

Eine vom Bund und den Ländern gemeinsam
getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

**Zulassungs- und Genehmigungsstelle
für Bauprodukte und Bauarten**

Datum:

28.05.2026

Geschäftszeichen:

I 13-1.31.10-20/25

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Nummer:

Z-31.10-182

Antragsteller:

CARBOCON GMBH

Mohorner Straße 13

01159 Dresden

Geltungsdauer

vom: **28. Mai 2026**

bis: **31. August 2028**

Gegenstand dieses Bescheides:

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/ genehmigt. Dieser Bescheid umfasst 17 Seiten und sechs Anlagen.
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/ allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine
bauaufsichtliche Zulassung/ allgemeine Bauartgenehmigung Nr. Z-31.10-182 vom 31. August 2023.
Der Gegenstand ist erstmals am 06. Juni 2014 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit diesem Bescheid ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Verwendungs- bzw. Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Grundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Verwendungs- bzw. Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand und Verwendungsbereich

Zulassungsgegenstand ist ein Bausatz zur Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit Carbonbeton. Der Bausatz besteht aus den folgenden Komponenten:

- getränkte **CARBOrefit**-Carbongitter Typ 1 oder Typ 3 gemäß Abschnitt 2.1.1,
- **CARBOrefit**-Feinbeton gemäß Abschnitt 2.1.3.

Es wird eine Schicht aus Feinbeton auf die Betonoberfläche der zu verstärkenden Stahlbetonbauteile im Handlaminier- oder Spritzverfahren aufgetragen. In diese wird die Carbongitterbewehrung (im Weiteren: Carbongitter) eingearbeitet und erneut eine Schicht Feinbeton im Handlaminier- oder Spritzverfahren aufgetragen. Diese erneut aufgetragene Feinbetonschicht kann als Abschlusschicht oder als Trägerschicht für eine weitere Lage Carbongitter dienen. Es dürfen auf diese Weise maximal 4 Lagen Carbongitter verwendet werden.

Der Verwendungsbereich des Bausatzes zur Verstärkung ist wie folgt spezifiziert:

- Zug- und Biegezugverstärkung von Stahlbetonbauteilen
- Verstärkung der Druckzone von Stahlbetonbauteilen
- Konstruktiver Einsatz.

1.2 Genehmigungsgegenstand und Anwendungsbereich

Genehmigungsgegenstand sind Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung von Verstärkungen von Stahlbetonbauteilen mit Carbonbeton.

Der Anwendungsbereich für den Bausatz zur Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit Carbonbeton ist wie folgt spezifiziert:

- einachsige Biegeverstärkungen (Kettrichtung der Carbongitter) an den für die Verstärkung vorbereiteten Oberflächen in der Zugzone von Stahlbetonbauteilen
- unter statischen und quasi-statischen bzw. vorwiegend ruhenden Einwirkungen.

Es dürfen nur Bauteile aus Normalbeton verstärkt werden, die an den für die Verstärkung vorbereiteten Oberflächen mindestens einen Erwartungswert des Mittelwertes der Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$ von 1,0 N/mm² (untere Vertrauensgrenze mit 95 % Zuverlässigkeit (einseitig)) aufweisen und deren Festigkeitsklasse C50/60 nicht überschreitet. Der Durchmesser bzw. der Vergleichsdurchmesser der Betonstahlbewehrung in der Biegezugzone des zu verstärkenden Bauteils darf nicht größer als 20 mm sein.

Nach diesem Bescheid dürfen maximal 4 Lagen Carbongitter in einer Carbonbetonschicht verwendet werden.

Den Fasersträngen der Carbongitter dürfen nur Zugkräfte zugewiesen werden. Übersteigt der Bemessungswert der Zugkraft der Carbonbewehrung den Bemessungswert der Zugkraft der Carbonbetonschicht nach Tabelle 4, Zeile 9, ist dieser auf den Tabellenwert als Obergrenze zu begrenzen.

Die Carbonbetonschicht darf auch in der Druckzone angeordnet sein. Übersteigt der Bemessungswert der Druckkraft in der Carbonbetonschicht den Wert nach Tabelle 4, Zeile 9, ist dieser auf den Tabellenwert als Obergrenze zu begrenzen.

Biegezugverstärkungen nach diesem Bescheid dürfen nur in Bereichen angeordnet werden, in denen rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich ist.

Die Verstärkungen dürfen nur an Innenbauteilen erfolgen. Die Maximaltemperatur von $T_f = 40^\circ\text{C}$ und die relative Luftfeuchtigkeit von 65 % dürfen in der Nutzungsphase nicht überschritten werden. Die Carbonbetonschicht darf keiner direkten Durchfeuchtung, keiner wechselnden Durchfeuchtung und keinem Frost-Tau-Wechsel ausgesetzt sein.

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Unternehmen ausgeführt werden, die ihre Eignung entsprechend Abschnitt 3.3.1 nachgewiesen haben.

2 Bestimmungen für das Bauprodukt/die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.1.1 Typen der getränkten CARBOrefit Carbongitterbewehrungen

Die Carbongitter müssen der Regelausführung (Zeile 1 der Tabelle 1) oder Sonderausführung nach (Zeile 2 der Tabelle 1) entsprechen.

Die Regelausführung besteht in Kettrichtung (Haupttragrichtung) aus 48K / 50K Carbonfasersträngen und in Schussrichtung (Nebentragrichtung) aus 12K Carbonfasersträngen. Für die Regelausführung sind die Kett- und Schussfadenabstände nach der Zeile 1 von Tabelle 1 einzuhalten.

Die Sonderausführung besteht in Kettrichtung (Haupttragrichtung) aus 48K / 50K Carbonfasersträngen und in Schussrichtung (Nebentragrichtung) aus Carbonfasersträngen mit einem Fasergehalt von 12K bis 48K / 50K. Für die Sonderausführung sind die Kettfadenabstände nach der Zeile 2 von Tabelle 1 einzuhalten. In Schussrichtung muss mindestens 20 % des Querschnitts der Kettrichtung angeordnet werden. Die Schussfadenabstände dürfen die Kettfadenabstände nicht mehr als das 2-fache übersteigen.

Tabelle 1: Geometrische Eigenschaften der Faserstränge in Kett- und Schussrichtung für Carbongitter der Regel- und Sonderausführung

Art der Carbongitter	Eigenschaft	Kettfaden	Schussfaden
CARBOrefit Typ 1, Typ 3 Regelausführung	Fasergehalt [K]	$\geq 48 \text{ K}$ und $\leq 50 \text{ K}$	12 K
	Garnfeinheit [tex]	3.200 bis 3.500	800
	Rohdichte des ungetränkten Rovings ρ_f [g/cm ³]	1,74 bis 1,85	1,77
	Querschnittsfläche eines Faserstrangs $A_{f,nm}$ [mm ²]	$1,8 \leq A_{Kf,nm} \leq 1,95$	$A_{Sf,nm} = 0,45$
	Gitterweite a [mm]	$a_K = 12,7$	$a_S = 16 +0/-2,0$
CARBOrefit Typ 1, Typ 3 Sonderausführung	Fasergehalt [K]	$\geq 48 \text{ K}$ und $\leq 50 \text{ K}$	$\geq 12 \text{ K}$ und $\leq 50 \text{ K}$
	Garnfeinheit [tex]	3.200 bis 3.500	800 bis 3.500
	Rohdichte des ungetränkten Rovings ρ_f [g/cm ³]	1,74 bis 1,85	1,74 bis 1,85
	Querschnittsfläche eines Faserstrangs $A_{f,nm}$ [mm ²]	$1,8 \leq A_{Kf,nm} \leq 1,95$	$0,45 \leq A_{Sf,nm} \leq 1,95$
	Faserstrangmittenabstand a [mm]	$12,7 \leq a_{Kf,nm} \leq 50,8$	$16 +0/-2,0 \leq a_{Sf,nm} \leq 2 \times a_{Kf,nm}$
	zusätzliche Forderung für das Gitter		mind. 20 % der Querschnittsfläche der Kettfäden je m

Die Carbongitter müssen mit einem Tränkungsmittel (siehe 2.1.2) so imprägniert, getrocknet und ausreichend vernetzt werden, dass je nach Carbongittertyp, die Kennwerte nach Tabelle 2 erreicht werden.

Die Breite und Länge der Carbonbewehrung hängt von der zur Herstellung verwendeten Textilmaschine und vom Herstellungsverfahren ab.

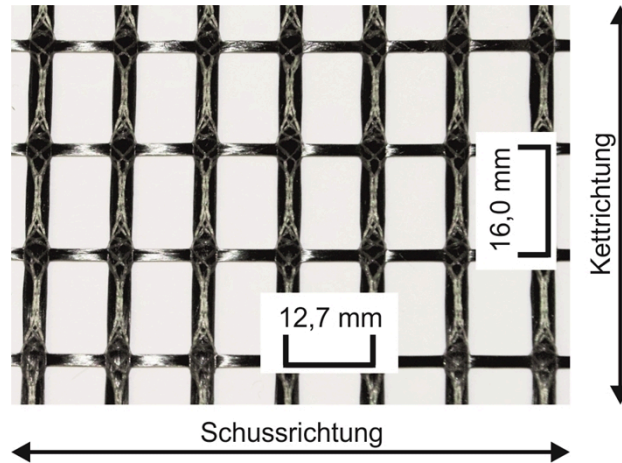


Bild 1: Getränkte Carbonbewehrung in Regelausführung (siehe Tabelle 1, 1. Zeile)

Zusammensetzung und Eigenschaften der Carbonfaserstränge und der Tränkung sowie die verfahrenstechnischen Parameter der Tränkung müssen den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben der Hersteller entsprechen.

Tabelle 2.1: Kenndaten der getränkten Faserstränge* der Carbongitterbewehrung **CARBOfit-Typ 1** und **3** für die werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung

	Eigenschaften der getränkten Faserstränge (Kett- und Schussfaserstränge)	Werte der Stichprobe	
		CARBOfit-Typ 1	CARBOfit-Typ 3
1	Zugfestigkeit des getränkten Faserstrangs* [N/mm ²] Mittelwert $f_{f,m}$	$\geq 1.700^{1)2)}$	$\geq 2700^{3)}$
2	Elastizitätsmodul des getränkten Faserstrangs* [N/mm ²] Mittelwert $E_{f,m}$	$\geq 170.000^{1)2)}$	$\geq 170.000^{3)}$
3	Variationskoeffizient der Zugfestigkeit des getränkten Faserstrangs*	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
4	Zugfestigkeit des getränkten Faserstrangs* [N/mm ²] im Carbonbeton $f_{f,nm,k}$ Charakteristischer Wert	≥ 1.550	≥ 2.250
5	Charakteristischer Wert der Bruchdehnung des getränkten Faserstrangs im Carbonbeton $\varepsilon_{f,nm,uk}$	$\geq 0,75 \%$	$\geq 1,1 \%$

	Eigenschaften der getränkten Faserstränge (Kett- und Schussfaserstränge)	Werte der Stichprobe	
		CARBOrefit-Typ 1	CARBOrefit-Typ 3
6	Elastizitätsmodul des getränkten Faserstrangs $[N/mm^2]$ $E_{f,nm,i}$ im Carbonbeton Einzelwert	≥ 160.000 ≤ 260.000	≥ 160.000 ≤ 260.000
7	charakteristischer Wert der auf die Faserstranglängsrichtung bezogenen Verbundfestigkeit eines Faserstrangs $T_{nm,k}$	$\geq 4,0 N/mm$	$\geq 10,0 N/mm$
* die getränkten Carbonfaserstränge sind den getränkten Carbongittern zu entnehmen. Bei Rollenware sind die getränkten Carbonfaserstränge von der Rolle zu entnehmen. Der zur Prüfung verwendete Biegerolldurchmesser darf an keiner Stelle unterschritten werden. 1) Prüfung in Kettrichtung entsprechend der beim DIBt hinterlegten Unterlagen (Anhang A, Abschnitt 1.3.1 oder 1.3.2) 2) Prüfung in Schussrichtung entsprechend der beim DIBt hinterlegten Unterlagen (Anhang A Abschnitt 1.3.1 oder 1.3.2) 3) Prüfung entsprechend den beim DIBt hinterlegten Unterlagen (Anhang A, Abschnitt 1.3.1)			

Tabelle 2.2: Beiwerte zu den Eigenschaften der getränkten Faserstränge der Carbongitterbewehrung **CARBOrefit**-Typ 1 und 3 (Ergebnis der Zulassungsprüfungen aber nicht der werkseigenen Produktionskontrolle)

	Beiwert zu den Eigenschaften der getränkten Faserstränge (Kett- und Schussfaserstränge)	Werte	
		CARBOrefit-Typ 1	CARBOrefit-Typ 3
1	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit für Temperatureinwirkung $\alpha_{T,t}$	0,85	1,0
2	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit bei Dauerlast $\alpha_{t\infty,t}$	0,70	0,70
3	Abminderungsfaktor für die dauerhafte Zugfestigkeit $\alpha_{D,t}$	1,0	1,0
4	Abminderungsfaktor für den Verbund der Textilbewehrung im Feinbeton bei Temperatureinwirkung $\alpha_{T,b}$	0,45	1,0
5	Abminderungsfaktor für den Verbund der Textilbewehrung im Feinbeton bei Dauerlast $\alpha_{t\infty,b}$	0,47	0,7
6	Abminderungsfaktor für den dauerhaften Verbund der Textilbewehrung im Feinbeton $\alpha_{D,b}$	1,0	1,0

2.1.2 Tränkungsmittel

Als Tränkungsmittel werden filmbildende Dispersionen verwendet. Mit dieser werden die Faserstränge unter definierten Herstellungsbedingungen imprägniert. Dadurch werden die einzelnen Filamente der Rovings umhüllt bzw. miteinander verbunden, wodurch der innere Verbund der Filamente in den Rovings hergestellt wird.

Der Typ der Carbongitterbewehrung nach Abschnitt 2.1.1, Tabellen 2.1 und 2.2, hängt vom verwendeten Tränkungsmittel ab. Die Zuordnung der Tränkungsmittel zu den Typen ist in Anlage 6 aufgeführt.

Zusammensetzung und Eigenschaften der Tränkungsmittel müssen den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben entsprechen.

2.1.3 CARBOrefit-Feinbeton

Der **CARBOrefit**-Feinbeton wird werkmäßig als Trockenmörtel hergestellt. Feinbetonproben müssen nach 28 d Erhärtung nach DIN EN 196-1 die in Tabelle 3 aufgeführten Eigenschaften aufweisen.

Zusammensetzung und Eigenschaften des Feinbetons sowie die verfahrenstechnischen Parameter für die Herstellung im Handlaminier- und Spritzverfahren müssen den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben entsprechen.

Tabelle 3: Kenndaten **CARBOrefit**- Feinbeton

Eigenschaften	CARBOrefit-Feinbeton
Druckfestigkeit (charakteristischer Wert)	$\geq 80 \text{ N/mm}^2$
Biegezugfestigkeit (charakteristischer Wert)	$\geq 6 \text{ N/mm}^2$
Elastizitätsmodul	$\geq 25.000 \text{ N/mm}^2$

2.2 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

2.2.1.1 Getränkte **CARBOrefit**-Carbongitter

Die Carbongitter dürfen nur aus den gemäß Abschnitt 2.1.1 hinterlegten Bestandteilen in den beim DIBt hinterlegten Werken¹ gefertigt werden.

Die Carbongitter sind so herzustellen, dass die Carbonfaserstränge in Kettrichtung und Schussrichtung ohne Welligkeit ausgerichtet, mit dem Tränkungsmittel vollständig imprägniert, getrocknet und ausreichend vernetzt werden.

Die Carbongitter vom Typ 1 können auf Rollen mit einem inneren Mindestrollendurchmesser von 30 cm und die Carbongitter vom Typ 3 auf Rollen mit einem inneren Mindestrollendurchmesser von 60 cm aufgerollt werden, wenn die wellenfreie Abrollbarkeit und ebenflächige Anwendbarkeit entsprechend der Anforderungen aus Abschnitt 3.3.7.4 demonstriert werden kann sowie Schädigungen der Tränkung ausgeschlossen sind.

2.2.1.2 Tränkungsmittel

Das Tränkungsmittel darf nur aus den gemäß Abschnitt 2.1.2 hinterlegten Bestandteilen in den beim DIBt hinterlegten Werken¹ gefertigt werden.

2.2.1.3 **CARBOrefit**-Feinbeton

Der **CARBOrefit**- Feinbeton darf aus den gemäß Abschnitt 2.1.3 hinterlegten Bestandteilen in den beim DIBt hinterlegten Werken¹ gefertigt werden.

2.2.2 Verpackung, Transport, Lagerung

2.2.2.1 Getränkte **CARBOrefit**-Carbongitter Typ 1 und 3

Beim Transport und der Lagerung müssen die Rollen der Carbongitter vor der Witterung und vor Verschmutzung durch die Verpackung geschützt werden. Sie können als Rollen mit dem unter 2.2.1.1 genanntem inneren Mindestrollendurchmesser oder als Platten geliefert werden.

2.2.2.2 Tränkungsmittel

Die Komponenten des Tränkungsmittels sind im Herstellwerk in gebrauchsfertige Arbeitspackungen (Gebinde) zu füllen und luftdicht zu verschließen. Die geschlossenen Behälter sind bei mindestens +5 °C und höchstens +25 °C Raumtemperatur zu lagern.

2.2.2.3 **CARBOrefit**-Feinbeton

Der Feinbeton ist in Säcke oder Großgebinde (big-bags) abzufüllen, die unter der Voraussetzung ordnungsgemäßer Handhabung und trockener sowie witterungsgeschützter Lagerung die Verwendungsfähigkeit des Trockenbetons für eine Zeitspanne von mindestens sechs Monaten (lagerstabil) sicherstellen.

¹ Die genaue Bezeichnung der Werke ist beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.

2.2.3 Kennzeichnung

2.2.3.1 Allgemeines

Die Bauprodukte bzw. deren Verpackung müssen vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

2.2.3.2 Getränkte **CARBOrefit**-Carbongitter

Der witterungsfeste Beipackzettel der Verpackungen der getränkten **CARBOrefit**-Carbon-gitter ist unverwechselbar mit folgenden Angaben zu versehen:

- Bezeichnung des Typs der **CARBOrefit**-Carbongitter Typ 1 und 3,
- Hersteller und Herstellwerk des Carbongitters,
- Hersteller der Tränkung,
- Typ des Carbongitters nach 2.1.1,
- Material des Faserstrangs nach Spalte 2 der oberen Tabelle in Anlage 6,
- Herstelldatum des Carbongitters,
- Chargennummer des Carbongitters,
- der Querschnitt der Faserstränge in Kettrichtung je m Gitterlänge in Schussrichtung und der Querschnitt der Faserstränge in Schussrichtung je m Gitterlänge in Kettrichtung,
- der Kett- und Schussfadenabstand (Achismaß der Faserstränge),
- bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen unter Angabe der Bescheidnummer.

2.2.3.3 **CARBOrefit**-Feinbeton

Die Verpackung des Feinbetons ist so zu kennzeichnen, dass der Verwender alle für die Verarbeitung erforderlichen Angaben erhält. Die Kennzeichnung erfolgt im Allgemeinen auf den Gebinden (z. B. Sackbeschriftung). Bei Lieferung in Großgebinden (big-bags) ist ein Begleitzettel mit den erforderlichen Angaben beizufügen. Es sind mindestens folgende Angaben zu machen:

- Name und Anschrift des Herstellwerkes,
- Produktbezeichnung des Feinbetons: **CARBOrefit**-Feinbeton,
- Füllgewicht in kg,
- Hinweise zur Herstellung und Verarbeitung von Frischbeton auf der Baustelle,
- höchstzulässige Menge des Zugabewassers,
- Dauer der Verwendungsfähigkeit einschließlich Herstelldatum und Lagerungsbedingungen, alternativ Verwendbarkeitsdatum und Lagerungsbedingungen,
- bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen unter Angabe der Bescheidnummer.

2.3 Übereinstimmungsbestätigung

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bauprodukte nach den Abschnitten 2.1.1 (getränkte **CARBOrefit**-Carbongitter) und 2.1.3 (**CARBOrefit**) mit den Bestimmungen der von dem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und eines Übereinstimmungszertifikates einer hierfür anerkannten Zertifizierungsstelle sowie einer regelmäßigen Fremdüberwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller des Bauprodukts eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Die Übereinstimmungserklärung hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats und eine Kopie des Erstprüfberichts nach Abschnitt 2.3.3 zur Kenntnis zu geben.

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk der Produkte nach Abschnitt 2.1.1 bis 2.1.3 ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Produkte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Der Nachweis der Materialeigenschaften des Tränkungsmittels ist entsprechend der beim DIBt hinterlegten Unterlagen (Kapitel 3, Tabelle 3) zu erbringen.

Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle der getränkten Carbongitter sind mindestens die Prüfungen entsprechend der beim DIBt hinterlegten Unterlagen (Kapitel 3, Tabelle 5) durchzuführen.

Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle des Feinbetons sind mindestens die Prüfungen nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2, durchzuführen.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle in den Herstellwerken der getränkten **CARBOrefit**-Carbongitter nach Abschnitt 2.1.1 und des **CARBOrefit**-Feinbetons nach Abschnitt 2.1.3 sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials, des verwendeten Typs und der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind dem Antragsteller zu übergeben, von diesem mindestens fünf Jahre aufzubewahren und soweit gefordert, der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauprodukte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk der getränkten **CARBOrefit**-Carbongitter nach Abschnitt 2.1.1 und des **CARBOrefit**-Feinbetons nach Abschnitt 2.1.3 ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch zweimal jährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der Bauprodukte durchzuführen und sind Proben für Stichprobenprüfungen zu entnehmen.

Für die Fremdüberwachung der **CARBOrefit**-Carbongitter sind die Prüfungen nach den beim DIBt hinterlegten Unterlagen durchzuführen.

Für die Fremdüberwachung des **CARBOrefit**-Feinbetons sind die Prüfungen nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2 durchzuführen.

Die Probenahme und Prüfung obliegen der Überwachungsstelle für die Fremdüberwachung. Die Ergebnisse der Zertifizierung und der Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik, der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde und dem Antragsteller auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

3.1 Planung

Der Carbonbeton zur Verstärkung von Stahlbetonbauteilen ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen zu planen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist. Zusätzlich zu den Bestimmungen nach Abschnitt 1.2 sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Die Mindestbetondeckung einer Lage Carbongitter beträgt sowohl zum Altbeton, zwischen den Lagen der Carbongitter als auch zur Oberfläche
 - 3 mm für den Typ 1 und
 - 5 mm für den Typ 3.

Bei ausschließlich konstruktiver Verwendung der Carbon-Bewehrungsgitter ist eine Kombination mit Stahlbewehrung möglich. Dabei ist ein direkter Kontakt zwischen dem Carbon-Bewehrungsgitter und der Stahlbewehrung zur Vermeidung von Kontaktkorrosion auszuschließen.

3.2 Bemessung

3.2.1 Allgemeines

Der Carbonbeton zur Verstärkung von Stahlbetonbauteilen ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen zu bemessen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.

3.2.2 Bemessung im GZT und GZG

Für die Bemessung und Konstruktion gilt Anlage 4.

Nach diesem Bescheid dürfen maximal 4 Lagen Carbongitter in einer Carbonbetonschicht eingebaut werden.

Den Fasersträngen der Carbongitter dürfen beim Standsicherheitsnachweis nur Zugkräfte zugewiesen werden. Übersteigt der Bemessungswert der Zugkraft der Carbonbewehrung den Bemessungswert der Zugkraft der Carbonbetonschicht nach Tabelle 4, Zeile 9, ist dieser auf den Tabellenwert als Obergrenze zu begrenzen.

Die Carbonbetonschicht darf auch in der Druckzone angeordnet sein. Übersteigt der Bemessungswert der Druckkraft in der Carbonbetonschicht den Wert nach Tabelle 4, Zeile 9, ist dieser auf den Tabellenwert als Obergrenze zu begrenzen.

Biegezugverstärkungen nach diesem Bescheid dürfen nur in Bereichen angeordnet werden, in denen rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich ist.

Zur Bestimmung des Bemessungswertes der auf die Fläche der Carbongitter bezogenen Zugfestigkeit nach Gleichung (aBG 3.1) von Anlage 4 und des Bemessungswertes der auf die Fläche der Carbongitter bezogenen Spannung des Carbonbetons bei abgeschlossener Rissbildung im Feinbeton nach Gleichung (aBG 3.2) von Anlage 4 gelten je nach Typ der **CARBOrefit**-Carbongitterbewehrung die Werte nach Tabelle 4.

Tabelle 4: Rechenwerte in Kettrichtung der Carbongitter **CARBOrefit**-Typ 1 und 3 als Eingangsdaten für die Bemessung

	Eigenschaften	CARBOrefit-Typ 1	CARBOrefit-Typ 3
	Längsfestigkeiten Carbonfaserstränge		
1	$f_{Kf,nm,k}$	1.550 N/mm²	2.250 N/mm²
2	$\varepsilon_{K,nm,uk}$	0,75 %	1,1 %
3	$E_{Kf,nm,m}$ für die Bemessung	206.667 N/mm²	206.667 N/mm²
4	$\alpha_{T,t}$	0,85	1,00
5	$\alpha_{t\infty,t}$	0,70	0,7
6	$\alpha_{D,t}$	1,0	1,0
7	γ_{nm}	1,2	1,2
8	$f_{Kf,nm,d}$ (Anlage 4, aBG 3.1)	768 N/mm²	1.300 N/mm²
9	Bemessungswert der Verstärkungskraft $F_{K,nm,d}$ (für Zug und Druck)	430 kN/m	430 kN/m
	Verbundfestigkeit der Carbonfaserstränge		
10	$T_{K,nm,k}$	4,0 N/mm	10,0 N/mm
11	$\alpha_{T,b}$	0,45	1,0
12	$\alpha_{t\infty,b}$	0,47	0,70
13	$\alpha_{D,b}$	1,0	1,0
14	$\gamma_{nm,b}$	1,5	1,5
15	$T_{K,nm,d}$	0,564 N/mm	4,7 N/mm
16	$l_{b,rqd}$ (Anlage 4, aBG 8.20)	2.450 mm	500 mm
	Betoneigenschaften der Carbonbetonschicht		
17	Bemessungswert der Druck- festigkeit f_{cd} der Carbon- betonschicht ($\gamma_c=1,5$ und $\alpha_{cc}=0,85$, s. auch Tabelle 3)	45 N/mm²	
18	Mittelwert des Elastizitätsmoduls E_{cm}	25.000 N/mm²	
	Im Rahmen dieses Bescheides dürfen nur Faserstränge des Carbongitters in Kett- richtung zur Verstärkung herangezogen werden.		
	1) Die Formelzeichen werden in Abschnitt 1.6 von Anlage 4 erklärt.		

Im Rahmen dieser Zulassung dürfen nur die Faserstränge des Carbongitters in Kettrichtung zur Verstärkung herangezogen werden.

Die für die Bemessung wichtigen geometrischen Eigenschaften der **CARBOrefit**-Carbongitter der Regelausführung in Kettrichtung sind:

$$a_{Kf,nm} = 140 \text{ mm}^2 / \text{m}, A_{Kf,nm} = 1,8 \text{ mm}^2 \text{ mit } n_K = 7,8 / \text{m}.$$

Die geometrischen Eigenschaften in Schussrichtung der **CARBOrefit**-Carbongitter der Regelausführung sind:

$$a_{Sf,nm} = 28 \text{ mm}^2 / \text{m}, A_{Sf,nm} = 0,45 \text{ mm}^2, \text{ mit } n_S = 62,5 / \text{m}.$$

Die für die Bemessung wichtigen geometrischen Eigenschaften der **CARBOfit**-Carbongitter der Sonderausführung in Kettrichtung sind wie folgt bestimmt:

$$n_K = \frac{1000}{a_{K[mm]}} \cdot \frac{1}{m}, \quad a_{Kf,nm} = A_{Kf,nm} \cdot n_K \quad \text{mit } A_{Kf,nm} = 1,8 \text{ mm}^2 \quad \text{und}$$

a_K Gitterweite der Faserstränge in Kettrichtung.

Die geometrischen Eigenschaften der **CARBOfit**-Carbongitter der Sonderausführung in Schussrichtung sind wie folgt bestimmt:

$$n_S = \frac{1000}{a_{S[mm]}} \cdot \frac{1}{m}, \quad a_{Sf,nm} = A_{Sf,nm} \cdot n_S \quad \text{mit } A_{Sf,nm} = 0,45 \text{ mm}^2 \quad \text{für Faserstränge mit 12 K und}$$
$$A_{Sf,nm} = 1,8 \text{ mm}^2 \quad \text{für Faserstränge mit 48 K / 50 K Fasergehalt und}$$

a_S Gitterweite der Faserstränge in Schussrichtung.

Die Formelzeichen werden in Abschnitt 1.6 von Anlage 4 erklärt.

3.2.3 Feuerwiderstand der Bauteile

Sofern Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile mit Carbonbetonverstärkung gestellt werden, ist die jeweils geforderte Feuerwiderstandsklasse im Einzelfall nachzuweisen.

3.3 Ausführung

3.3.1 Allgemeines

Der Carbonbeton zur Verstärkung von Stahlbetonbauteilen ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen auszuführen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.

Dieser Bescheid mit allen Anlagen sowie die Verarbeitungsvorschriften des Herstellers haben bei den Verstärkungsarbeiten auf jeder Baustelle vorzuliegen.

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Unternehmen ausgeführt werden, die ihre Eignung nachgewiesen haben. Die Eignung des ausführenden Unternehmens muss durch einen Eignungsnachweis nach den "Grundsätze für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton nach den gültigen allgemeinen Bauartgenehmigungen"² gegenüber einer dafür bauaufsichtlich anerkannten Prüfstelle erbracht werden.

Die qualifizierte Führungskraft nach den "Grundsätzen für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton nach den gültigen allgemeinen Bauartgenehmigungen"² muss während der entscheidenden Phasen auf der Baustelle anwesend sein und die begleitenden Kontrollen nach Abschnitt 3.3.7 und 3.3.8 durch das Baustellenfachpersonal nach den "Grundsätzen für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton nach den gültigen allgemeinen Bauartgenehmigungen"² durchführen lassen und selbst stichprobenartig überprüfen.

Die Herstellung der Verstärkung darf nur von Baustellenfachpersonal nach der "Grundsätzen für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton nach den gültigen allgemeinen Bauartgenehmigungen"² ausgeführt werden.

²

Deutsches Institut für Bautechnik:
Grundsätze für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton mit Bausätzen nach den gültigen allgemeinen Bauartgenehmigungen (Fassung Februar 2021)

3.3.2 Erfassen des Ist-Zustandes des zu verstärkenden Bauteils

Folgende für die rechnerischen Nachweise und für die Ausführung relevanten Eigenschaften jedes zu verstärkenden Bauteilabschnitts sind zu erfassen und mit einer entsprechenden Bewertung zu dokumentieren:

- die Oberflächenzugfestigkeit des zu verstärkenden Bauteils vor der Oberflächenvorbehandlung³ gemäß DIN EN 1542,
- die Betondruckfestigkeitsklasse nach DIN EN 13791,
- Stahlart, Lage und Erhaltungszustand der vorhandenen Bewehrung,
- die Betondeckung der vorhandenen Bewehrung sowie deren Karbonatisierungstiefe,
- Lage, Verlauf und Breite von Rissen, sofern diese zur Korrosion der innen liegenden Bewehrung führen können,
- gegebenenfalls Angaben zu Schadstoffen im Beton, die zur Korrosion der Bewehrung oder des Betons führen können (z. B. Chloridkonzentration).

3.3.3 Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil

Es dürfen nur Bauteile aus Normalbeton bis zur Festigkeitsklasse C50/60 verstärkt werden.

Die untere Konfidenzschranke $f_{ctm,surf}$ (mit 95 % Zuverlässigkeit (einseitig)) für den Erwartungswert (Mittelwert) der Oberflächenzugfestigkeit der Betonoberfläche im Bereich der Verstärkungsflächen aus den Messungen mit unbekannter Varianz nach Abschnitt 3.3.2 ist gemäß Anlage 5 zu bestimmen. Er muss mindestens 1,0 N/mm² betragen.

Im Bereich der Verstärkungsflächen muss die Betondeckung mindestens 10 mm betragen.

Eine leitende Verbindung zwischen Stahlbewehrung und Carbonbewehrung ist zur Vermeidung von Kontaktkorrosion wirksam auszuschließen.

Die Erfüllung der Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil ist vor Beginn der Maßnahmen zu prüfen und zu dokumentieren.

3.3.4 Anforderungen an die Carbongitter und den Feinbeton

Es dürfen nur die in Abschnitt 2.1.1 angegebenen Carbongittern und der in Abschnitt 2.1.3 angegebene Feinbeton verwendet werden. Die gleichzeitige Anwendung verschiedener Carbongitter nach Abschnitt 2.1.1 in einer Carbonbetonschicht ist nicht zulässig. Die Bauprodukte dürfen nur innerhalb des auf der Verpackung angegebenen Zeitraums verwendet werden.

Gitter die auf Rollen geliefert werden, müssen nach dem Abwickeln eine Ebene bilden können.

3.3.5 Oberflächenvorbereitung für die Betonbauteile

Damit für Verstärkungsmaßnahmen mit Carbonbeton an Betonbauteilen der angestrebte Erfolg nach Art, Güte und Dauer sicher erreicht werden kann, muss der betreffende Beton an seiner Oberfläche bestimmte Eigenschaften haben. Um dies zu erreichen, ist eine Untergrundvorbereitung erforderlich.

Risse im Beton im Bereich der Verstärkung, die zur Korrosion der Bewehrung führen können oder Risse mit Flüssigkeitsdurchtritt sind gemäß der TR Instandhaltung zu behandeln.

Die Verstärkungsfläche muss frei von losen Teilen sein. Ferner dürfen keine parallel zur Oberfläche oder schalenförmig im oberflächennahen Bereich verlaufenden Risse und Ablösungen sowie keine artfremden Stoffe wie Gummiabrieb, Trennmittel, ungeeignete Altbeschichtungen, Ausblühungen, Öl, Bewuchs u. ä. vorhanden sein, die den Verbund zur Feinbetonschicht einschränken könnten. Solche Bereiche sind vor der Oberflächenvorbereitung vollständig zu entfernen.

³

Im Bereich der Messstellen muss dabei die Oberfläche staubfrei, sowie frei von losen Teilen sein. Ferner dürfen keine parallel zur Oberfläche oder schalenförmig im oberflächennahen Bereich verlaufenden Risse und Ablösungen, sowie keine artfremden Stoffen wie Gummiabrieb, Trennmittel, ungeeignete Altbeschichtungen, Ausblühungen, Öl, Bewuchs u. ä. vorhanden sein, die keine zuverlässige Ermittlung der Oberflächenzugfestigkeit ermöglichen.

Die zu verstärkende Altbetonoberfläche muss für das Aufbringen der ersten Feinbetonschicht vorbereitet werden, bis die Gesteinskörnung mit einem Durchmesser > 4 mm sichtbar wird, z. B. durch

- Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln,
- Kugelstrahlen,
- Bearbeitung mit einer Nadelpistole,
- Hochdruckwasserstrahlen (HDW).

Die mittlere Rautiefe der Betonoberfläche muss mindestens 1,0 mm betragen.

Die zu verstärkende Altbetonoberfläche sollte möglichst ebenflächig sein. Bei Unebenheiten im Bereich >3 mm bis 30 mm müssen diese reprofiliert werden. Die Reprofilierung hat mit dem Feinbeton nach 2.1.3 durch Spritzen oder Handauftrag zu erfolgen. Bei Unebenheiten >30 mm ist eine gesonderte Bewertung durch den Tragwerkplaner erforderlich. Ausgenommen hiervon sind punktuelle Fehlstellen im Beton wie Betonabplatzungen oder Kiesnester. Diese sind fachgerecht freizulegen und mit dem Feinbeton nach 2.1.3 durch Spritzen oder Handauftrag zu reprofilieren. Die Bereiche der Reprofilierung werden vor dem Überschreiten der Verarbeitungszeit des Feinbetons durch Besenstrich aufgeraut. Zu einem beliebigen Zeitpunkt kann dann mit dem Spritzen oder Handlaminieren der ersten Schicht Feinbeton für die Carbonbetonschicht begonnen werden.

Nach der Untergrundvorbereitung ist die Oberflächenzugfestigkeit des Betonuntergrundes gemäß DIN EN 1542 zu prüfen. Die untere Konfidenzschranke $f_{ctm,surf}$ (mit 95 % Zuverlässigkeit (einseitig)) für den Erwartungswert (Mittelwert) der Oberflächenzugfestigkeit der Betonoberfläche oder der reprofilierten Betonoberfläche im Bereich der Verstärkungsflächen ist gemäß Anlage 5 zu ermitteln. Der Erwartungswert des Mittelwerts $f_{ctm,surf}$ muss mindestens 1,0 N/mm² betragen. Sofern in der Statik der Carbonbetonverstärkung ein höherer Wert angesetzt wurde, ist dieser nachzuweisen. Kann die geforderte Oberflächenzugfestigkeit nicht erzielt werden, ist vor Durchführung der Verstärkungsarbeiten der sachkundige Planer zu informieren. Gegebenenfalls können weitere Prüfungen erforderlich werden.

Zum Auftrag der Carbonbetonschicht muss die Oberfläche "feucht" im Sinne der TR Instandhaltung, Teil 1, Abschnitt 7.3.3.5 sein. Dies kann durch folgendes Vorbehandlungsregime erreicht werden:

- Altbetonoberfläche erstmals mindestens 24 h vor dem Aufbringen der Verstärkung kräftig vornässen,
- Anschließend Oberfläche im Intervall von 2h tagsüber nachnässen und über Nacht mit Folie abdecken,
- Altbetonoberfläche letztmalig ca. 20 min vor dem Aufbringen der Verstärkung vornässen.

3.3.6 Spritz- und Laminierarbeiten

Die Bahnen der Carbongitter nach Abschnitt 2.1.1 dürfen nicht abgekantet oder scharfen Querpressungen ausgesetzt werden. Sie dürfen, falls erforderlich, auf der Baustelle mit einer geeigneten Schere passend geschnitten werden. Der kleinste Biegedurchmesser, der bei der Handhabung und außerhalb des statisch wirksamen Bereichs der Carbongitter nicht unterschritten werden darf, beträgt 30 mm für das Carbongitter vom Typ 1. Die Carbongitter vom Typ 3 besitzen einen Mindestbiegedurchmesser von 150 mm.

Die Carbongitterbahnen müssen staub- und fettfrei sein.

Während der Spritz- bzw. Laminierarbeiten muss die Temperatur von Luft und Betonbauteilen im Bereich von 5 °C bis 30 °C liegen. Das Spritzen des Feinbetons erfolgt im Dichtstromverfahren mit der MAWO Mantelluftstromdüse (siehe Anlage 3).

Das Mischen des Feinbetons muss gemäß den Angaben des Herstellers erfolgen.

Sollen Bauteile mehrlagig mit Carbongitter bewehrt werden, muss nach der Einarbeitung einer Lage Carbongitter zunächst immer eine Schicht Feinbeton auflaminiert bzw. aufgespritzt

werden. Anschließend wird die frisch eingearbeitete Lage Carbongitter erneut durch Spritzen oder Handlaminieren mit einer Schicht Feinbeton überdeckt.

Jede Lage muss in die zugehörige Feinbetonschicht eingearbeitet sein, bevor deren Verarbeitungszeit überschritten ist. Die Bauteile dürfen vom Moment des Auftragens des Feinbetons über das Einarbeiten der Lagen der Carbongitter bis zur Erhärtung des Feinbetons keinen Erschütterungen und Bewegungen ausgesetzt sein.

Die Carbonbetonschichten müssen im ausgehärteten Zustand eben bzw. frei von Aufwellungen nach Abschnitt 3.3.7.4 sein.

Ist eine Arbeitsunterbrechung zwischen dem Aufbringen mehrerer Lagen Carbongitter erforderlich, wird die letzte Lage vor dem Überschreiten der Verarbeitungszeit des Feinbetons mit einer Schicht Feinbeton durch Spritzen oder Handlaminieren überdeckt und anschließend durch Besenstrich aufgeraut. Zu einem beliebigen Zeitpunkt kann dann mit dem Spritzen oder Handlaminieren der nächsten Schicht Feinbeton fortgesetzt werden.

Nach 3.1 beträgt die Mindestbetondeckung einer Lage Carbongitter sowohl zum Altbeton, zwischen den Lagen der Carbongitter als auch zur Oberfläche 3 mm für den Typ 1 und 5 mm für den Typ 3. Daraus folgen die Mindestdicken der aufgespritzten und handlaminieren Carbonbetonschicht in Abhängigkeit von der Anzahl der Lagen der Carbongitter nach Tabelle 5.

Tabelle 5: Mindestdicke der Carbonbetonschicht in Abhängigkeit von der Anzahl der Lagen der Carbongitter

Anzahl der Lagen der Carbongitter*	Mindestdicke der Carbonbetonschicht in Abhängigkeit von der Anzahl der Lagen [mm]	
	CARBOrefit Typ 1	CARBOrefit Typ 3
1	6	10
2	9	15
3	12	20
4	15	25
* Die im Projekt enthaltene Anzahl der Carbongitterlagen muss vom Planer unter Berücksichtigung von Tabelle 4, Zeile 9 vorgegeben werden		

Vor der Belastung des Bauwerks müssen Abreißprüfungen nach DIN EN 1542 am Bauwerk, sowie Verbundprüfungen an gesondert hergestellten Carbonbetonprobekörpern nach Abschnitt 3.3.7.4 durchgeführt werden und die dort gestellten Anforderungen erfüllen. In der Regel erfolgt dies nach 28 Tagen.

In Bereichen, in denen die Gefahr einer mechanischen Beschädigung nach dem Einbau nicht auszuschließen ist, müssen die Carbonbetonschichten davor geschützt werden.

3.3.7 Prüfungen während der Ausführung

3.3.7.1 Überprüfung der Voraussetzungen

Der Bauausführende hat sich davon zu überzeugen, dass

- a) die Carbongitter und der Feinbeton das Übereinstimmungszeichen nach dieser Zulassung aufweisen,
- b) das Verbrauchsdatum noch nicht abgelaufen ist,
- c) die in den Abschnitten 3.3.1 bis 3.3.6 genannten Bedingungen eingehalten sind.

3.3.7.2 Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit

Auf der gemäß Abschnitt 3.3.5 vorbehandelten Betonfläche wird an mindestens fünf Stellen die Oberflächenzugfestigkeit des Betons gemäß DIN EN 1542 mit Ringnut ermittelt.

3.3.7.3 Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons

Die Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons erfolgt entsprechend Anlage 2, Tabelle 1.

3.3.7.4 Kontrolle nach der Ausführung

Die Ebenheit der Carbongitterlage in der Feinbetonschicht ist zu überprüfen. Dabei darf auf einer Prüfstrecke von 30 cm die Abweichung von einer ebenen Fläche nicht mehr als $\Delta h = 1 \text{ mm}$ betragen.

Einsinnige Krümmungen, welche die gezogenen Carbonbetonschichten gegen den Altbeton drücken (konvexe Krümmungen), sind ausführbar. Bei einsinniger Krümmungen, welche die gezogenen Carbonbetonschichten vom Altbeton wegziehen (konkave Krümmungen), ist ein statischer Nachweis entsprechend Anlage 4, Abschnitt aBG 6.2.5.1, Absatz (aBG 3) zu führen.

Vor Belastung des verstärkten Bauteils sind Abreißprüfungen nach Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 9 an Stellen durchzuführen, an denen der Wegfall des Bewehrungsquerschnitts durch die Ringbohrung keinen Einfluss auf die Tragfähigkeit hat. Diese Stellen sind durch den Tragwerksplaner vorzugeben. Bei diesen Abreißprüfungen muss die untere Konfidenzschranke des Erwartungswertes (Mittelwerts) der Oberflächenzugfestigkeit $f_{\text{ctm,surf}}$, welche gemäß Anlage 5 zu bestimmen sind, mindestens $1,0 \text{ N/mm}^2$ betragen. Sofern in der Statik der Carbonbetonverstärkung ein höherer Wert angesetzt wurde, ist dieser nachzuweisen. Kann die geforderte Haftzugfestigkeit nicht erzielt werden, ist vor Belastung des Bauteils der sachkundige Planer zu informieren. Gegebenenfalls können weitere Prüfungen erforderlich werden.

Weiterhin sind vor der Belastung des Bauwerks Verbundprüfungen (siehe Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 10) an gesondert hergestellten Carbonbetonprobekörpern durchzuführen. Die gesondert hergestellten Prüfkörper sind aus denselben Feinbetonmischungen und Chargen der Carbongitter wie die Carbonbetonschicht herzustellen und unter den gleichen Bedingungen zu lagern, wie das verstärkte Bauteil selbst.

3.3.8 Überwachung der Ausführung

3.3.8.1 Allgemeines

Für die Überwachung der Ausführung gilt die DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen", Teil 3, Abschnitt 2. Neben der Überwachung durch das ausführende Unternehmen besteht eine Überwachungspflicht durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle.

Die Erfüllung der Voraussetzungen gemäß Abschnitt 3.3.8.2 sowie die Vollständigkeit der Überwachung durch den Bauausführenden gemäß Anlage 2 sind durch die Überwachungsstelle zu kontrollieren.

3.3.8.2 Voraussetzungen

Das ausführende Unternehmen muss seine Eignung zur bestimmungsgemäßen Herstellung von Verstärkungen von Betonbauteilen mit Carbonbeton durch eine geltende Bescheinigung gemäß den "Grundsätzen für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton mit Bausätzen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen Bauartgenehmigungen"² gegenüber einer dafür bauaufsichtlich anerkannten Prüfstelle nachweisen.

Das ausführende Unternehmen muss über eine qualifizierte Führungskraft und über Baustellenfachpersonal gemäß "Grundsätze für den Eignungsnachweis zur Ausführung von Arbeiten zur Verstärkung von Betonbauteilen mit Carbonbeton mit Bausätzen nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen Bauartgenehmigungen"² verfügen.

3.3.8.3 Aufzeichnungen

Jedes ausführende Unternehmen hat eine Liste der ausgeführten Bauobjekte zu führen und der Überwachungsstelle auf Verlangen vorzulegen. Die Liste muss mindestens folgende Angaben enthalten:

1. Name, Ort und Art des Bauobjektes
2. Beschreibung des verstärkten Bauteils
3. Anzahl der Lagen, Abmessungen und Typ der Carbongitter

4. Aufsteller und Prüfer der statischen Berechnung, Verstärkungsgrad
5. Zeitpunkt der Verstärkung
6. Eigenschaften von Beton und Betonstahl nach Abschnitt 3.3.2
7. Art, Bezeichnung und Menge des verbrauchten Feinbetons
8. Name des Bauleiters, des Kolonnenführers und des Düsenführers, der Spritzbeton oder das Auftragen des Feinbetons per Hand bereits ausgeführt hat (SIVV-Schein)
9. Ergebnisse der folgenden Kontrollen bzw. Prüfungen:
 - Lufttemperatur und Bauteiltemperatur beim Einbau,
 - relative Luftfeuchten beim Einbau,
 - Oberflächenzugfestigkeit des Betons vor dem Verstärken,
 - Einstellung des Mantelluft-Drucks nach Anlage 3, Abschnitt 3
 - Abreißprüfung der Carbonbetonschicht nach Abschnitt 3.3.7.4 bzw. Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 9,
 - Ebenheit der Carbongitterlagen in der Feinbetonschicht und
 - Verbundtragfähigkeit der Carbongitter im Feinbeton nach Abschnitt 3.3.7.4 bzw. Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 10.

Folgende technische Spezifikationen werden in diesem Bescheid in Bezug genommen:

DIN EN 196-1:2016-11	Prüfverfahren für Zement - Teil 1: Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1:2016
DIN EN 10204:2005-01	Metallische Erzeugnisse; Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 1542:1999-07	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch; Deutsche Fassung EN1542:1999
DIN EN 13791:2008-05	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007
Technische Regel (DIBt) Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung): 2020-05	Teil 1 - Anwendungsbereich und Planung der Instandhaltung Teil 2 - Merkmale von Produkten oder Systemen für die Instandsetzung und Regelungen für deren Verwendung
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (Hrsg.): "DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen" - Oktober 2001 –	Berichtigung – Januar 2002 – 2. Berichtigung - Dezember 2005 –; 3. Berichtigung September 2014 – Berlin: Beuth, 2014 (Vertriebs-Nr. 65030)

Dr. Lars Eckfeldt
Referatsleiter

Beglaubigt
Groth

Tabelle 1: Werkseigene Produktionskontrolle der Ausgangsstoffe des Feinbetons

	1	2	3	4
	Gegenstand der Prüfung	Prüfung	Anforderung	Häufigkeit
1	Zement	Lieferschein und Verpackungsaufdruck bzw. Silozettel	Bezeichnung und Festigkeitsklasse gemäß den beim DIBt hinterlegten Angaben, Unterlagen zur Konformitätsbewertung	Jede Lieferung
2	Gesteins- körnung	Lieferschein ^{a, b} und Unterlagen zur Bescheinigung der Konformität, Sichtprüfung auf Art der Gesteinskörnung	Art und Herkunft gemäß den beim DIBt hinterlegten Angaben	Jede Lieferung
3		Kornzusammensetzung, Siebanalyse nach DIN EN 933-1	Übereinstimmung der Korngruppen mit den beim DIBt hinterlegten Korngrößenverteilungen	Jede Lieferung
4		Prüfung auf Verunreinigungen und schädliche Bestandteile gemäß DIN EN 12620 unter Berücksichtigung von DIN 1045-2	Einhalten der Bestimmungen von DIN EN 12620 unter Berücksichtigung von DIN 1045-2 Übereinstimmung mit der bestellten Korngruppe, Kornform, ausreichende Kornfestigkeit, keine Verunreinigungen	Jede Lieferung
5	Gesteins- körnung nach Trocknung	Restfeuchte	Restfeuchte i. M. $\leq 0,1$ M.-% (Einzelwert $\leq 0,2$ M.-%)	Jeder Produktionstag und vor erster Herstellung
6		Kornzusammensetzung, Siebanalyse nach DIN EN 933-1	Einhaltung der werkseitig vorgegebenen Zusammensetzung der Korngruppen	Mindestens je 1000 t bzw. alle 5 Produktionstage
7	Zusatzmittel ^c	Prüfung des Lieferscheins ^b und der Beschriftung auf dem Behälter nach DIN EN 934-6	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung hinsichtlich Bezeichnung und Wirkungsgruppe entspricht. Unterlagen zur Konformitätsbewertung	Jede Lieferung
8	Zusatzstoffe, pulverförmig ^c	Prüfung des Lieferscheins ^b	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat, Unterlagen zur Konformitätsbewertung	Jede Lieferung

^a Der Lieferschein oder das Produktdatenblatt muss auch Angaben über den Höchstchloridgehalt enthalten sowie eine Klassifizierung hinsichtlich der Alkali-Kieselsäure-Reaktion nach der DAfStb Alkali-Richtlinie.

^b Dem Lieferschein muss eine Leistungserklärung des Herstellers, wie in der entsprechenden Norm oder Festlegung gefordert, beigefügt sein.

^c Es wird empfohlen, Proben bei jeder Lieferung zu entnehmen und zu lagern.

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung
Werkseigene Produktionskontrolle des Feinbetons

Anlage 1
Seite 1 / 4

Tabelle 2: Werkseigene Produktionskontrolle des Feinbetons

	1	2	3	4	5
	Gegenstand der Prüfung	Prüfung	Prüfnorm	Anforderung	Häufigkeit
1	Bestandteile der Trockenmischung	Granulometrie (Durchgänge in M.-%)	DIN EN 12192-1	Ø min % max % 2 mm100100 1 mm95100 0,5 mm71,781,7 0,25 mm51,761,7 0,125 mm44,554,5 0,063 mm40,950,9	Jede zehnte Charge, alle 50 t, mindestens einmal je Produktionstag
2	Frischbeton	Ausbreitmaß t = 10 Minuten	DIN EN 1015-3	17 cm bis 21 cm.	
3		Rohdichte t = 10 Minuten	DIN EN 1015-6	2,07 kg/dm³ bis 2,27 kg/dm³	
4		Luftporen- gehalt t = 10 Minuten	DIN EN 1015-7	1,5 Vol.- % bis 4,5 Vol.-%	
6	Festbeton	Biegezug- festigkeit¹	DIN EN 196-1	24h ≥ 3,0 N/mm² 7d ≥ 5,0 N/mm² 28d ≥ 6,0 N/mm²	Jede zehnte Charge, nach jeweils 50 t, mindestens einmal je Produktionstag. Je nachdem welche Variante die häufigsten Prüfungen erfordert
7		Druck- festigkeit¹	DIN EN 196-1 Lagerung der Probekörper gemäß DIN EN 12390-2, Anhang NA.	24h ≥ 15,0 N/mm² 7d ≥ 40,0 N/mm² 28d ≥ 80,0 N/mm²	
8		Rohdichte	DIN EN 1015-10	1,95 kg/dm³ bis 2,15 kg/dm³	
9		Gehalt an Zusatzstoffen	Aufzeichnen der zugegebenen Menge	Überprüfen des Gehaltes in Übereinstimmung mit den beim DIBt hinterlegten Angaben	Jede Charge
10		Gehalt an Zusatzmittel	Aufzeichnen der zugegebenen Menge		Jede Charge

¹ Mittelwert eines Prismensatzes, mindestens drei Prismensätze

Fremdüberwachung des Feinbetons

Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle und alle Prüfungen nach Tabellen 1 und 2 stichprobenartig.

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung
Werkseigene Produktionskontrolle des Feinbetons

Anlage 1
Seite 2 / 4

Tabelle 3: Kontrolle der Werksausstattung

	1	2	3	4
	Gegenstand der Prüfung	Prüfung	Anforderungen	Häufigkeit
1	Abmessvorrichtung für den Zement	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
			Einhalten der Sollmasse mit einer Genauigkeit von 3 %	Vor Beginn der Herstellung, dann mindestens monatlich
2	Abmessvorrichtung für die Gesteinskörnung	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
			Einhalten der Sollmasse mit einer Genauigkeit von 3 %	Vor Beginn der Herstellung, dann mindestens monatlich
3	Abmessvorrichtung für die Betonzusatzstoffe	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
			Einhalten der Sollmasse mit einer Genauigkeit von 3 %	Vor Beginn der Herstellung, dann mindestens monatlich
4	Abmessvorrichtung für die Betonzusatzmittel	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
			Einhalten der Sollmasse oder der Sollmenge mit einer Genauigkeit von 3 %	Vor Beginn der Herstellung, dann mindestens monatlich
5	Mischwerkzeuge	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Vor Beginn der Herstellung, dann mindestens monatlich
6	Abfüllvorrichtungen	Funktionskontrolle	Innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen gemäß Eichgesetz	Mindestens je Herstelltag
7	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit	Vor Inbetriebnahme, dann in angemessenen Zeitspannen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung
Werkseigene Produktionskontrolle des Feinbetons

Anlage 1
Seite 3 / 4

Normative Verweise:

DIN EN 12620:2008-07	Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1:2008
DIN/TS 18004:2022-10	Anwendungen von Bauprodukten in Bauwerken - Prüfverfahren für Gesteinskörnungen für Beton nach DIN 1045-2
DIN 1045-2:2023-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 2: Beton
DIN EN 933-1:2012-03	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren; Deutsche Fassung EN 933-1:2012
DIN EN 934-6:2006-03	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität; Deutsche Fassung EN 934-6:2001 + A1:2005
DIN EN 12192-1:2002-09	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Korngrößenverteilung - Teil 1: Prüfverfahren für Trockenkomponenten von Fertigmörtel; Deutsche Fassung EN 12192-1:2002
DIN EN 12390-2:2019-10	Prüfung von Festbeton - Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2019
DIN EN 1015-3:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 3: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Ausbreittisch); Deutsche Fassung EN 1015-3:1999 + A1:2004 + A2:2006
DIN EN 1015-6:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 6: Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-6:1998 + A1:2006
DIN EN 1015-7:1998-12	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 7: Bestimmung des Luftgehaltes von Frischmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-7:1998
DIN EN 1015-10:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 10: Bestimmung der Trockenrohichte von Festmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-10:1999 + A1:2006
DIN EN 196-1:2016-11	Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1:2016
Richtlinie SIB des DAfStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): "DAfStb Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen Oktober 2001" Berlin: Beuth, 2001 (Vertriebs Nr. 65030) und Berichtigung – Januar 2002 -; 2. Berichtigung - Dezember 2005 –; 3. Berichtigung September 2014 – (http://www.dafstb.de/application/BerichtigungRL-SIB2001-10_2002-01.pdf , http://www.dafstb.de/application/ZweiteBerichtigungRL-SIB2001-10_2005-12.pdf , http://www.dafstb.de/application/3_Berichtigung_Spritzmoertel_Vergussbeton2014-09-12_Internet.pdf)

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung
Werkseigene Produktionskontrolle des Feinbetons

Anlage 1
Seite 4 / 4

Tabelle 1: Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons auf der Baustelle

	1	2	3	4
	Gegenstand der Prüfungen	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit der Prüfung
1	Trockenmischung	Angaben auf dem Gebinde oder Begleitzettel	Augenscheinprüfung/ Übereinstimmung mit der Systembezeichnung	Jede Lieferung
2	Zugabewasser	Prüfung nach DIN EN 1008	Sicherstellen, dass das Wasser frei von betonschädlichen Bestandteilen ist	Sofern es sich nicht um Trinkwasser handelt oder wenn eine neue Quelle erstmalig verwendet wird
3	Frischbeton	Sichtprüfung	Kein Bluten oder Separieren erkennbar	Jede Mischung
4		Frischbeton-konsistenz gemäß DIN EN 1015-3, Ausbreitmaß $t = 10$ Minuten	17 cm bis 21 cm	Bei Herstellung der Probekörper für die Festigkeitsprüfung sowie in Zweifelsfällen
5		Frischmörtel-Rohdichte nach DIN EN 1015-6	2,07 kg/dm ³ bis 2,27 kg/dm ³	Je 100 m ² , mindestens einmal je Arbeitstag
6	Erhärteter Feinbeton	Prüfung nach DIN EN 196-1 Lagerung der Probekörper gemäß DIN EN 12390-2 Anhang NA	Biegezugfestigkeit ¹ : 7d mindestens 5,0 N/mm ² 28d mindestens 5,5 N/mm ²	Eine Prüfung je angefangene 250 m ² oder mindestens 2 Prüfungen je Projekt
7		Prüfung nach DIN EN 196-1 Lagerung der Probekörper gemäß DIN EN 12390-2, Anhang NA	Druckfestigkeit ¹ 7d mindestens 40,0 N/mm ² 28d mindestens 72,0 N/mm ²	mindestens 3 Proben je Prüfung
8		Haftzugfestigkeit am Bauwerk gemäß DIN EN 1542, entsprechend "Besondere Bestimmungen", Abschnitt 3.4.7.4	untere Konfidenzschranke des Erwartungswertes (Mittelwerts) der Oberflächenzug-festigkeit $f_{ctm,surf}$, mindestens 1,0 N/mm ² , sofern in der statischen Bemessung ein höherer Wert angesetzt wurde, ist dieser nachzuweisen	Eine Einzelprüfung je angefangene 250 m ² und mindestens 2 Prüfungen je Projekt, Mindestens drei Proben je Prüfung, Einzelprüfungen gleichmäßig über die Fläche verteilt.

¹ Anforderungen beziehen sich auf den Mittelwert eines Prismensatzes von mindestens drei Prismen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons auf der Baustelle

Anlage 2
Seite 1 / 3

Tabelle 1 (Fortsetzung): Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons auf der Baustelle

	1	2	3	4
	Gegenstand der Prüfungen	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit der Prüfung
9	Gesondert hergestellte Carbonbetonprüfkörper gemäß Prüfplan, Anhang A, Abschnitt 3 oder 4	Verbundprüfung entsprechend Prüfplan, Anhang A, Abschnitt 3 oder 4	Anforderungen gemäß Prüf- und Kontrollplan (beim DIBt hinterlegt), Anhang A, Abschnitt 3.8 oder 4.7	Eine Prüfung je angefangene 250 m ² Mindestens drei Proben je Prüfung Sofern die Mindestwerte gemäß Prüfplan, Anhang A, Abschnitt 3.8 oder 4.7 mit Auswertung nach Abschnitt 5 nicht erfüllt sind, können ergänzende Proben geprüft werden. <u>Zusätzliche Rückstellproben für ggfs. zusätzliche Prüfungen sind zu empfehlen</u>

Tabelle 2: Kontrolle der Technischen Einrichtungen zur Prüfung und Herstellung des Feinbetons

	Gegenstand der Prüfungen	Prüfung	Anforderungen	Häufigkeit der Prüfung
1	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit und Ablesbarkeit	Bei Inbetriebnahme, dann monatlich
2	Abmessvorrichtung für das Trockengemisch (bei Großgebinden mit chargenweiser Entnahme)	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Jeder Herstelltag
			Einhalten der Sollmasse mit einer Genauigkeit von 3 M.-%	Monatlich
3	Abmessvorrichtung für Wasser und flüssige Betonzusatzmittel	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Jeder Herstelltag
			Einhalten der Sollmenge mit einer Genauigkeit von 3 %	Monatlich

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons auf der Baustelle

Anlage 2
Seite 2 / 3

	Gegenstand der Prüfungen	Prüfung	Anforderungen	Häufigkeit der Prüfung
4	Mischwerkzeuge	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag

Normative Verweise:

DIN EN 1015-3:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 3: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel (mit Ausbreittisch); Deutsche Fassung EN 1015-3:1999 + A1:2004 + A2:2006
DIN EN 1015-6:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 6: Bestimmung der Rohdichte von Frischmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-6:1998 + A1:2006
DIN EN 1015-7:1998-12	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 7: Bestimmung des Luftgehaltes von Frischmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-7:1998
DIN EN 1015-10:2007-05	Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 10: Bestimmung der Trockenrohichte von Festmörtel; Deutsche Fassung EN 1015-10:1999 + A1:2006
DIN EN 1008:2002-10	Zugabewasser für Beton - Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton; Deutsche Fassung EN 1008:2002
DIN EN 12390-2:2019-10	Prüfung von Festbeton - Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2019
DIN EN 1542:1999-07	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch; Deutsche Fassung EN 1542:1999
DIN EN 196-1:2016-11	Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1:2016
Richtlinie SIB des DAfStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): "DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen - Oktober 2001 Berlin: Beuth, 2001 (Vertriebs Nr. 65030)" und Berichtigung – Januar 2002 –; 2. Berichtigung - Dezember 2005 –; 3. Berichtigung September 2014 – (http://www.dafstb.de/application/BerichtigungRL-SIB2001-10_2002-01.pdf , http://www.dafstb.de/application/ZweiteBerichtigungRL-SIB2001-10_2005-12.pdf , http://www.dafstb.de/application/3_Berichtigung_Spritzmoertel_Vergussbeton2014-09-12_Internet.pdf)

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Kontrolle der Eigenschaften des Feinbetons auf der Baustelle

Anlage 2
Seite 3 / 3

1 Allgemeine Hinweise

Die Applikation des Feinbetons erfolgt im Dichtstrom-Nassspritzverfahren mit der "MAWO" Mörtel-Spritzdüse. Für den Auftrag des CARBOrefit® Feinbeton wird die MAWO-Düse in der Ausführung "Fein" verwendet.

Die gebrauchsfertige Feinbeton-Nassmischung wird mittels einer Mörtelpumpe bis zur MAWO-Düse gefördert und dort mit der zugeführten Druckluft ummantelt, beschleunigt und auf die Auftragsfläche gespritzt. Der Abstand der Spritzdüse zu Auftragsfläche sollte mindestens 30 cm betragen. Bauseitig ist für eine zuverlässige Funktion der Spritzdüse eine Druckluftbereitstellung von mindestens 5 m³/Minute erforderlich. Der Mantelluft-Druck ist gemäß den Empfehlungen in Abschnitt 3 einzustellen.

2 Beschreibung der MAWO-Düse

Die MAWO-Düse besteht aus der MAWO Mörtelzuführung in Abbildung 1 und der Düse in Abbildung 2. Die Abbildung 3 zeigt die MAWO Mantelluftstromdüse im gebrauchsfertigen Zustand. Die Anschlüsse der Spritzdüse haben folgende Abmessungen: 1" Außengewinde, Schlauchaufnahme DN 25 oder DN 35.



Bild 1: Mörtelzuführung



Bild 2: MAWO-Düse



Bild 3: MAWO Mantelluftstromdüse

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

MAWO Mantelstromdüse

Anlage 3
Seite 1 / 2

3 Empfehlungen zur Einstellung des Mantelluft-Drucks

Die Einstellung der Druckluftunterstützung bzw. des Mantelluft-Drucks erfolgt durch den Düsenführer je nach Lage des Bauteils und nach Abstand der Düse zur Spritzunterlage. Nachfolgend wird ein bauseitig durchzuführendes Näherungsverfahren zur Überprüfung des Mantelluft-Drucks vorgestellt.

Die Prüfung erfolgt ohne Spritzgut. Es wird der Luftdruck im Bereich der Mantelstromdüse eingestellt. Der Luftstrom wird in einen Eimer mit einem Abstand zum Eimerboden von ca. 30 cm, mittig eingeleitet. Die Höhe des Eimers soll ca. 25 cm und der Durchmesser ca. 27,5 cm betragen. Die aus dem Luftstrom resultierende Druckkraft wird mittels einer digitalen Waage bestimmt. Die Waage ist nach Aufsetzen des Eimers zu tarieren. Der Versuchsaufbau ist in Bild 4 dargestellt. Der maximal zulässige Mantelluft-Druck beträgt 0,75 bar, was einem Anzeigewert der Waage von 390 g entspricht.



Bild 4: Versuchsanordnung zur Einstellung des Mantelluft-Drucks

Die nachstehende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Mantelluft-Druck und Anzeigewert der Waage.

Tabelle 1: Anzeigewert der Digitalwaage und Mantelluft-Druck.

Anzeige in Gramm	Mantelluft-Druck in bar
130	0,25
260	0,50
390	0,75

BEMESSUNG UND KONSTRUKTION

Vorwort

- (aBG 1) Das Präfix aBG kennzeichnet in dieser Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung die zur DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA², ergänzten Abschnitte, Absätze, Bilder, Tabellen und Gleichungen.
- (aBG 2) Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung regelt die Bemessung der Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit Carbonbeton.
- (aBG 3) Diese Anlage ist inhaltlich entsprechend DIN EN 1992-1-11 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA2 aufgebaut. Soweit nachfolgend nicht anders geregelt, gelten die entsprechenden Abschnitte von DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA².

- | | |
|---|--|
| <p>¹ DIN EN 1992-1-1:2011-01</p> <p>DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03</p> <p>² DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04</p> <p>DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12</p> | <p>Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010</p> <p>Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004/A1:2014</p> <p>Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau</p> <p>Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Änderung A1</p> |
|---|--|

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 1 / 32

Inhalt

1.1	Anwendungsbereich	10
1.1.1	Anwendungsbereich des Eurocode 2	10
1.1.2	Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1	10
aBG 1.1.3	Anwendungsbereich der allgemeinen Bauartgenehmigung	10
1.2	Normative Verweisungen.....	10
1.2.1	Allgemeine normative Verweisungen	10
1.2.2	Weitere normative Verweisungen	10
1.3	Annahmen	11
1.4	Unterscheidungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	11
1.5	Begriffe	11
1.5.1	Allgemeines	11
1.5.2	Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm	11
1.6	Formelzeichen	11
2	GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG	12
2.1	Anforderungen.....	12
2.1.1	Grundlegende Anforderungen	12
2.1.2	Behandlung der Zuverlässigkeit	13
2.3	Basisvariablen	13
2.3.1	Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	13
2.3.2	Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	13
2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	14
2.4.1	Allgemeines	14
2.4.2	Bemessungswerte	14
2.4.3	Kombinationsregeln für Einwirkungen	14
2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit	14
2.5	Versuchsgestützte Bemessung	14
2.6	Zusätzliche Anforderungen an Gründungen	14
2.7	Anforderungen an Befestigungsmittel	14
NA.2.8	Bautechnische Unterlagen	14
NA.2.8.1	Umfang der bautechnischen Unterlagen	14
NA.2.8.2	Zeichnungen	15

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 2 / 32

NA.2.8.3	Statische Berechnungen.....	15
NA.2.8.4	Baubeschreibung	15
3	BAUSTOFFE	15
3.1	Beton	15
3.1.1	Allgemeines	15
3.1.2	Festigkeiten.....	15
3.1.3	Elastische Verformungseigenschaften	15
3.1.4	Kriechen und Schwinden.....	15
3.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen.....	15
3.1.6	Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit.....	15
3.1.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung.....	15
3.1.8	Biegezugfestigkeit.....	15
3.1.9	Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	16
3.2	Betonstahl	16
3.2.1	Allgemeines	16
3.2.2	Eigenschaften	16
3.2.3	Festigkeiten.....	16
3.2.4	Duktilitätsmerkmale.....	16
3.2.5	Schweißen.....	16
3.2.6	Ermüdung.....	16
3.2.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung.....	16
3.3	SPANNSTAHL	16
3.3.1	Allgemeines.....	16
3.3.2	Eigenschaften.....	16
3.3.3	Festigkeiten.....	16
3.3.4	Duktilitätseigenschaften.....	17
3.3.5	Ermüdung.....	17
3.3.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung.....	17
3.3.8	Spannstähle in Hüllrohren.....	17
3.4	KOMPONENTEN VON SPANNSYSTEMEN	17
3.4.1	Verankerungen und Spanngliedkopplungen	17
3.4.2	Externe Spannglieder ohne Verbund.....	17
aBG 3.5	Baustoffe für eine Verstärkung mit Carbonbeton	17

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton	Anlage 4 Seite 3 / 32
Bemessung und Konstruktion	

aBG 3.6	Zu verstärkendes Bauteil	18
4	DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG	19
4.1	Allgemeines	19
4.2	Umgebungsbedingungen	19
4.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	19
4.4	Nachweisverfahren	19
4.4.1	Betondeckung.....	19
5	ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖßEN	19
5.1	Allgemeines	19
5.1.1	Grundlagen	19
5.1.2	Besondere Anforderungen an Gründungen	19
5.1.3	Lastfälle und Einwirkungskombinationen.....	19
5.1.4	Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung)	19
5.2	Imperfektionen	20
5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen	20
5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen.....	20
5.3.2	Geometrische Angaben	20
5.4	Linear-elastische Berechnung	20
5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung	20
5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	20
5.6.1	Allgemeines	20
5.6.2	Balken, Rahmen und Platten	20
5.6.3	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	20
5.6.4	Stabwerkmodelle	20
5.7	Nichtlineare Verfahren	20
5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	20
5.8.1	Begriffe	20
5.8.2	Allgemeines	20
5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	20
5.8.4	Kriechen	21
5.8.5	Berechnungsverfahren	21
5.8.6	Allgemeines Verfahren.....	21
5.8.7	Verfahren mit Nennsteifigkeiten.....	21
CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton		Anlage 4 Seite 4 / 32
Bemessung und Konstruktion		

5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung	21
5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	21
5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger	21
5.10	Spannbetontragwerke	21
5.10.1	Allgemeines	21
5.10.2	Vorspannkraft während des Spannvorgangs	21
5.10.3	Vorspannkraft nach dem Spannvorgang	21
5.10.4	Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund	21
5.10.5	Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund	21
5.10.6	Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund	21
5.10.7	Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung	21
5.10.8	Grenzzustand der Tragfähigkeit	21
5.10.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung	21
5.11	Berechnung für ausgewählte Tragwerke	21
aBG 5.12	Querzugnachweis am Ende der Carbonbetonschicht	22
6	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT)	22
6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein	22
6.2	Querkraft	22
6.2.1	Nachweisverfahren	22
6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	22
6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	22
6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	22
6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen	22
aBG 6.2.6	Schubkraftübertragung in Fugen	23
6.3	Torsion	23
6.3.1	Allgemeines	24
6.3.2	Nachweisverfahren	24
6.3.3	Wölbkrafttorsion	24
6.4	Durchstanzen	24
6.4.1	Allgemeines	24
6.4.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	24
6.4.3	Nachweisverfahren	24
6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	24

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton	Anlage 4 Seite 5 / 32
Bemessung und Konstruktion	

6.4.5	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung	24
6.5	Stabwerkmodelle	24
6.5.1	Allgemeines	24
6.5.2	Bemessung der Druckstreben.....	24
6.5.3	Bemessung der Zugstreben	24
6.5.4	Bemessung der Knoten	24
6.6	Verankerung der Längsbewehrung und Stöße	24
6.7	Teilflächenbelastung	24
6.8	Nachweis gegen Ermüdung	24
6.8.1	Allgemeines	25
6.8.2	Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung.....	25
6.8.3	Einwirkungskombinationen.....	25
6.8.4	Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl.....	25
6.8.5	Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten	25
6.8.6	Vereinfachte Nachweise.....	25
6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung.....	25
7	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT (GZG)	25
7.1	Allgemeines	25
7.2	Begrenzung der Spannungen Beton, Betonstahl und Spannstahl	25
7.3	Begrenzung der Rissbreiten	25
7.3.1	Allgemeines	25
7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite	25
7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung.....	25
7.3.4	Berechnung der Rissbreite.....	25
7.4	Begrenzung der Verformungen	26
7.4.1	Allgemeines	26
7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung	26
7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung	26
8	ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Stababstände von Betonstählen	26
8.3	Biegen von Betonstählen	26
8.4	Verankerung der Längsbewehrung	26

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton	Anlage 4 Seite 6 / 32
Bemessung und Konstruktion	

8.4.1	Allgemeines	26
8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit	26
8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge.....	27
8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge	27
8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung	27
8.6	Verankerung mittels angeschweißter Stäbe	27
8.7	Stöße und mechanische Verbindungen	27
8.7.1	Allgemeines	27
8.7.2	Stöße.....	27
8.7.3	Übergreifungslänge.....	27
8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl	27
aBG 8.7.6	Übergreifungsstöße der Carbongitter	27
8.8	Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern	28
8.9	Stabbündel	28
8.9.1	Allgemeines	28
8.9.2	Verankerung von Stabbündeln.....	28
8.9.3	Gestoßene Stabbündel	28
8.10	Spannglieder	28
8.10.1	Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren	28
8.10.2	Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund	28
8.10.3	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund.....	28
8.10.4	Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder.....	28
8.10.5	Umlenkstellen	28
9	KONSTRUKTIONSREGELN	28
9.1	Allgemeines	28
9.2	Balken	28
9.2.1	Längsbewehrung	28
9.2.2	Querkraftbewehrung	29
9.2.3	Torsionsbewehrung	29
9.2.4	Oberflächenbewehrung.....	29
9.2.5	Indirekte Auflager	29
9.3	Vollplatten	29
9.3.1	Biegebewehrung.....	29

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton	Anlage 4 Seite 7 / 32
Bemessung und Konstruktion	

9.3.2	Querkraftbewehrung	29
9.4	Flachdecken	30
9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen	30
9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen	30
9.4.3	Durchstanzbewehrung	30
9.5	Stützen	30
9.5.1	Allgemeines	30
9.5.2	Längsbewehrung	30
9.5.3	Querbewehrung	30
9.6	Wände	30
9.6.1	Allgemeines	30
9.6.2	Vertikale Bewehrung	30
9.6.3	Horizontale Bewehrung	30
9.6.4	Querbewehrung	30
9.7	Wandartige Träger	30
9.8	Gründungen	30
9.8.1	Pfahlkopfplatten	30
9.8.2	Einzel- und Streifenfundamente	30
9.8.3	Zerrbalken	30
9.8.4	Einzelfundament auf Fels	30
9.8.5	Bohrpfähle	30
9.9	Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche)	31
9.10	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	31
9.10.1	Allgemeines	31
9.10.2	Ausbildung von Zugankern	31
9.10.3	Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern	31
10	ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN	31
11	ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON	31
12	TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON	31
ANHANG A – MODIFIKATION VON TEILSICHERHEITSBEIWERTEN FÜR BAUSTOFFE		31
ANHANG B – KRIECHEN UND SCHWINDEN		31
ANHANG C – EIGENSCHAFTEN DES BETONSTAHLs		31

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 8 / 32

ANHANG D – GENAUERE METHODE ZUR BERECHNUNG VON SPANNKRAFTVERLUSTEN AUS RELAXATION	31
ANHANG E – INDIKATIVE MINDESTFESTIGKEITSKLASSEN ZUR SICHERSTELLUNG DER DAUERHAFTIGKEIT	31
ANHANG F – GLEICHUNGEN FÜR ZUGBEWEHRUNG FÜR DEN EBENEN SPANNUNGSZUSTAND	31
ANHANG G – BODEN-BAUWERK-INTERAKTION	31
ANHANG H – NACHWEISE AM GESAMTTTRAGWERK NACH THEORIE II. ORDNUNG	32
ANHANG I – ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖßEN BEI FLACHDECKEN UND WANDSCHEIBEN	32
ANHANG J – KONSTRUKTIONSREGELN FÜR AUSGEWÄHLTE BEISPIELE	32

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 9 / 32

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 2

Keine Ergänzungen oder Änderungen

1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1

Keine Ergänzungen oder Änderungen

aBG 1.1.3 Anwendungsbereich der allgemeinen Bauartgenehmigung

(aBG 1) Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung enthält Grundregeln für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Verstärkungsmaßnahmen mit Carbonbeton für Tragwerke aus Beton und Stahlbeton.

(aBG 2) Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung gilt nicht für:

- das Verstärken von Stahlbetonbauteilen aus Leichtbeton;
- das Verstärken von Stahlbetonbauteilen mit vorgespannten Faserverbundwerkstoffen.

(aBG 3) Die Anforderungen an Produkte und Systeme für das Verstärken von Betonbauteilen gemäß der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sind zu beachten.

(aBG 4) Mit Carbonbeton dürfen vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile gemäß DIN EN 1990³ in Verbindung mit DIN EN 1990/NA⁴, Abschnitte 1.5.3.11, 1.5.3.12 und 4.1 verstärkt werden.

(aBG 5) Für die Anwendung dieser Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung muss der Erwartungswert des Mittelwertes der Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$ nach Anlage 6 und nach DIN EN 1542⁵ ermittelt werden und mindestens 1,0 N/mm² betragen.

1.2 Normative Verweisungen

1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

1.2.2 Weitere normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente sind für die Anwendung der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung zusätzlich zu den in DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA² aufgeführten Dokumenten erforderlich.

DIN EN 1504-2⁶, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton*

DIN EN 1542⁵, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch*

³	DIN EN 1990: 2010-12	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002+A1:2005+A1:2005/AC:2010
⁴	DIN EN 1990/NA:2010-12 DIN EN 1990/NA/A1:2012-08	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Änderung A1
⁵	DIN EN 1542:1999-07	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken Prüfverfahren - Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch Deutsche Fassung EN 1542:1999
⁶	DIN EN 1504-2:2005-01	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität - Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton; Deutsche Fassung EN 1504-2:2004

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 10 / 32

DIN V 18026⁷, *Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-26*

DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Ausgabe 2001

DBV-Merkblatt „Bauen im Bestand - Beton und Betonstahl“

1.3 Annahmen

(aBG 2) Die Annahmen nach DIN EN 1990³ in Verbindung mit DIN EN 1990/NA⁴ und DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA² werden bei Anwendung dieser Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung vorausgesetzt. In dieser Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung sind ergänzende und abweichende Regeln zu DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA² für das Verstärken von Betonbauteilen mit Carbonbeton enthalten.

1.4 Unterscheidungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln

Keine Ergänzungen oder Änderungen

1.5 Begriffe

1.5.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm

aBG 1.5.2.27 Feinbeton

Beton mit Größtkorn zwischen 1 mm bis 5 mm, der auf die Altbetonoberfläche im Handlaminiervverfahren oder durch ein spezielles Spritzverfahren aufgetragen wird und in den die getränkte Carbongitter eingearbeitet wird.

aBG 1.5.2.28 Getränkte Carbongitter

Aus Carbongarnen in Kett- und Schussrichtung hergestelltes Gitter, das an den Kreuzungspunkten mit einem Wirkfaden vernäht wird. Im Anschluss an die Herstellung auf der Textilmaschine wird das Gitter mit einem Kunststoff getränkt. Diese Tränkung dient dem Verbund der Einzelfasern eines Garns untereinander.

1.6 Formelzeichen

Die folgenden Formelzeichen sind für die Anwendung dieser Anlage zusätzlich zu den in DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA² aufgeführten erforderlich.

Große lateinische Buchstaben

$A_{Kf,nm}$ Querschnittsfläche eines Garns in Kettrichtung

$A_{Sf,nm}$ Querschnittsfläche eines Garns in Schussrichtung

$T_{K,nm,k}$ charakteristischer Wert der auf die Garnlängsrichtung bezogenen Verbundfestigkeit eines Garns in Kettrichtung des im Feinbeton eingebundenen Carbongitters [N/mm]

$T_{K,nm,d}$ Bemessungswert der auf die Garnlängsrichtung bezogenen Verbundfestigkeit eines Garns in Kettrichtung des im Feinbeton eingebundenen Carbongitters [N/mm]

Kleine lateinische Buchstaben

$a_{Kf,nm}$ Flächen der Carbonfasern in Kettrichtung bezogen auf 1 m Breite quer zur Kettrichtung [mm²/m]

⁷ DIN V 18026:2006-06 Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504-2:2005-01

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 11 / 32

$a_{sf,nm}$	Flächen der Carbonfasern in Schussrichtung bezogen auf 1 m Breite quer zur Schussrichtung [mm ² /m]
$f_{ctm,surf}$	Erwartungswert des Mittelwertes der Oberflächenzugfestigkeit des zu verstärkenden Betonbauteils (untere Vertrauensgrenze mit 95 % Zuverlässigkeit(einseitig))
$f_{Kf,nm,k}$	charakteristische Zugfestigkeit des Carbonbetons bezogen auf den Querschnitt der Carbonfasern in Kettrichtung
$f_{Kf,nm,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit des Carbonbetons bezogen auf den Querschnitt der Carbonfasern in Kettrichtung
$s_{r,K}$	Schlupf des im Feinbeton eingebundenen Carbongitters in Kettrichtung

Kleine griechische Buchstaben

$\alpha_{T,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit der getränkten Carbongarne für Temperatureinwirkung
$\alpha_{T,b}$	Abminderungsfaktor für den Verbund der getränkten Carbongarne im Feinbeton bei Temperatureinwirkung
$\alpha_{t\infty,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit der getränkten Carbongarne bei Dauerlast
$\alpha_{t\infty,b}$	Abminderungsfaktor für den Verbund der getränkten Carbongarne im Feinbeton bei Dauerlast
$\alpha_{D,t}$	Abminderungsfaktor für die dauerhafte Zugfestigkeit der getränkten Carbongarne
$\alpha_{D,b}$	Abminderungsfaktor für den dauerhaften Verbund der getränkten Carbongarne im Feinbeton
γ_{nm}	Teilsicherheitsbeiwert für die Zugfestigkeit des Carbonbetons
$\gamma_{nm,b}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Verbund der getränkten Carbongarne im Feinbeton
$\varepsilon_{nm,und,k}$	charakteristischer Dehnungswert zur Beschreibung der idealisierten bilinearen Materialkennlinie von Carbonbeton
$\varepsilon_{nm,uk}$	charakteristischer Wert der Bruchdehnung des Carbonbetons
$\sigma_{nm,und,k}$	charakteristischer Wert der Spannung zur Beschreibung der idealisierten bilinearen Materialkennlinie von Carbonbeton
n_K	Anzahl der Garne in Kettrichtung, je m Breite senkrecht zur Kettrichtung
n_S	Anzahl der Garne in Schussrichtung, je m Breite senkrecht zur Schussrichtung

2 Grundlagen der Tragwerksplanung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

- (aBG 4) Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die verwendete Produktkombination (System) aus Feinbeton und Carbongitterbewehrung muss für den entsprechenden Anwendungsbereich vorhanden sein.

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 12 / 32

(aBG 5) Der Nachweis der am Ort der Verwendung geforderten Feuerwiderstandsfähigkeit eines Bauteils, das nach der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung verstärkt wurde, ist nach DIN EN 1992-1-2⁸ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA⁹ ohne Anrechnung der Verstärkungswirkung des Carbonbetons zu führen. Wenn der Carbonbeton durch eine bauaufsichtlich zugelassene Brandschutzverkleidung vor der Temperatur- und Brandeinwirkung geschützt wird, ist dieser Nachweis nach den Regeln der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung zu führen.

2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.3 Basisvariablen

2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

2.3.1.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.3.1.2 Temperatúrauswirkungen

(aBG 4) Der Carbonbetonschicht dürfen oberhalb der Temperatur T_f nach den „Besonderen Bestimmungen“ der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / Allgemeinen Bauartgenehmigung, Abschnitt 1.2, keine Kräfte mehr zugewiesen werden.

ANMERKUNG: Für den Brandschutz der Carbonbetonschicht sind Brandschutzsysteme, die für die Brandschutzverkleidung von Carbonbetonverstärkungen allgemein bauaufsichtlich zugelassen sind, zu verwenden.

2.3.1.3 Setzungs-/Bewegungsunterschiede

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.3.1.4 Vorspannung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

2.3.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

2.3.2.1 Allgemeines

(aBG 3) Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil sind in Abschnitt aBG 3.6 enthalten.

⁸	DIN EN 1992-1-2:2010-12	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008
⁹	DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall;
	DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Änderung A1

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 13 / 32

(aBG 4)	Die Anforderungen an die Produkte sowie die Systeme für die Verstärkung sind in den "Besonderen Bestimmungen" der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung enthalten.		
2.3.2.2	Kriechen und Schwinden		
(aBG 4)	Um übermäßiges Kriechen zu verhindern, werden die Dauerverbundfestigkeit und die maximale Anwendungstemperatur in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / Allgemeinen Bauartgenehmigung des jeweiligen Bausatzes vorgegeben.		
2.3.3	Verformungseigenschaften des Betons		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.3.4	Geometrische Angaben		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten		
2.4.1	Allgemeines		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.2	Bemessungswerte		
2.4.2.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Schwinden		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.2.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.2.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.2.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe		
(aBG 4)	Für Verstärkungen aus Carbonbeton werden in Ergänzung zu DIN EN 1992-1-1 ¹ die Teilsicherheitsbeiwerte in den „Besonderen Bestimmungen“, Abschnitt 3.1 verwendet.		
2.4.2.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungen		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.3	Kombinationsregeln für Einwirkungen		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.5	Versuchsgestützte Bemessung		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.6	Zusätzliche Anforderungen an Gründungen		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
2.7	Anforderungen an Befestigungsmittel		
	<i>Keine Ergänzungen oder Änderungen</i>		
NA.2.8	Bautechnische Unterlagen		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="113 2016 1225 2134"> CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton Bemessung und Konstruktion </td> <td data-bbox="1225 2016 1501 2134"> Anlage 4 Seite 14 / 32 </td> </tr> </table>		CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton Bemessung und Konstruktion	Anlage 4 Seite 14 / 32
CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton Bemessung und Konstruktion	Anlage 4 Seite 14 / 32		

NA.2.8.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

NA.2.8.2 Zeichnungen

(aBG 5)P Die Bauteile sowie die Carbonbetonschichten sind auf den Zeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen. Die Darstellungen müssen mit den Angaben in der statischen Berechnung übereinstimmen und alle für die Ausführung der Bauteile und für die Prüfung der Berechnungen erforderlichen Maße enthalten.

(aBG 6)P Auf den Ausführungsplänen sind insbesondere anzugeben:

- der erforderliche Erwartungswert des Mittelwertes der Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$;
- Bezeichnungen und Komponenten des Verstärkungssystems;
- Anzahl, Abmessungen und Lage der Carbonbetonschichten;
- gegebenenfalls besondere Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

NA.2.8.3 Statische Berechnungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

NA.2.8.4 Baubeschreibung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3 Baustoffe

3.1 Beton

3.1.1 Allgemeines

(aBG 3)P Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung darf nur für Bauteile aus Normalbeton angewendet werden (siehe auch aBG 3.6).

3.1.2 Festigkeiten

(aBG 10)P Die Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$ ist gemäß Anlage 5 der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung zu bestimmen.

(aBG 11) Da es sich bei den zu verstärkenden Bauteilen um Bestandsbauteile handelt, kann in einigen Fällen, zum Beispiel zur Vordimensionierung, eine Umrechnung der Betonfestigkeit nötig sein, die nach dem DBV- Merkblatt „Bauen im Bestand - Beton und Betonstahl“ durchgeführt werden darf.

3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.4 Kriechen und Schwinden

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.8 Biegezugfestigkeit

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 15 / 32

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.1.9 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.2 Betonstahl

3.2.1 Allgemeines

(aBG 6) Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung darf auch bei Bauteilen mit Betonstählen und Bewehrungselementen, die nicht den Anforderungen der DIN EN 10080 bzw. DIN 488 entsprechen, angewendet werden.

3.2.2 Eigenschaften

(aBG 7) Bei der Verstärkung von Bestandsbauteilen nach der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung müssen die vorhandenen Betonstähle nicht DIN EN 1992-1-1¹ Abschnitte 3.2.2 (2), (3), (4), (5) und (6) erfüllen.

(aBG 8) Die Eigenschaften der vorhandenen Betonstähle nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 3.2.2 (1), sollten bekannt sein.

(aBG 9) Für Betonstähle ab 1952 dürfen die Streckgrenzen als charakteristische Werte verwendet werden. Anhaltswerte für ältere Betonstähle und Bewehrungselemente dürfen zum Beispiel dem DBV-Merkblatt „Bauen im Bestand - Beton und Betonstahl“ entnommen werden.

(aBG 10) Falls nicht gerippte Betonstähle verwendet worden sind, darf vereinfachend das Verbundverhalten eines Glattstahls angenommen werden.

3.2.3 Festigkeiten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.2.4 Duktilitätsmerkmale

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.2.5 Schweißen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.2.6 Ermüdung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.2.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3 Spannstahl

3.3.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3.2 Eigenschaften

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3.3 Festigkeiten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 16 / 32

3.3.4 Duktilitätseigenschaften

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3.5 Ermüdung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.3.8 Spannstähle in Hüllrohren

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.4 Komponenten von Spannsystemen

3.4.1 Verankerungen und Spanngliedkopplungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

3.4.2 Externe Spannglieder ohne Verbund

Keine Ergänzungen oder Änderungen

aBG 3.5 Baustoffe für eine Verstärkung mit Carbonbeton

(aBG 1) Es gelten die "Besonderen Bestimmungen" dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / Allgemeinen Bauartgenehmigung.

(aBG 2) Die Bemessungsgleichungen basieren auf Versuchen und theoretischen Überlegungen. In diesem Zusammenhang wurden geometrische und stoffliche Anwendungsgrenzen definiert. Die nachfolgenden Gleichungen gelten deshalb nur für den im Abschnitt aBG 3.6 angegebenen Bereich.

(aBG 3) Falls in einem Bemessungsfall einzelne Grenzwerte nach Abschnitt aBG 3.6 überschritten werden, können in die Bemessungsgleichungen die Grenzwerte nach Abschnitt aBG 3.6 eingesetzt werden, wenn das Ergebnis dadurch ungünstiger wird.

(aBG 4) Die Spannungs-Dehnungslinie bezogen auf den Querschnitt der Carbonfasern ist in Bild aBG 5.1 angegeben. Die Bemessungswerte der Festigkeiten $f_{Kf,nm,d}$ und $\sigma_{Kf,nm,und,d}$ sind wie folgt zu ermitteln:

$$f_{Kf,nm,d} = \alpha_{T,t} \cdot \alpha_{t\infty,t} \cdot \alpha_{D,t} \cdot f_{Kf,nm,k} / \gamma_{nm} \quad (\text{aBG 3.1})$$

und

$$\sigma_{Kf,nm,und,d} = \alpha_{T,t} \cdot \alpha_{t\infty,t} \cdot \alpha_{D,t} \cdot \sigma_{Kf,und,k} / \gamma_{nm} \quad (\text{aBG 3.2})$$

Dabei sind:

$f_{Kf,nm,k}$	charakteristischen Zugfestigkeit des Carbonbetons bezogen auf den Querschnitt der Carbonfasern in Kettrichtung
$\alpha_{T,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit für Temperatureinwirkung
$\alpha_{t\infty,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit für das Dauerstandverhalten
$\alpha_{D,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit für die Dauerhaftigkeit
γ_{nm}	Teilsicherheitsbeiwert für die Zugfestigkeit des Carbonbetons
$\varepsilon_{K,nm,undk}$	charakteristische Dehnung des Carbonbetons in Kettrichtung, bei abgeschlossener Rissbildung im Feinbeton

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 17 / 32

$\varepsilon_{K,nm,uk}$ charakteristische Wert der Bruchdehnung des Carbonbetons in Kettrichtung

$\sigma_{Kf,nm,und,k}$ charakteristischer Wert der Spannung des Carbonbetons in Kettrichtung bei abgeschlossener Rissbildung im Feinbeton

Weiterhin sind die Flächen der Carbonfasern in Kett- und Schussrichtung je m Breite senkrecht zur Garnrichtung von Bedeutung.

$a_{Kf,nm}$ Flächen der Carbonfasern in Kettrichtung bezogen auf 1 m Breite quer zur Kettrichtung [mm^2/m]

$a_{Sf,nm}$ Flächen der Carbonfasern in Schussrichtung bezogen auf 1 m Breite quer zur Schussrichtung [mm^2/m]

Die Werte für $f_{Kf,nm,k}$, $\alpha_{T,t}$, $\alpha_{t\infty,t}$, $\alpha_{D,t}$, γ_{nm} , $\varepsilon_{K,nm,und}$, $\varepsilon_{K,nm,uk}$, $\sigma_{Kf,nm,und,k}$, $a_{Kf,nm}$, und $a_{Sf,nm}$ sind im Abschnitt 3.1 der „Besonderen Bestimmungen“ angegeben.

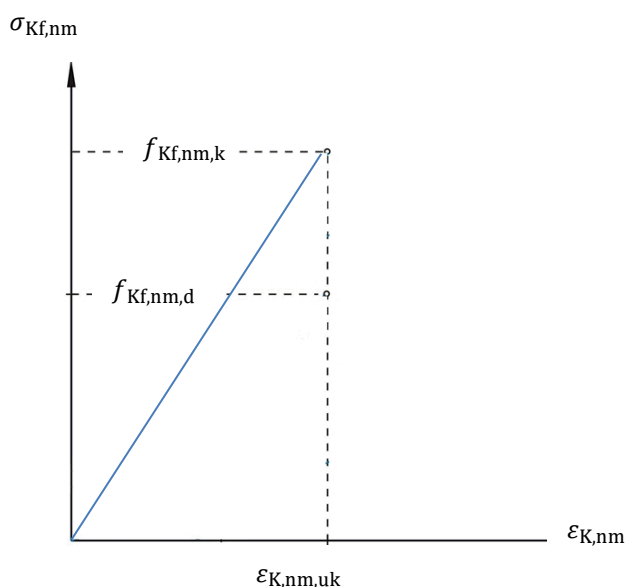


Bild aBG 5.1: Idealisierte Spannungs-Dehnungslinie für Carbonbeton

aBG 3.6 Zu verstärkendes Bauteil

- (aBG 1) Es dürfen nur Bauteile aus Normalbeton verstärkt werden, die an den für die Verstärkung vorbereiteten Oberflächen mindestens einen Erwartungswert des Mittelwertes der Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$ von $1,0 \text{ N/mm}^2$ aufweisen und deren Festigkeitsklasse C50/60 nicht überschreitet.
- (aBG 2) Der Durchmesser der Betonstahlbewehrung in der Biegezugzone des zu verstärkenden Bauteils darf nicht größer als 20 mm sein.
- (aBG 3) Die Bemessungsgleichungen gelten für planmäßig gerade bzw. ebene Bauteile. Bei konvex gekrümmten Bauteiloberflächen dürfen die Bemessungsgleichungen jedoch sinngemäß angewendet werden. Bei Verstärkung von Bauteilen mit konkaver Krümmung ist insbesondere der statische Nachweis nach Abschnitt aBG 6.2.5.1, Absatz (aBG 4) zu führen.

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 18 / 32

4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung

4.1 Allgemeines

(aBG 7) Die zulässigen Umgebungsbedingungen, wie Expositionsklassen und weitere Umwelteinflüsse (z. B. Temperatur) sowie die sich daraus ergebenden Maßnahmen werden in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung/ Allgemeinen Bauartgenehmigung des Verstärkungsbausatzes, Abschnitt 1.2 geregelt.

4.2 Umgebungsbedingungen

(aBG 4) Es gelten die Angaben nach Abschnitt 1.2 der „Besonderen Bestimmungen“ der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / Allgemeinen Bauartgenehmigung.

4.3 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

Keine Ergänzungen oder Änderungen

4.4 Nachweisverfahren

4.4.1 Betondeckung

4.4.1.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

4.4.1.2 Mindestbetondeckung $c_{\min}$

Keine Ergänzungen oder Änderungen

4.4.1.3 Vorhaltemaß

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5 Ermittlung der Schnittgrößen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Grundlagen

(aBG 15) Die Berechnung der Schnittgrößen nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitte 5.5 und 5.6, bei Biegebeanspruchung ist nur dann zugelassen, wenn sich im zu verstärkenden Bereich keine Reduktion der Schnittgrößen im Vergleich zur linear-elastischen Berechnung ergibt.

(aBG 16) Der im Feinbeton eingebundenen Carbongitterbewehrung dürfen planmäßig nur Zugkräfte zugewiesen werden.

(aBG 17) Auf der Zugseite müssen die vorhandenen Stahl- und Betondehnungen vor bzw. während der Verstärkungsmaßnahme berücksichtigt werden. Die vorhandenen Dehnungen sind dabei entweder wirklichkeitsnah mit den vorhandenen Einwirkungen oder vereinfachend auf Gebrauchstauglichkeitsniveau mit der quasi-ständigen Belastungskombination zu ermitteln.

5.1.2 Besondere Anforderungen an Gründungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.1.3 Lastfälle und Einwirkungskombinationen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.1.4 Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung)

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 19 / 32

5.2 Imperfektionen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.3 Idealisierungen und Vereinfachungen

5.3.1 Tragwerksmodelle für statische Berechnungen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.3.2 Geometrische Angaben

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.4 Linear-elastische Berechnung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.5 Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung

(aBG 7) Die Berechnung der Schnittgrößen nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 5.5, bei Biegebeanspruchung ist nur dann zugelassen, wenn sich im zu verstärkenden Bereich keine Reduktion der Schnittgrößen im Vergleich zur linear-elastischen Berechnung ergibt.

5.6 Verfahren nach der Plastizitätstheorie

5.6.1 Allgemeines

(aBG 6) Die Berechnung der Schnittgrößen nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 5.6, bei Biegebeanspruchung ist nur dann zugelassen, wenn sich im zu verstärkenden Bereich keine Reduktion der Schnittgrößen im Vergleich zur linear-elastischen Berechnung ergibt.

5.6.2 Balken, Rahmen und Platten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.6.3 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.6.4 Stabwerkmodelle

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.7 Nichtlineare Verfahren

(aBG 16) Die Berechnung der Schnittgrößen nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 5.7, ist bei einer Verstärkung mit Carbonbeton nicht zugelassen.

5.8 Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung

5.8.1 Begriffe

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.8.2 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

5.8.3 Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 20 / 32

- 5.8.4 Kriechen**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.8.5 Berechnungsverfahren**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.8.6 Allgemeines Verfahren**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.8.7 Verfahren mit Nennsteifigkeiten**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.8.8 Verfahren mit Nennkrümmung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.8.9 Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.9 Seitliches Ausweichen schlanker Träger**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10 Spannbetontragwerke**
- 5.10.1 Allgemeines**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.2 Vorspannkraft während des Spannvorgangs**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.3 Vorspannkraft nach dem Spannvorgang**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.4 Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.5 Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.6 Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.7 Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.8 Grenzzustand der Tragfähigkeit**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.10.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 5.11 Berechnung für ausgewählte Tragwerke**
Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 21 / 32

aBG 5.12 Querzugnachweis am Ende der Carbonbetonschicht

- (aBG 1) Die senkrecht zur Ebene der Carbonbetonschicht wirkende Zugspannung am Ende der Biegeverstärkung muss berücksichtigt werden, da es hier zu einem Versatzbruch kommen kann, bei dem sich der Beton am Ende der Carbonbetonschicht von der Betonstahlbewehrung ablöst. Der Versatzbruch ist in Bild aBG 5.2 schematisch dargestellt.
- (aBG 2) Diese abhebende Kraft gilt als ausreichend verankert, wenn der Nachweis nach Abschnitt aBG 6.2.6 erfüllt ist.

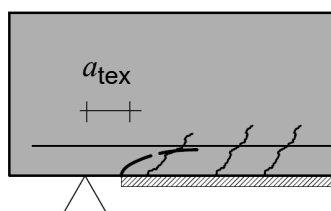


Bild aBG 5.2 – Schematische Darstellung des Versatzbruches

6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)

6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein

keine Ergänzungen oder Änderungen

6.2 Querkraft

6.2.1 Nachweisverfahren

- (aBG 12) Prinzipiell muss die Querkrafttragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 6.2, eingehalten sein.

6.2.2 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

- (aBG 8) Bei der Ermittlung des Bemessungswertes für den Querkraftwiderstand $V_{Rd,c}$ nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 6.2.2, dürfen die im Feinbeton eingebetteten Carbongitter nicht bei der Fläche der Zugbewehrung A_{sl} angerechnet werden.

6.2.3 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.2.4 Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.2.5 Schubkraftübertragung in Fugen

aBG 6.2.5.1 Nachweis des Verbundes zwischen Altbeton und Carbonbetonschicht

- (aBG 1) Der Nachweis der Verankerung der Carbonbetonschicht am Altbeton für ebene und konvex gekrümmte Oberflächen des Altbetons ist erbracht, wenn:
- die Bemessungskraft in der Carbonbetonschicht nach Tabelle 4, Zeile 9 und der Bemessungswert der Verankerungslänge nach Tabelle 4, Zeile 16 der besonderen Bestimmungen eingehalten werden und
 - die mittlere Rautiefe der Betonoberfläche des Altbetons mindestens 1 mm beträgt (siehe auch Abschnitt 3.4.5 der besonderen Bestimmungen).

(aBG 2) Für ebene und konvex gekrümmte Oberflächen des Altbetons erfolgt der Nachweis des Verbundes der Carbonbetonschicht zum Altbeton zwischen den Verankerungen auf der Grundlage von DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 6.2.5, insbesondere Gl. (6.25) wie folgt:

- Die Schubbeanspruchung der Fuge ist aus der Zugkraftänderung der Carbongitterbewehrung zu bestimmen. Der Bemessungswert des über die Fuge zu übertragenden Längskraftanteils ist dabei unter der Voraussetzung einer ebenen Dehnungsverteilung und unter Berücksichtigung des Versatzmaßes sowie der vorhandenen Dehnung der Betonstahlbewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung zu ermitteln.
- Für den Verbund der Carbonbetonschicht im Bereich zwischen den Verankerungen (siehe aBG 1) ist die Oberflächenzugfestigkeit im Altbeton nach Abschnitt 3.4.7.2 der "Besonderen Bestimmungen" zu bestimmen. Aus den Messwerten ist der charakteristische Wert der Oberflächenzug- bzw. Haftzugfestigkeit $f_{ctk,0,05,surf}$ nach DIN EN 1990, Tabelle D.1 (für V_x unbekannt) zu bestimmen. Der so bestimmte Wert darf als charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betons $f_{ctk,0,05}$ in Gleichung (3.16) zur Bestimmung des Bemessungswertes der Zugfestigkeit f_{ctd} nach DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA¹ verwendet werden. f_{ctd} dient dann zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit zwischen Altbeton und Carbonbetonschicht nach Gleichung (6.25).

(aBG 3) Bauteile dürfen auch in Bereichen konkaver Krümmung verstärkt werden, wenn beide nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- $1 \text{ N/mm}^2 + 5 \cdot p_{\text{konkav}} \leq f_{ctm,surf}$
mit $p_{\text{konkav}} = a_{Kf,nm} \cdot f_{Kf,nm,k} \cdot 1,5/r$ sowie $f_{ctm,surf}$ nach Abschnitt 3.4.7 der Besonderen Bestimmungen bzw. Anlage 5. Dabei ist $a_{Kf,nm}$ nach 1.6 dieser Anlage die Flächen der Carbonfasern in Kettrichtung bezogen auf 1 m Breite quer zur Kettrichtung [mm²/m] und r ist der Krümmungsradius. Er muss größer als 5 m sein.
- der Schubnachweis in der Fuge zwischen Altbeton und Carbonbetonschicht an der Verankerung und zwischen den Verankerungen nach Gl. (6.25) von DIN EN 1992-1-1¹ erfüllt ist für:

$$\sigma_n = a_{Kf,nm} \cdot \frac{\sigma_{Kf,nm,k}}{r} \text{ und } f_{ctd} \text{ nach Gl. (3.16) mit } f_{ctk,0,05} = f_{ctk,0,05,surf} - \sigma_n.$$

Dabei ist $\sigma_{Kf,nm,k}$ die Zugspannung in den Fasersträngen des Carbongitters an der Stelle der konkaven Krümmung der Carbonbetonschicht unter seltenen Einwirkungskombinationen und $f_{ctk,0,05,surf}$ der nach (aBG 2) ermittelte charakteristische Wert der Oberflächenzugfestigkeit des Altbetons.

aBG 6.2.6 Schubkraftübertragung in Fugen

(aBG 1) Die einwirkende Querkraft am Endauflager bzw. am Trägerende darf nicht größer sein als

$$V_{Rd,c,tex} = 0,75 \cdot \left(1 + 19,6 \frac{(100\rho_{s1})^{0,15}}{a_{tex}^{0,36}} \right) \cdot V_{Rd,ct} \quad (\text{aBG 6.121})$$

Dabei ist:

$V_{Rd,ct}$ der Bemessungswert des Querkraftwiderstandes nach DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA¹, Gleichungen (6.2.a) und (6.2.b) unter Berücksichtigung von Abschnitt 6.2.2 dieser Anlage

ρ_{s1} der Längsbewehrungsgrad der internen Betonstahlbewehrung ohne Carbongitter (nach DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA¹, Abschnitt 6.2.2)

a_{nm} der Abstand des Endes der Carbongitter von der Mitte des Endauflagers bzw. des Trägerendes (siehe Bild aBG 5.2)

6.3 Torsion

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 23 / 32

6.3.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.3.2 Nachweisverfahren

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.3.3 Wölbkrafttorsion

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.4 Durchstanzen

6.4.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.4.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.4.3 Nachweisverfahren

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.4.4 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung

(aBG 3) Bei der Ermittlung des Bemessungswertes für den Durchstanzwiderstand $v_{Rd,c}$ nach DIN EN 1992-1-11, Abschnitt 6.4.4, dürfen die im Feinbeton eingebundenen Carbongitter nicht bei der Fläche der Zugbewehrung A_{st} angerechnet werden.

6.4.5 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.5 Stabwerkmodelle

6.5.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.5.2 Bemessung der Druckstreben

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.5.3 Bemessung der Zugstreben

(aBG 4) Für die im Feinbeton eingebundene Bewehrung darf als Zugstrebenkraft nur die verankerbare Kraft angesetzt werden.

6.5.4 Bemessung der Knoten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.6 Verankerung der Längsbewehrung und Stöße

(aBG 5) Die Stöße der im Feinbeton eingebundenen Carbongitter sind gemäß aBG 8.7.6 zu behandeln.

6.7 Teilflächenbelastung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8 Nachweis gegen Ermüdung

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 24 / 32

6.8.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.2 Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.3 Einwirkungskombinationen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.4 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.5 Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.6 Vereinfachte Nachweise

Keine Ergänzungen oder Änderungen

6.8.7 Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

7.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

7.2 Begrenzung der Spannungen Beton, Betonstahl und Spannstahl

(aBG 8) Es gelten die Spannungsbegrenzungen nach DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA².

(aBG 9) Die Dehnung des Bewehrungsstahls darf unter seltener Einwirkungskombination im verstärkten Querschnitt auf

$$\varepsilon_s \leq \frac{f_{yk}}{E_s} \quad (\text{aBG 7.1})$$

begrenzt werden.

7.3 Begrenzung der Rissbreiten

7.3.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

7.3.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite

Keine Ergänzungen oder Änderungen

7.3.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

7.3.4 Berechnung der Rissbreite

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 25 / 32

7.4 Begrenzung der Verformungen

7.4.1 Allgemeines

(aBG 7) Die Grenzwerte für die Verformungen nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 7.4.1, sollten auch nach den Verstärkungsmaßnahmen eingehalten werden.

(aBG 8) Eine Berechnung der Verformungen kann nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 7.4.3, erfolgen.

7.4.2 Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung

(aBG 3) Ein Nachweis der Verformungen ohne direkte Berechnung nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 7.4.2, darf für verstärkte Bauteile im Regelfall nicht angewendet werden.

7.4.3 Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung

(aBG 8) Bei der Berechnung der Verformungen nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 7.4.3, darf die Wirkungsweise der Carbongitter im Feinbeton in dem Durchbiegungsparameter α berücksichtigt werden. Für die direkte Berechnung von Verformungen ist die charakteristische Materialkennlinie nach Bild aBG 5.1 von Carbonbeton zu verwenden, je nach Anwendungsfall kann gegebenenfalls auch die Mittelwertkurve verwendet werden.

(aBG 9) Die Verformungen zum Zeitpunkt der Verstärkung müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

8 Allgemeine Bewehrungsregeln

8.1 Allgemeines

(aBG 5) Es gelten die allgemeinen Bewehrungsregeln gemäß DIN EN 1992-1-1¹ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA², sofern nachfolgend nicht anders festgelegt.

8.2 Stababstände von Betonstählen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.3 Biegen von Betonstählen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.4 Verankerung der Längsbewehrung

8.4.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.4.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit

(aBG 3) Der Bemessungswert der auf die Garnlängsrichtung bezogenen Verbundfestigkeit eines Garns in Kettrichtung der im Feinbeton eingebundenen Carbongitter $T_{Kf,nmd}$ darf wie folgt ermittelt werden.

$$T_{K,nm,d} = \alpha_{T,b} \cdot \alpha_{t\infty,b} \cdot \alpha_{D,b} \cdot T_{K,nm} / \gamma_{nm,b} \quad (\text{aBG 8.19})$$

Dabei sind

$T_{K,nm,k}$ charakteristischer Wert der auf die Garnlängsrichtung bezogenen Verbundfestigkeit eines Garns in Kettrichtung der im Feinbeton eingebundenen Carbongitter [N/mm]

$\alpha_{T,b}$ Abminderungsfaktor für den Verbund der Carbongitter im Feinbeton bei Temperatureinwirkung

$\alpha_{t\infty,b}$ Abminderungsfaktor für den Verbund der Carbongitter im Feinbeton bei Dauerlast

$\alpha_{D,b}$ Abminderungsfaktor für den dauerhaften Verbund der Carbongitter im Feinbeton

$\gamma_{nm,b}$ Teilsicherheitsbeiwert für den Verbund der Carbongitter im Feinbeton

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 26 / 32

- (aBG 4) Die Werte für die Größen $T_{K,nm,k}$, $\alpha_{T,b}$, $\alpha_{t\infty,b}$, $\alpha_{D,b}$ und $\gamma_{nm,b}$ sind im Abschnitt 3.2 der „Besonderen Bestimmungen“ angegeben.

8.4.3 Grundwert der Verankerungslänge

- (aBG 5) Der erforderliche Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$ zur Verankerung der Kraft eines Garns unter Annahme einer konstanten Verbundspannung $T_{Kf,nm,d}$ folgt aus der Gleichung:

$$l_{b,rqd} = \sigma_{Kf,nm} A_{Kf,nm} / T_{K,nm,d} \quad (\text{aBG 8.20})$$

Dabei ist $\sigma_{Kf,nm}$ die vorhandene Spannung im GZT in einem Garn am Beginn der Verankerungslänge. Werte für $T_{K,nm,d}$ und $A_{Kf,nm}$ sind in den "Besonderen Bestimmungen", Abschnitt 3.2 angegeben.

8.4.4 Bemessungswert der Verankerungslänge

Der Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} darf wie folgt ermittelt werden:

$$l_{bd} = l_{b,rqd} \geq 100\text{mm} \quad (\text{aBG 8.21})$$

8.5 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.6 Verankerung mittels angeschweißter Stäbe

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.7 Stöße und mechanische Verbindungen

8.7.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.7.2 Stöße

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.7.3 Übergreifungslänge

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.7.4 Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.7.5 Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl

Keine Ergänzungen oder Änderungen

aBG 8.7.6 Übergreifungsstöße der Carbongitter

- (aBG 1) Die Carbongitter dürfen durch Übergreifung gestoßen werden.

- (aBG 2) Die Abschnitte der gestoßenen Carbongitter müssen sich im Stoß wechselweise mit l_{bd} nach Abschnitt 8.4.4 übergreifen.

- (aBG 3) Für nicht vorwiegend ruhende Beanspruchung sind Übergreifungsstöße in der Carbongitterbewehrung nicht zulässig.

8.8 Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.9 Stabbündel

8.9.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.9.2 Verankerung von Stabbündeln

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.9.3 Gestoßene Stabbündel

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.10 Spannglieder

8.10.1 Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.10.2 Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.10.3 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.10.4 Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder

Keine Ergänzungen oder Änderungen

8.10.5 Umlenkstellen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9 Konstruktionsregeln

9.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2 Balken

9.2.1 Längsbewehrung

9.2.1.1 Mindestbewehrung und Höchstbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2.1.2 Weitere Konstruktionsregeln

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2.1.3 Zugkraftdeckung

(aBG 5) Für jedes Bauteil sind die versetzte Zugkraft- und die Zugkraftdeckungsline für den Grenzzustand der Tragfähigkeit darzustellen. Ein Einschneiden der versetzten Zugkraftlinie ist nicht zulässig.

9.2.1.4 Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 28 / 32

9.2.1.5 Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenauflagern

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2.2 Querkraftbewehrung

(aBG 9) Carbonbeton als Querkraftzulage ist nicht zulässig.

9.2.3 Torsionsbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2.4 Oberflächenbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.2.5 Indirekte Auflager

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.3 Vollplatten

9.3.1 Biegebewehrung

9.3.1.1 Allgemeines

(aBG 6) Für jedes Bauteil sind die versetzte Zugkraft- und die Zugkraftdeckungslinie für den Grenzzustand der Tragfähigkeit darzustellen. Ein Einschneiden der versetzten Zugkraftlinie ist nicht zulässig.

(aBG 7) Bei Platten muss die Querbewehrung gemäß DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 9.3.1.1, vorhanden sein. Fehlende Querbewehrung darf durch Carbonbeton ergänzt werden.

(aBG 8) Bei einachsig gespannten Platten sind für die Querbewehrung 20 % der vorhandenen Betonstahlbewehrung auch bei verstärkten Bauteilen ausreichend.

(aBG 9) Bei gelenkig gelagerten Platten ist in der Regel mindestens die Hälfte der erforderlichen Feldbewehrung über das Auflager zu führen und dort sinngemäß nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 8.4.4, zu verankern. Dabei ist das Versatzmaß a_l der Platten ohne Querkraftbewehrung mit $0,1 d$ anzusetzen. Wird bei verstärkten Platten weniger als 50 % der erforderlichen Feldbewehrung im Auflager verankert, ist das Versatzmaß mit dem Faktor $0,5 \cdot \left(\frac{\text{erf} A_{s,\text{Feld}}}{\text{vorh} A_{s,\text{Auflager}}} \right) \geq 1,0$ zu vergrößern. Unabhängig davon sind bei verstärkten Bauteilen stets mindestens 25 % von $A_{s,\text{Feld}}$ über das Auflager zu führen.

(aBG 10) Bei dem Nachweis der Endverankerung der Carbonbetonschicht darf das Versatzmaß bei Platten in Änderung zu DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 9.3.1.1 (4), zu $0,5 h$ bestimmt werden. Bei der Verankerung der Längsbewehrung ist das Versatzmaß gemäß DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 9.3.1.1 (4), anzusetzen.

9.3.1.2 Bewehrung von Platten in Auflagernähe

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.3.1.3 Eckbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.3.1.4 Randbewehrung an freien Rändern von Platten

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.3.2 Querkraftbewehrung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 29 / 32

- 9.4 Flachdecken**
- 9.4.1 Flachdecken im Bereich von Innenstützen**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.4.2 Flachdecken im Bereich von Randstützen**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.4.3 Durchstanzbewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.5 Stützen**
- 9.5.1 Allgemeines**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.5.2 Längsbewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.5.3 Querbewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.6 Wände**
- 9.6.1 Allgemeines**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.6.2 Vertikale Bewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.6.3 Horizontale Bewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.6.4 Querbewehrung**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.7 Wandartige Träger**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.8 Gründungen**
- 9.8.1 Pfahlkopfplatten**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.8.2 Einzel- und Streifenfundamente**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.8.3 Zerrbalken**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.8.4 Einzelfundament auf Fels**
Keine Ergänzungen oder Änderungen
- 9.8.5 Bohrpfähle**
Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 30 / 32

9.9 Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche)

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.10 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen

9.10.1 Allgemeines

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.10.2 Ausbildung von Zugankern

Keine Ergänzungen oder Änderungen

9.10.3 Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern

Keine Ergänzungen oder Änderungen

10 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen

Keine Ergänzungen oder Änderungen

11 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Leichtbeton

Diese Anlage der in diesem Bescheid enthaltenen allgemeinen Bauartgenehmigung gilt nicht für das Verstärken von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen aus Leichtbeton.

12 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang A – Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang B – Kriechen und Schwinden

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang C – Eigenschaften des Betonstahls

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang D – Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang E – Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang F – Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang G – Boden-Bauwerk-Interaktion

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 31 / 32

Anhang H – Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang I – Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben

Keine Ergänzungen oder Änderungen

Anhang J – Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele

Keine Ergänzungen oder Änderungen

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Bemessung und Konstruktion

Anlage 4
Seite 32 / 32

Ermittlung der unteren Konfidenzschranke des Erwartungswerts der Oberflächenzugfestigkeit

(1) Die untere Konfidenzschranke des Erwartungswertes (Mittelwert) der Oberflächenzugfestigkeit mit 95 % Zuverlässigkeit (einseitig) ist aus dem Umfang und der Standardabweichung der Stichprobe gemäß folgender Gleichung zu ermitteln.

$$f_{\text{ctm,surf}} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cti,surf}} \right) - k \cdot s$$

Dabei ist:

$f_{\text{ctm,surf}}$	Erwartungswert der Oberflächenzugfestigkeit (untere Vertrauensgrenze)
n	Stichprobenumfang
$f_{\text{cti,surf}}$	Einzelwerte der Oberflächenzugfestigkeit
k	Faktor nach Tabelle 1
s	Standardabweichung der Stichprobe

Tabelle 1: Faktor k

Spalte /Zeile	1	2
	n	k
1	5	0,953
2	6	0,823
3	7	0,734
4	8	0,670
5	9	0,620
6	10	0,580
7	15	0,455
8	20	0,387
9	25	0,342
10	30	0,310
11	35	0,286
12	$k = \frac{t_{n-1;1-S}}{\sqrt{n}}$ Einseitig berechnet für eine statistische Sicherheit von $S=95\%$; t aus Studentverteilung (t-Verteilung)	

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Untere Konfidenzschranke des Erwartungswerts der Oberflächenzugfestigkeit

Anlage 5



Faserstrangtyp		Material des Faserstrangs ¹⁾	Faser		Tränkung			
			Hersteller	Bezeichnung	Hersteller	Bezeichnung		
1	C1T1		SGL Carbon SE	SIGRAFIL C T50-4.4/255-E100 oder SIGRAFIL C T50-4.0/240-E100"	Lefatex Chemie GmbH	Lefasol VLT-1		
	C2T1		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex				
	C3T1		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex				
	C4T1		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 24K 800tex				
3	C2T2		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex	Lefatex Chemie GmbH	Lefasol BT91001-1 oder Lefasol BT91001-2		
	C3T2		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex				
	C4T2		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 24K 800tex				
	C2T3		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-E STS40 F13 48K 3200tex Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex CP Tenax-J STS40 F13 48K 3200tex				
	C3T3		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 12K 800tex				
	C4T3		Teijin Carbon Europe GmbH	Tenax-E HTS40 F13 24K 800tex				
							CHT Germany GmbH	CHT TECOSIT CC 1000

¹ Ci bedeutet Roving i und Tj bedeutet Tränkung j

CARBOrefit®-Feinbeton	
Hersteller	Bezeichnung
PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG	TF10 CARBOrefit® Textilfeinbeton

CARBOrefit - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton

Zugelassene Materialkombinationen

Anlage 6