

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

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

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

Datum:

25.04.2025

Geschäftszeichen:

I 16-1.36.1-7/24

Nummer:

Z-36.12-81

Geltungsdauer

vom: **2. Januar 2025**

bis: **2. Januar 2030**

Antragsteller:

**Implenia Civil Engineering GmbH
Division Civil Engineering - ICS DE -
Baustofftechnik
Differnéstraße 14
68169 Mannheim**

Gegenstand dieses Bescheides:

**Bausatz zum Verstärken von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen durch schubfest
aufgeklebte CFK-Gelege "Carboplus® Sheet 240" nach der DAfStb-Verstärkungsrichtlinie und
für Behälterumwicklungen**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/genehmigt. Dieser Bescheid umfasst 13 Seiten und zwei Anlagen.
Der Gegenstand ist erstmals am 17. Juni 2011 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 (Verstärkungssystem) zum Verstärken von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen.

Das Verstärkungssystem besteht aus den folgenden Komponenten:

- CF-Gelege "Carboplus® Sheet 240" nach Abschnitt 2.1.1
- Klebstoff "MC-CarboSolid 1209 TX" gemäß Bescheid Z-36.12-82,
- Laminierharz "MC-CarboSolid 1209" gemäß Bescheid Z-36.12-82,
- Instandsetzungsmörtel "MC-CarboSolid 1000" gemäß Bescheid Z-36.12-85,
- Korrosionsschutz der vorhandenen Bewehrung und Haftbrücke "MC-CarboSolid 1000 BC" gemäß Bescheid Z-36.12-85,
- Schutanstrich für die aufgeklebte Bewehrung nach Abschnitt 2.1.2.

Die CFK-Gelege werden bauseits hergestellt. Dabei werden die CF-Gelege mit dem Klebstoff auf die Betonoberfläche geklebt und anschließend mit dem Laminierharz bis zur Sättigung getränkt.

Dieser Bescheid regelt die produktspezifischen Eigenschaften und speziellen Anforderungen des Verstärkungssystems und ersetzt damit den informativen Teil 2 der "DAfStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung - März 2012"¹ im Folgenden DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹ genannt.

Die CFK-Gelege dürfen als Biegeverstärkung nach Abschnitt RV 3.10.1, als Querkraftverstärkung nach Abschnitt RV 3.10.2 und als Stützenverstärkung nach Abschnitt RV 6.1.4.1, Absatz (RV 1) der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 verwendet werden.

Die CFK-Gelege dürfen auch als geschlossene Umwicklungen zur Verstärkung von rotationssymmetrischen Stahlbeton- und Spannbetonbehältern verwendet werden.

1.2 Genehmigungsgegenstand und Anwendungsbereich

Gegenstand sind Bestimmungen für die Planung, Bemessung und Ausführung der Verstärkung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen unter Verwendung des unter Abschnitt 1.1 genannten Verstärkungssystem.

Die CFK-Gelege dürfen zum Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit sowie zum Nachweis der Tragfähigkeit von Stützen herangezogen werden.

Die CFK-Gelege dürfen planmäßig nur durch Zugkräfte beansprucht werden.

¹ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. - DAfStb:
"DAfStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung - März 2012"
Berlin: Beuth, 2012 (Vertriebs-Nr. 65242); Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Teil 2: Produkte und Systeme für das Verstärken; Teil 3: Ausführung; Teil 4: Ergänzende Regelungen zur Planung von Verstärkungsmaßnahmen
1. Berichtigung der DAfStb-Richtlinie "Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung (Verstärken-Richtlinie)
(https://www.dafstb.de/application/berichtigungen/Druckfassung_Berichtigung_RiliVerstaerken_2021_01_20.pdf)

Geschlossene Umwicklungen aus dem CFK-Gelege dürfen auch zum Nachweis der Tragfähigkeit bei rotationssymmetrischer Ringzugbeanspruchung von Stahlbeton- und Spannbetonbehältern herangezogen werden. Für diesen Anwendungsfall gibt es gesonderte Bemessungs- und Konstruktionsregeln in Abschnitt 3.2.3. Das CFK-Gelege darf nicht spiralförmig auf die Oberfläche aufgebracht werden, sondern muss aus einer oder mehreren nebeneinander liegenden Umwicklungen bestehen, die bzgl. der Breite durch zwei Ebenen senkrecht zur Rotationsachse begrenzt sind. Eine mehrlagige Umwicklung kann aus mehreren durch Überlappungsstoß geschlossenen Lagen oder aus einer mehrfachen Umwicklung eines durchgehenden CFK-Geleges bestehen, bei dem sich nur das Ende und der Anfang des CFK-Geleges indirekt überlappen (siehe auch Abschnitt 3.2.3).

Das GFK-Gelege darf nur für statische und quasi-statische bzw. vorwiegend ruhende Einwirkungen verwendet werden. Die Verwendung bei ermüdungsrelevanten bzw. nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen gemäß DIN EN 1992-1-1² in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA³, NA 1.5.2.7 ist durch diesen Bescheid nicht erfasst.

Die Absätze (RV 2) und (RV 3) des Abschnittes RV 6.1.4.1 der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 sind nicht anzuwenden.

Für die Biege-, Querkraft- und Stützenverstärkung mit der zuvor genannten Einschränkung ist eine Lagenanzahl von CFK-Gelegen $n_L \leq 5$ zulässig.

Das Verstärkungssystem darf für Normalbeton der Druckfestigkeitsklassen C12/15 bis C50/60 nach DIN 1045-2⁴ verwendet werden.

Die CFK-Gelege dürfen ungeschützt nur bei geringer UV-Strahlung (keine direkte Sonneneinstrahlung und keine indirekte Sonneneinstrahlung durch Schnee und Wasserflächen) verwendet werden. Ist abweichend davon mit starker UV-Strahlung (direkte Sonneneinstrahlung oder indirekte Sonneneinstrahlung durch Schnee- und Wasserflächen) zu rechnen, muss der Schutzanstrich nach Abschnitt 2.1.4 aufgebracht werden.

Die mit CFK-Gelege verstärkten Bauteile dürfen ungeschützt nur den Expositionsklassen XC1 (trocken) und XC3 nach DIN EN 1992-1-1² in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA³, Tabelle 4.1 zugeordnet sein. Gegebenenfalls ist durch das Aufbringen geeigneter Schutzschichten sicherzustellen, dass das Bauteil im Bereich der CFK-Gelege nicht einer wechselnden oder dauernden Durchfeuchtung ausgesetzt ist.

Im Bereich der CFK-Gelege darf eine Bauteiltemperatur von 40 °C nicht überschritten werden.

Für den Ausgleich von Unebenheiten der Betonoberfläche bzw. von Fehlstellen im Klebereich bis 4 mm darf der Klebstoff "MC-CarboSolid 1209 TX" verwendet werden.

Für den Ausgleich von klein- oder großflächigen Unebenheiten der Betonoberfläche bzw. von Fehlstellen im Klebereich dürfen

- Reparaturmörtel/Reparaturbeton (RM/RC) an welchem die Einwirkung XSTAT (TR Instandhaltung⁵, Teil 2, Tabelle C.2, Zeile 21, 22 und 26) nachgewiesen wurde,
- Beton nach DIN 1045-2⁴,

2	DIN EN 1992-1-1:2011-01	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
	DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03	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
3	DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	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
4	DIN 1045-2:2023-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 2: Beton
5	Technische Regel "Instandhaltung von Betonbauwerken", Teil 2 – Merkmale von Produkten oder Systemen für die Instandsetzung und Regelungen für deren Verwendung, Mai 2020	

- Spritzbeton nach DIN EN 14487-1⁶ in Verbindung mit DIN 18551⁷ und
- Vergussbeton nach der DAfStb-Richtlinie "Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel"⁸,

jeweils unter Berücksichtigung der objektspezifischen Expositions- und Feuchtigkeitsklassen verwendet werden.

Zur Reprofilierung kleinflächiger Unebenheiten zwischen 4 mm und 30 mm darf auch der Instandsetzungsmörtel "MC-CarboSolid 1000" gemäß Z-36.12-85 verwendet werden.

Für Reprofilierungen von Unebenheit >30 mm gilt die DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3, Abschnitt 4.4.1 (8).

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die ihre Eignung entsprechend der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3 nachgewiesen haben.

2 Bestimmungen für die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.1.1 CF-Gelege und CFK-Gelege

Die CF-Gelege bestehen aus unidirektional angeordneten Kohlenstofffasern mit Flächengewichten von 200 g/m² und 300 g/m². Der flächige Zusammenhalt der Kohlenstofffasern wird durch in Querrichtung verwebte Glasfaserfäden gewährleistet. Die Breite der CF-Gelege darf 20 bis 100 cm betragen.

Für das CFK-Gelege (mit Laminierharz getränkte CF-Gelege) ist in Abhängigkeit vom Flächengewicht des CF-Geleges eine bezogene Faserquerschnittsfläche je Meter Breite entsprechend Tabelle 1 anzunehmen. Die rechnerische Dicke des CFK-Geleges je Gelegelage ist in Tabelle 1 angegeben,

Tabelle 1: Rechnerische Dicke und bezogene Faserquerschnittsfläche je Meter Breite des CFK-Geleges in Abhängigkeit vom Flächengewicht des CF-Geleges

Flächengewicht des CF-Geleges	Rechnerische Dicke t_L je Gelegelage	Bezogene Faserquerschnittsfläche je Meter Breite und Gelegelage
200 g/m ²	0,09 mm	115 mm ² /m
300 g/m ²	0,09 mm	172 mm ² /m

Die mechanischen Eigenschaften des CFK-Geleges sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften der CFK-Gelege

Längszugfestigkeit	Mittelwert	$f_{Lum} \geq$	2500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert	$f_{Luk} \geq$	2300	N/mm ²
Elastizitätsmodul in Faserrichtung	Mittelwert	$E_{Lm} \geq$	240 000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert	$E_{Lk} \geq$	200 000	N/mm ²
Bruchdehnung in Faserrichtung	Mittelwert	$\varepsilon_{Lm} \geq$	11	‰
	Charakteristischer Wert	$\varepsilon_{Luk} \geq$	9	‰

- ⁶ DIN EN 14487-1: 2006-03 Spritzbeton - Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14487-1:2005
- ⁷ DIN 18551:2014-08 Spritzbeton - Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen
- ⁸ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. – DAfStb:
"DAfStb-Richtlinie Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel - 2019-07 -" VeBMR

Zusammensetzung und Eigenschaften der Kohlenstofffasern und der Kettfäden des CF-Geleges müssen mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen. Die Kohlenstofffasern müssen durch in Querrichtung verwebte Glasfaserefäden in der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Form vernäht sein.

2.1.2 Schutzanstrich

Als Schutzanstrich bei der Verwendung der CFK-Gelege in bewitterten Bereichen ist ein UV-beständiges Oberflächenschutzsystem zu verwenden, das mit dem CF-Gelege, mit dem Klebstoff, dem Laminierharz und dem Beton verträglich ist.

2.2 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

2.2.1.1 CF-Gelege

Als Herstellwerk im Sinne des Abschnitts 2.3 gilt das Auslieferungslager Mannheim der Implen Construction GmbH.

2.2.2 Verpackung, Transport, Lagerung

2.2.2.1 CF-Gelege

Die CF-Gelege müssen verpackt und gegen Witterung und Verschmutzung geschützt transportiert und gelagert werden. Die CF-Fasern dürfen nicht geknickt werden.

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.

Die Gebinde eines jeden Bauproduktes sind vom Hersteller zusätzlich zu dem Übereinstimmungszeichen so zu kennzeichnen, dass eine Verwechslung insbesondere bezüglich Anwendung, Inhalt, Menge und Reaktivität ausgeschlossen ist.

2.2.3.2 CF-Gelege

Die Verpackung der CF-Gelege ist mit folgenden Angaben zu versehen:

- Typenbezeichnung
- Chargennummer
- Flächengewicht 200 g/m² oder 300 g/m²

2.3 Übereinstimmungsbestätigung

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung des Bauproduktes nach Abschnitt 2.1.1 mit den Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk⁹ mit einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage der werkseigenen Produktionskontrolle und eines Übereinstimmungszertifikats einer hierfür anerkannten Zertifizierungsstelle sowie einer regelmäßigen Fremdüberwachung 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 oben genannten Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

⁹ siehe Abschnitt 2.2.1.1

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

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk⁹ 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.

Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle sind mindestens die folgenden Prüfungen durchzuführen:

- Eingangskontrolle der Herstellererklärungen des CF-Geleges je Lieferung¹⁰,
- laufende Sichtkontrollen auf Fehlstellen des CF-Geleges,
- Kontrollen je Charge jedoch mindestens alle 1000 m:
 - Flächengewicht des CF-Geleges,
 - Statisches Elastizitätsmodul, Zugfestigkeit und Bruchdehnung des CFK-Geleges in Längsrichtung in Anlehnung an DIN EN 2561¹¹.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle in den Herstellwerken der Kohlenstoffasergelege, sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials 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 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 Herstellwerk⁹ ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch zweimal jährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung durchzuführen, sind Proben nach den in Abschnitt 2.3.2 enthaltenen Angaben zu entnehmen und zu prüfen und können auch Proben für Stichprobenprüfungen entnommen werden. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Überwachungsstelle.

¹⁰ Die werkseigene Produktionskontrolle im Lieferwerk des CF-Geleges muss mindestens die folgenden Maßnahmen einschließen:

- Kontrolle der Herstellererklärungen für die Kohlenstofffasern und der Kettfäden auf Übereinstimmung mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Stoffdaten je Lieferung
- Kontrolle der Kohlenstoffasergelege, insbesondere der vernähten Kettfäden, alle 2 Stunden

¹¹ DIN EN 2561:1995-11 Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe; Unidirektionale Lamine; Zugprüfung parallel zur Faserrichtung; Deutsche Fassung EN 2561: 1995

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 und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

3.1 Planung

Die Verstärkung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerken ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen zu planen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist. Sofern im Folgenden keine anderen Angaben gemacht werden, gelten die folgenden Teile der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹:

- Teil 1: Bemessung und Konstruktion
- Teil 3: Ausführung
- Teil 4: Ergänzende Regelungen zur Planung von Verstärkungsmaßnahmen

3.2 Bemessung

3.2.1 Allgemeines

Die Verstärkung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerken ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen zu bemessen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.

Für die Bemessung und Konstruktion der Biege- und Querkraftverstärkung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit den CFK-Gelegen gelten die Regelungen der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1.

Zusätzlich zu den Bestimmungen in Abschnitt 1.2 sind folgende Abschnitte der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 nicht anzuwenden:

RV 6.1.2, RV 6.1.3, RV 6.8.8, RV 6.8.9, RV 6.8.10, RV 8.4.7, RV 8.7.6.1, RV 8.7.6.3 und RV 9.5.4.

Zusätzlich zu den Bestimmungen in Abschnitt 1.2 dürfen vom Abschnitt RV 6.2.6 der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 nur folgende Absätze angewendet werden:

Abschnitt RV 6.2.6, Absätze (RV 1) bis (RV 9), (RV 13) bis (RV 20) (für Absätze (RV 10) und (RV 15) (siehe Abschnitt 3.2.2.5).

In Tabelle 3 sind die Abschnitte enthalten, zu denen gegenüber der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 abweichende Regelungen bestehen.

Tabelle 3: Zuordnung der abweichenden Regeln zu den Abschnitten der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹

Abschnitt in der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie ¹ , Teil 1	Abschnitt dieses Bescheides
RV 6.1.1.2	3.2.2.1
RV 6.1.1.3.5	3.2.2.2
RV 6.1.1.3.6	3.2.2.3
RV 6.1.1.4.3	3.2.2.4
RV 6.2.6	3.2.2.5
7.2	3.2.2.6
RV 8.4.6	3.2.2.7

Alle in Abschnitt 1.2 und in diesem Abschnitt nicht genannten Regelungen der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 sind uneingeschränkt anwendbar.

Die für die Bemessung nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹ benötigten Materialkennwerte für die CFK-Gelege sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die rechnerische Dicke für das jeweilige CFK-Gelege ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Die für die Bemessung notwendigen Verbundwertesind im Abschnitt 3.2.2 angegeben.

3.2.2 Von der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 abweichende Regelungen für die Bemessung

3.2.2.1 Vereinfachter Nachweis nach DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 6.1.1.2

Der Bemessungswert der Zugfestigkeit des CFK-Geleges¹² f_{Lud} nach Absatz (RV 4) ergibt sich in Analogie zu Gl. (RV 6.115) aus:

$$f_{Lud} = \alpha_{Zeit} f_{Luk} / \gamma_{LG}$$

Dabei sind:

- f_{Lud} der Bemessungswert der Zugfestigkeit einer Lage CFK-Gelege¹²,
- α_{Zeit} der Dauerstandminderungsfaktor für das CFK-Gelege $\alpha_{Zeit} = 0,3$,
- f_{Luk} der charakteristische Wert der Zugfestigkeit einer Lage CFK-Gelege¹² nach Tabelle 2,
- γ_{LG} der Teilsicherheitsbeiwert für das CFK-Gelege nach Tabelle RV 2.1, Spalte 3 der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1

3.2.2.2 Vereinfachter Nachweis der Kraftänderung des CFK-Geleges¹³ am Zwischenrisselement nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 6.1.1.3.5

Der Bemessungswert der Zugfestigkeit des CFK-Geleges¹² f_{Lud} nach Absatz (RV 2) ergibt sich aus f_{Lud} nach Abschnitt 3.2.2.1.

Weiterhin gilt für den Bemessungswert der Bruchkraft des CFK-Geleges F_{Lud} nach Bild RV 6.1:

$$F_{Lud} = f_{Lud} A_L$$

Dabei sind:

- f_{Lud} der Bemessungswert der Zugfestigkeit einer Lage CFK-Gelege "Carbopius® Sheet 240" nach Abschnitt 3.2.2.1,
- A_L die rechnerische Querschnittsfläche des CFK-Gelegestreifens $A_L = n_L b_L t_L$,
- n_L die Anzahl der Lagen des CFK-Gelegestreifens ($n_L \leq 5$),
- b_L die Breite des CFK-Geleges (die Breite aller Lagen eines Gelege-Streifens muss gleich sein),
- t_L die rechnerische Dicke einer Lage CFK-Gelege nach Tabelle 1.

3.2.2.3 Genauerer Nachweis der Kraftänderung des CFK-Geleges¹³ am Zwischenrisselement nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 6.1.1.3.6

Für F_{Lud} in Gleichung (RV 6.14) gilt Abschnitt 3.2.2.2.

3.2.2.4 Endverankerung an einem beliebigen Zwischenrisselement nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 6.1.1.4.3

¹² In der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 wird hier der Begriff Bemessungswert der Lamellenzugfestigkeit verwendet.

¹³ In der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 wird hier der Begriff Lamellenkraftänderung verwendet

Für den Bemessungswert der maximal durch Verbund am Einzelriss aufnehmbaren Spannung des CFK-Geleges¹⁴ $f_{bLd}(s_r)$ in Gleichung (RV 6.27) gilt Abschnitt 3.2.2.7.

3.2.2.5 Querkraftverstärkung nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 6.2.6

Für Querkraftverstärkung sind nur Verstärkungen nach RV 6.2.6, Absatz (RV 10), 2. und 4. Spiegelstrich der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹ zulässig.

Als Bemessungswert der Festigkeit der Querkraftverstärkung für nicht geschlossene Bügel aus CFK-Gelege¹⁵ ist für $f_{Lwd,G}$ in Gleichung (RV 6.117) $f_{Lwd,GF}$ nach Gleichung (RV 6.115) mit $\alpha_{Zeit} = 0,3$ einzusetzen.

Für den charakteristischen Wert der Verbundfestigkeit am Endverankerungspunkt $f_{bLk,max}$ und den Teilsicherheitsbeiwert für den Verbund γ_{BA} in den Gleichungen (RV 6.118) bis (RV 6.120) und Absatz (RV 19) gilt Gleichung (RV 8.8) in Verbindung mit Abschnitt 3.2.2.7.

3.2.2.6 Begrenzung der Spannungen nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt 7.2

Zusätzlich zu Abschnitt 7.2 gilt:

Unter quasiständiger Einwirkungskombination dürfen die Dehnungen des CFK-Geleges 0,2 % nicht überschreiten.

3.2.2.7 Grundmaß des Verbundes der aufgeklebten Bewehrung nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Abschnitt RV 8.4.6

Für die CFK-Gelege sind für die Bemessung nach der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1, Gleichung (RV 8.8) folgende Verbundwerte anzusetzen:

$$\tau_{L1k} = 0,373 \cdot \sqrt{\alpha_{cc} \cdot f_{cm} \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctm,surf}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$s_{L0,k} = 0,203 \quad [\text{mm}]$$

$$\tau_{LFk} = 10,8 \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{cm}^{-0,89} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Dabei ist:

$f_{ctm,surf}$	Mittelwert der Oberflächenzugfestigkeit in N/mm ² (nach DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie ¹ , Teil 4, Abschnitt 4.1)
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit in N/mm ² (nach DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie ¹ , Teil 4, Abschnitt 4.1)
α_{cc}	Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit; α_{cc} gemäß DIN EN 1992-1-1 ² in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA ³ , NDP zu 3.1.6 (1) P
α_{ct}	Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betonzugfestigkeit; α_{ct} gemäß DIN EN 1992-1-1 ² in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA ³ , NDP zu 3.1.6 (2) P

Der Teilsicherheitsbeiwert für den Verbund γ_{BA} in Gleichung (RV 8.10) der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 ist aus Tabelle RV 2.1, Spalte 4 zu entnehmen.

Aus der durch Verbund am Einzelriss aufnehmbaren Lamellenspannung nach den Gleichung (RV 8.8) bis (RV 8.10) der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 lassen sich die entsprechende Verbundkräfte $F_{bLk,max}$, $F_{bLk}(l_{bL})$ und $F_{bLd}(l_{bL})$ durch Multiplikation mit der rechnerischen Querschnittsfläche der CFK-Gelege A_L bestimmen. Diese ergibt sich wie folgt:

$$A_L = n_L b_L t_L$$

Dabei sind

¹⁴ In der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 wird hier der Begriff Lamellenspannung verwendet.

¹⁵ In der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 1 wird hier der Begriff Faserverbundwerkstoff verwendet.

- n_L die Anzahl der Lagen des CFK-Gelegestreifens ($n_L \leq 5$),
 b_L die Breite des CFK-Geleges (die Breite aller Lagen eines Gelege-Streifens muss gleich sein),
 t_L die rechnerische Dicke einer Lage CFK-Gelege nach Tabelle 1.

3.2.3 Verstärkung für rotationssymmetrische Stahlbeton- und Spannbetonbehältern durch geschlossene Umwicklungen mit dem CFK-Gelege

3.2.3.1 Allgemeines

Den CFK-Gelegen dürfen planmäßig nur Zugkräfte zugewiesen werden. Verstärkungen durch CFK-Gelege sind so auszubilden, dass planmäßige Zugspannungen normal zur Klebefläche nicht auftreten.

Für Behälterumwicklungen ist eine Lagenanzahl von $n_L \leq 5$ CFK-Gelegen zulässig. Der bezogene Kohlefaserquerschnitt a_f pro Lage des CFK-Geleges ist gem. Tabelle 1 vom Flächengewicht des Geleges abhängig. Der charakteristische Wert der Zugfestigkeit bezogen auf die Fläche der Kohlefasern des CFK-Geleges, der für die Bemessung von Behälterumwicklungen angesetzt werden darf, beträgt $f_{L,k} = 2300 \text{ N/mm}^2$ (siehe auch Tabelle 2). Der Bemessungswert der Zugfestigkeit ergibt sich aus:

$$f_{L,d} = 0,5 \frac{f_{L,k}}{\gamma_L} \text{ mit } \gamma_L = 1,35$$

3.2.3.2 Abstände

Die einzelnen Umwicklungen mit CFK-Gelege dürfen sich nicht überlappen. Abstände zwischen den einzelnen Umwicklungen mit CFK-Gelege müssen nicht eingehalten werden.

Der Randabstand der Längskante der Umwicklungen mit CFK-Gelege von der Bauteilkante muss mindestens der erforderlichen Betondeckung $c_{\min}$ der vorhandenen Bewehrung entsprechen.

3.2.3.3 Überlappungsstoß der CFK Gelege

Die Länge des Überlappungsstoßes $l_{\bar{u}}$ einer Behälterumwicklung aus CFK-Gelegen muss mindestens 25 cm betragen.

Bei mehrlagigen Umwicklungen kann in jeder Lage ein Überlappungsstoß angeordnet werden oder eine mehrfache Umwicklung mit einem durchgehenden CF-Gelege für alle Lagen erfolgen.

Im ersten Fall ist die Anzahl der Überlappungsstöße identisch zur Anzahl der Lagen n . Im zweiten Fall gibt es nur einen Überlappungsstoß für alle n Lagen, d. h. zwischen den überlappenden Enden des CFK-Geleges liegen $n-1$ Lagen des CFK-Geleges.

Bei mehrlagigen Umwicklungen mit Überlappungsstößen in jeder Lage dürfen die Überlappungsstöße in einer Umwicklung nicht übereinander liegen und müssen mindestens um 0,5 m in Umfangsrichtung zueinander versetzt angeordnet werden.

Bei mehrlagigen Umwicklungen mit nur einem Überlappungsstoß zwischen Ende und Anfang des CFK Geleges müssen die Überlappungsstöße verschiedener Umwicklungen mindestens um 0,5 m in Umfangsrichtung zueinander versetzt angeordnet werden.

In jedem Fall ist am äußeren Ende des CFK-Geleges einer Umwicklung immer eine Endüberlappung von 0,5 m mit einem gesonderten CFK-Gelegeabschnitt von mindestens 1 m Länge mit demselben CFK-Gelege anzuordnen.

3.2.3.4 Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile

Soweit ein Nachweis der vorhandenen Feuerwiderstandsklasse erforderlich ist, ist dieser unter der Voraussetzung zu führen, dass die CFK-Gelege ausfallen.

3.3 Ausführung

Die Verstärkung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerken ist unter Beachtung der Technischen Baubestimmungen auszuführen, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist.

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die ihre Eignung entsprechend der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3 nachgewiesen haben.

Dieser Bescheid sowie die Verarbeitungsvorschriften des Herstellers müssen bei den Verstärkungsarbeiten auf jeder Baustelle vorliegen.

Für die Ausführung der Klebearbeiten gilt Teil 3 der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹.

Abschnitt 4.9, (1) der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3, ist durch folgenden Satz zu ersetzen:

Die Belastung der Konstruktion darf bei einer Oberflächentemperatur des Bauteils oder alternativ bei einer mittleren bauteilnahen Lufttemperatur von 20 °C in der Regel 5 Tage nach Beendigung der Klebearbeiten erfolgen.

Insbesondere sind die Anhänge A bis D des Teils 3 der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹ zu beachten.

Die bauausführende Firma hat zur Bestätigung der Übereinstimmung der Bauart mit der allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§16 a Abs. 5, 21 Abs. 2 MBO abzugeben. Diese Bescheinigung ist dem Bauherrn zur ggf. erforderlichen Weiterleitung an die zuständige Bauaufsichtsbehörde auszuhändigen.

Ergänzende Regelungen sind im Folgenden angegeben:

Ergänzung zu Abschnitt "4.6.3 CF-Gelege" der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3

Die CF-Gelege 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 der CF-Gelege nicht unterschritten werden darf, beträgt 25 mm.

Die CF-Gelege müssen vor der Verklebung staub- und fettfrei sein.

Ergänzung zu Abschnitt "4.8.1 Allgemeine Festlegungen" der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3

Während der Klebearbeiten muss die Temperatur von Luft und Betonbauteilen im Bereich von 8 °C bis 40 °C liegen. Die Temperatur der Bauteile muss mindestens 3 K höher sein als die Taupunkttemperatur der Luft.

Die relative Luftfeuchte beim Verkleben darf nicht mehr als 75 % betragen.

Ergänzung zu Abschnitt "4.8.3 Oberflächige Verklebung der CF-Gelege" der DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3

Die Bauteiloberfläche ist mit dem Klebstoff in einer Schichtdicke von ca. 0,5 mm zzgl. Rautiefenzuschlag vorzuspachteln, bevor die CF-Gelege in den aufgetragenen Klebstoff mit einer Profilrolle eingerollt und mit dem Laminierharz bis zur Sättigung getränkt werden. Hinweise zu Verbrauchsmengen sind in Anlage 1, Tabelle 3 enthalten. Das Laminierharz ist frisch in frisch mit dem Klebstoff aufzubringen.

Die Klebstoffdicke darf höchstens 4 mm betragen. Die Ebenheit der CFK-Gelege nach dem Verkleben und Laminieren ist zu überprüfen. Dabei darf auf einer Prüfstrecke von 30 cm die Abweichung von einer ebenen Fläche nicht mehr als $\Delta h = 1$ mm betragen.

Einsinnige Krümmungen, welche die gezogenen CFK-Gelege gegen den Beton drücken, sind zulässig. Die Verarbeitung des Klebstoffs und des Laminierharzes muss innerhalb der ausnutzbaren Verarbeitungszeit nach Anlage 1, Tabelle 1 erfolgen. Die Bauteile dürfen nach dem Fixieren bis zur Erhärtung des Klebstoffs und des Laminierharzes keinen Erschütterungen und Bewegungen ausgesetzt sein.

Sollen Bauteile mehrlagig mit CF-Gelegen umwickelt werden, so muss jedes weitere, nach der ersten Lage folgende CF-Gelege auf die bereits angebrachten Lagen mit einer Profilrolle aufgerollt werden, bevor die Verarbeitungszeit des Laminierharzes der vorhergehenden Lage überschritten ist. Anschließend wird das frisch aufgerollte CF-Gelege mit Laminierharz getränkt.

Ist eine Arbeitsunterbrechung zwischen dem Aufbringen mehrerer Gelegelagen erforderlich (z. B. witterungsbedingt), wird die letzte Lage vor dem Überschreiten der Verarbeitungszeit des Laminierharzes mit feuergetrocknetem Quarzsand der Körnung 0,1 bis 0,4 mm abgesandet. Bevor die nächsten Lagen CF-Gelege aufgebracht werden können, ist wiederum der Klebstoff vorzuspachteln.

Maximal dürfen 5 Lagen ausgeführt werden. Nach dem Anrollen und Tränken der äußersten Schicht mit Laminierharz ist das überschüssige Harz abzustreichen. Das CFK-Gelege sollte im fertigen Zustand einen Karbonfaseranteil von mindestens 20 Masse-% aber höchstens 40 Masse-% haben.

Die Belastung der Konstruktion darf in Abhängigkeit von der mittleren Bauteiltemperatur nach der Aushärtungszeit entsprechend Anlage 1, Tabelle 2 erfolgen. Bei niedrigen Temperaturen oder Unsicherheit über die Aushärtung des Klebstoffes und des Laminierharzes sind die Nachweise gemäß DAfStb-Verstärkungs-Richtlinie¹, Teil 3, Abschnitt 5.4.1 maßgebend.

LBD Dipl.-Ing. Andreas Kummerow
Abteilungsleiter

Beglaubigt
Alex

Tabelle 1:

Verarbeitungszeit für den Klebstoff "MC-CarboSolid 1209 TX" und das Laminierharz "MC-CarboSolid 1209"

Produkt	Produkttemperatur	Gebindegröße			
		5 kg	10 kg	12 kg	30 kg
Klebstoff "MC-CarboSolid 1209 TX"	20 °C	-	-	ca. 50 min	ca. 40 min.
Laminierharz "MC-CarboSolid 1209"		ca. 45 min.	ca. 40 min.	-	ca. 30 min.

Bei höheren Produkttemperaturen reduzieren sich die Verarbeitungszeiten, bei tieferen Temperaturen verlängern sie sich. Anhaltswert: 10 K Temperaturerhöhung bewirkt eine Halbierung der Verarbeitungszeit. 10 K Temperaturreduzierung eine Verdopplung der Verarbeitungszeit.

Kleinste zulässige Produkttemperatur: 15 °C*

Größte zulässige Produkttemperatur: 25 °C

* Ggf. ist eine temperierte Vorlagerung der Produkte vor ihrer Verarbeitung erforderlich.

Kleinste zulässige Bauteil- und Lufttemperatur beim Verkleben: 8 °C

Größte zulässige Bauteil- und Lufttemperatur beim Verkleben: 40 °C

Tabelle 2:

Aushärtezeit für die mit "MC-CarboSolid 1209 TX" verklebten und mit "MC-CarboSolid 1209" laminierten CF-Gelege

Bauteiltemperatur im Bereich der Klebefläche	Aushärtezeit bis zur Belastung
20 °C	5 Tage
8 °C	7 Tage

Tabelle 3:

Hinweise zu Verbrauchsmengen für die Verarbeitung

Produkt	Flächengewicht "Carboplus® Sheet 240"	ca. Verbrauchsmenge zzgl. Rautiefenzuschlag Bauteiluntergrund
Kleber "MC-CarboSolid 1209 TX"	200 g/m²	800 g/m²
	300 g/m²	1000 g/m²
Laminierharz "MC-CarboSolid 1209" je Lage	200 g/m²	400 g/m²
	300 g/m²	500 g/m²

Die tatsächlichen Verbrauchsmengen können von den ca.-Angaben abweichen in Abhängigkeit z. B. von:

- der Rauigkeit und Porosität des Untergrundes,
- dem gewählten Auftragsverfahren,
- der Temperatur des Materials, des Bauteils und der umgebenden Luft.

Bausatz zum Verstärken von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen durch schubfest aufgeklebte CFK-Gelege "Carboplus® Sheet 240" nach der DAfStb-Verstärkungsrichtlinie und für Behälterumwicklungen

Übereinstimmungsnachweis:
Verarbeitungszeit und Aushärtezeit für den Klebstoff "MC-CarboSolid 1209 TX" und das Laminierharz "MC-CarboSolid 1209"

Anlage 1