wassermenge vorgenommen werden. Während des Verstärkungsvorganges ist der Spritzbeton dann in einem Zwangsmischer herzustellen, um somit eine ausreichende Durchmischung zu gewährleisten.



© C³Verband

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

Schritt 2: Spritzen der 1. Lage

Zunächst wird die erste Lage Feinbeton auf den aufgerauten und vorgehässigten Untergrund aufgebracht. Die Schichtdicke richtet sich nach der verwendeten Bewehrung und liegt bei mindestens 3 bis 5 mm. Hier wurde eine Mindestschichtdicke von 5 mm eingehalten.



Schritt 3: Einarbeiten der Bewehrung

Anschließend wird die erste Lage der Bewehrung in den Spritzbeton eingearbeitet. Ein zusätzliches Andübeln oder ähnliches entfällt. Für den Halt und die Lagesicherung wird die Bewehrung lediglich per Hand angelegt und leicht in den Beton gedrückt. Anschließend kann sie mit einer Kelle vollflächig eingestrichen werden.



Schritt 4: Zusätzliche Schichten

Falls eine weitere Lage Bewehrung statisch erforderlich ist, wird zunächst eine weitere Schicht Spritzbeton aufgetragen, bei der ebenfalls die vorgegebene Schichtdicke einzuhalten ist.

Wie in Schritt 3 ist dann jede weitere Lage einzuarbeiten.



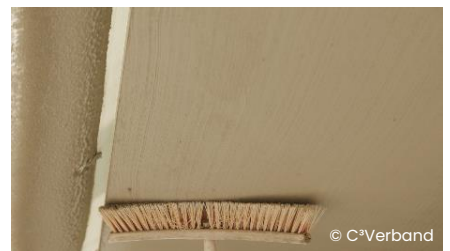
Schritt 6: Die finale Oberfläche

Die finale Oberfläche kann entweder als Spritzrau belassen oder abgezogen werden. Beim Abziehen ist besonders darauf zu achten, nicht zu viel frischen Beton zu verschieben, da dies die Lagegenauigkeit der Bewehrung beeinflussen kann.



Was tun bei Arbeitsunterbrechung?

Auch bei der Bewehrung aus Carbon kann die Arbeit ohne Probleme unterbrochen werden. Auf die eingebrachte Bewehrung wäre eine Schicht Feinbeton aufzutragen, die anschließend noch aufgeraut werden muss. Dies kann beispielsweise mit einem Besen geschehen. Dadurch kann am nächsten Tag weitergearbeitet werden und der Verbund zwischen den Schichten ist gewährleistet.



Info: Hinweise für die Durchführung der Verstärkung

Die Verstärkungsmaßnahmen sind im Laminierverfahren – also Schicht für Schicht – durchzuführen.

Für den Spritzvorgang gelten die allgemeinen Regeln der DIN EN 14487-2.

Die Spritzarbeiten sind mit der MAWO-Düse im Dichtstromverfahren durchzuführen.

Mit einer einfachen Messhilfe kann die Schichtdicke schnell und einfach während des Spritzens kontrolliert 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

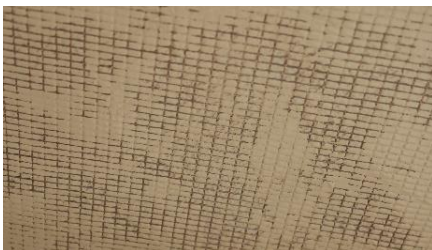
s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Ebenheit der Bewehrung

Beim Verstärken mit Bewehrungen aus Carbon kann auf das Andübeln der Bewehrung verzichtet werden. Daher sollte darauf geachtet werden, dass die Bewehrung vollständig in die Spritzbetonschicht eingearbeitet wird, damit keine Spritzschatten entstehen können. Zu tief eingedrückt darf die Bewehrung aber auch nicht sein, da sonst zu wenig Spritzbeton zwischen Bestandsbauteil und der Bewehrung zurückbleibt.

In der Regel sind je nach Bewehrung mindestens 3 mm bis 5 mm Betondeckung zwischen dem Altbeton, den Lagen und zur Oberfläche einzuhalten.

Beim Einbau sollte darauf geachtet werden, dass die Bewehrung glatt in einer Ebene liegt und sich nicht wellt. Andernfalls kann es dazu führen, dass sich das Bauteil mehr verformen kann. Es kann zu unplanmäßigen Beanspruchungen und Abplatzen der Verstärkungsschicht kommen.



Optimal eingestrichenes Textil, ohne mögliche Spritzschatten und ausreichend Spritzbetondeckung.
© C³Verband



Die Wellenbildung an der Textilkante deutet auf eine nicht optimale Positionierung beim Einstreichen der Bewehrung hin.
© C³Verband

Ausführung von Überlappungsstößen

Müssen Überlappungsstöße ausgeführt werden, wird zunächst das erste Stück Bewehrung eingearbeitet. Anschließend ist das zweite Stück mit der entsprechend statisch vorgegebenen Überlappung einzulegen und im Bereich der Überlappung deutlich stärker in den frischen Spritzbeton einzuarbeiten.



© C³Verband

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung ist bei Bewehrungen aus Carbon besonders wichtig, da durch die geringe Dicke der Verstärkungsschicht der Beton schneller austrocknen kann. Die Nachbehandlung erfolgt nach den anerkannten Regeln der Technik, beispielsweise durch:

- Besprühen der Oberfläche mit Wasser,
- Abdecken mit feuchten Tüchern, die dauerhaft feucht gehalten werden und/oder
- Schutz vor Verdunstung durch Folie oder Nachbehandlungsmittel.



Die Nachbehandlung der Oberfläche ist wegen der dünnen Materialstärke besonders wichtig.

© C³Verband

Überwachung und Kontrolle

Während der Ausführung, sollten Sie sich bei der Überwachung und Kontrolle u. a. folgende Fragen stellen:

- Stimmen die Angaben auf dem Gebinde der Trockenmischung mit den Vorgaben überein?
- Handelt es sich bei dem Anmachwasser um Trinkwasser? (Es muss frei von betonschädlichen Bestandteilen sein.)
- Kommt es zum Bluten oder Entmischen des Frischbetons? Den Frischbeton einer Sichtprüfung unterziehen.

Des Weiteren sind die bereits bekannten Prüfungen der Frischbetonkonsistenz durchzuführen, wie:

- Prüfen der Frischbetonkonsistenz, Ausbreitmaß, Frischbetonrohdichte, etc. Häufigkeit der Kontrolle ist von abZ oder ZIE abhängig.
- Betonprobekörper für die Überprüfung der Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Rohdichte herstellen.

Info: Wie verhält sich die Bewehrung bei mechanischen Einwirkungen in Hinblick auf den Schutz der Arbeiten?

Die Ausführung einer Verstärkung und Instandsetzung kann bei Bedarf vor mechanischen Einwirkungen geschützt werden. In diesem Fall darf sich die Bewehrung durch Gegenstände, die in den frischen Beton gedrückt werden, nicht verschieben.

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

- Prüfkörper in Form von Prismen (Anzahl, Größe, Häufigkeit sind Abhängig von AbZ oder ZfE).

Um die Verbundeigenschaften der Verstärkungsschicht zu überprüfen, sind auf der Baustelle unter gleichen Bedingungen Referenzplatten mit dem verwendeten Spritzbeton und der Bewehrung herzustellen, die anschließend im Labor geprüft werden.

Nach Abschluss der Maßnahmen zur Verstärkung und Instandsetzung sind Abreißversuche am fertig verstärkten Bauteil durchzuführen. Hier muss die Position vom Tragwerksplaner an einer nicht statisch relevanten Stelle vorgegeben werden. Die Abreißversuche finden 28 Tage nach der Verstärkung statt. Der Versagensfall sollte im Altbeton liegen.



Herstellung eines Prüfkörpers (Ausbreitmaß) | © C³Verband



Herstellung eines Prüfkörpers (Prisma) | © C³Verband



Herstellung einer Referenzplatte | © C³Verband

Vergleich

Für einen Vergleich der konventionellen Verstärkung und Instandsetzung mit Stahlbeton und der klimaneutralen Verstärkung mit Carbonbeton (siehe nachfolgende Übersicht) wurden zwei identische Platten mit einer Größe von 4,2 m x 1,2 m verstärkt. Beide Verfahren sind für vergleichbare Bedingungen ausgelegt und leistungsäquivalent.

Ausblick

Weiterführende Literatur

–

Curbach M., Hegger J., Schladitz F., Tietze M., Lieboldt M.: Handbuch Carbonbeton. Einsatz nichtmetallischer Bewehrung. 2023. 595 S.

Weiterführender Link

–

<https://carbon-concrete.org/carbonbeton/download>

Info: Gerade bei Arbeiten über Kopf zeigen sich die Vorteile:

So ist es deutlich leichter und einfacher das Gitter an seinen Platz zu bringen.

Es sind weniger Arbeitsschritte notwendig, da das Gitter nicht zusätzlich befestigt werden muss.

Es kann deutlich schneller eine größere Fläche verarbeitet werden, was die Zeit mit dem Kopf im Nacken verkürzt.

Es müssen keine Stahllanker in den Altbeton gebohrt werden, um dort die Bewehrung anzurödeln.

Es muss kein schweres Werkzeug zum Zurechtschneiden der Bewehrung verwendet werden. Es reicht eine vergleichsweise kleine elektrische Universalschere.

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

VERGLEICH	CB Carbonbeton	SB Stahlbeton
Bedarf an Material		
Verstärkungsschicht (4 m²)	105 kg	520 kg
Rückprall, Verlust Mischer und Schläuche	70 kg (45 kg davon im Mischer und Schlauch)	200 kg
Tragkraft	identisch	identisch
zusätzliches Material	entfällt	20 Einschlagdübel 20 Bewehrungsanker Monierdraht zum Anrödeln Putzerhaken
Stärke der Verstärkung (gesamt)	1 cm	5 cm
		
	Menge an Rückprall (gering) © C³Verband	Menge an Rückprall (hoch) © C³Verband
Arbeitsschritte inklusive zeitlicher Aufwand		
Zuschneiden	5 min	10 min
Setzung einer Schalung mit Klemmhaken	entfällt	15 min
Bohrung von 20 Ankerlöcher und Einschlagen von Gewindehülsen	entfällt	10 min
Anbringung der Bewehrung und Feströdelung	entfällt	35 min
Vornässen des Untergrundes	2 min	2 min
CB: Vorbereitung des Betons inklusive Anpassung des genauen Mischungsverhältnisses SB: Trockenspritzverfahren inklusive Mischung an der Düse	10 min	entfällt
CB: Spritzen der 1. Lage (0,5 cm) SB: Spritzen der 1. Lage (2,5 cm)	7 min	20 min
Pause zum Abbinden der ersten Schicht	entfällt	2,5 h
CB: Einarbeiten der Bewehrung SB: Besenstrich inklusive Kante säubern	5 min	5 min
CB: Spritzen der Deckschicht (0,5 cm) SB: Spritzen der Deckschicht (2,5 cm)	8 min	30 min
CB: Glättung der Deckschicht SB: Abrichtung, Glättung	2 min	15 min
Zeitaufwand (gesamt)	34 min	4 h 52 min

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

