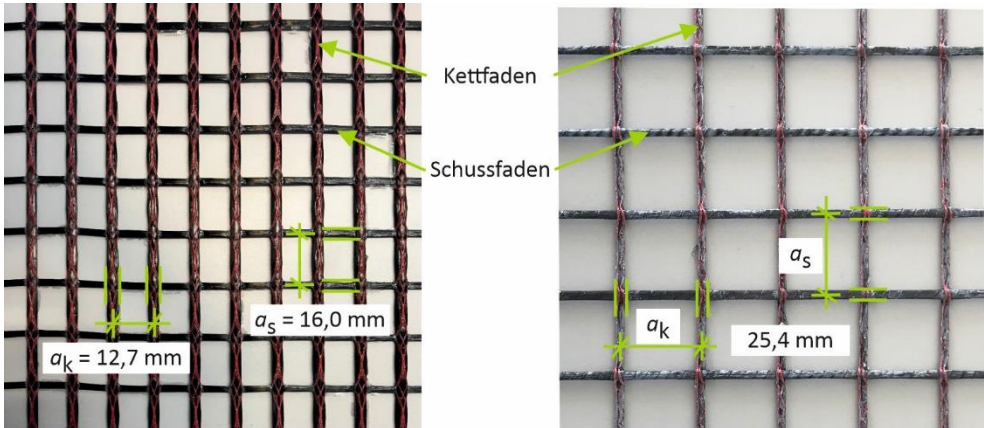


MERKBLATT 2.01	Eigenschaften der CARBOrefit®-Gittervarianten in Regel- und Sonderausführung	
Bei Fragen/ Anmerkungen zu kontaktieren:	E-Mail: <a href="mailto:info@carborefit.de">info@carborefit.de</a> Telefon: +49351 48205 521	Stand: 07.01.2025
<h2>1 Allgemeines</h2> <p>In diesem Merkblatt werden die geometrischen sowie die für die Bemessung relevanten Eigenschaften der in der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (abZ)/allgemeine Bauartgenehmigung (aBG) [1] geregelten CARBOrefit®-Typ 1 und -Typ 3 Carbongitter in Regel- und Sonderausführung vorgestellt. Grundlage bilden die in der abZ/aBG [1] festgelegten Angaben.</p> <p>Die Materialkombination der beiden CARBOrefit®-Gittertypen, bestehend aus Carbonfasern und Tränkung, muss einer der nach Anlage 7 der abZ/aBG [1] zulässigen Kombinationen entsprechen. Die geregelten Gittertypen unterscheiden sich in ihren Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Verbundverhalten, Steifigkeit sowie der verwendeten Materialien.</p> <p>Die CARBOrefit®-Gittertypen sind jeweils in einer Regelausführung und Sonderausführung erhältlich. Bei der Regelausführung sind die Faserstrangabstände standardisiert. Die Faserstränge des Carbongitter werden in zwei Richtungen unterteilt, die Kettrichtung mit einer Filamentanzahl von 48 k / 50 k und die Schussrichtung mit einer Filamentanzahl von 24 k. Die Bezeichnung als Kett- und Schussrichtung folgt aus dem Herstellungsprozess des Carbongitters. Bei der Sonderausführung können die Faserstrangabstände in Abstimmung mit dem Gitterhersteller verändert werden und die Filamentanzahl in Schussrichtung bis auf 50 k erhöht werden.</p> <p><b>Hinweis:</b> 1 k entspricht der Anzahl von 1.000 Filamenten</p> <p>Die Kettrichtung ist die Haupttragrichtung und ist entsprechend der abZ/aBG für die statische Bemessung anzusetzen.</p> <p>Die Schussrichtung ist entsprechen der abZ/aBG als Nebentragrichtung definiert und weist einen konstruktiven Mindestquerschnitt von 20 % der Kettrichtung auf, wodurch kein statischer Nachweis erforderlich ist. Eine biaxiale Beanspruchung des Carbongitters oder statische Bemessung der Schussrichtung ist nur im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE)/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) zulässig.</p> <h2>2 Geometrische Eigenschaften der CARBOrefit®-Carbongitter</h2> <div data-bbox="229 1503 1217 1928"></div> <p><b>Abbildung 1:</b> Carbongitter entsprechend Regel- (links) und einer möglichen Sonderausführung (rechts) (©CARBOCON GMBH)</p>		

Es wird keine Gewährleistung für Vollständigkeit oder Fehler gegeben. Eine Vervielfältigung dieses Dokuments darf nur vollständig erfolgen.

## 2.1 Vorstellung CARBOrefit®-Carbongittertypen

Die beiden Gittertypen bieten aufgrund ihrer Eigenschaften verschiedene Vorteile bezüglich der Anwendung. Die CARBOrefit®-Typ 1 Carbongitter besitzen durch eine weichere Tränkung eine erhöhte Flexibilität, weshalb sie sich für die Verstärkung von gekrümmten Flächen eignen.

Die CARBOrefit®-Typ 3 Carbongitter sind stärker als die Gitter des Typ 1 und weisen höhere Bemessungswerte auf. So kann eine Verstärkungsschicht des Typ 3 so viele Kräfte aufnehmen wie zwei Verstärkungsschichten des Typ 1. Bei hohen Statischen Defiziten im Bestand weist der Typ 3 den Vorteil der Materialeinsparung auf und ist folglich die wirtschaftlichere Lösung. Zu beachten ist, dass der Typ 3 aufgrund seiner stärkeren Eigenschaften nicht so gut für stark gekrümmte Bauteile geeignet ist wie der Typ 1.

Die Carbongitter können sowohl in Matten als auch in Rollenware geliefert werden. Durch das Verwenden der Rollenware können Übergreifungsstöße in Kettrichtung vermieden werden. Die genauen Maße der Carbongitter sind mit den Gitterherstellern abzustimmen. Zu bedenken ist an dieser Stelle Transportmaße.

Die Verwendung der Regelausführung eignet sich besonders bei hohen Verstärkungsgraden. Sonderausführungen können dahingegen bei geringen Tragfähigkeitsdefiziten verwendet werden, um den Materialeinsatz so effizient wie möglich zu gestalten. Weiterhin entstehen durch die Verwendung von gleichem Faserstrangquerschnitt und -abstand in Kett- und Schussrichtung Gitter, welche für einen biaxialen Lastabtrag herangezogen werden können. Dies ist jedoch nicht im Rahmen der abZ/aBG möglich und bedarf einer ZIE/vBG.

**Hinweis:** Es muss jederzeit sichergestellt werden, dass die Carbongitter vor Witterungseinflüssen und Betreten geschützt werden.

Beim Einbau ist auf die Tragrichtung zu achten jedoch nicht, ob die Carbongitter mit Ihrer Ober- oder Unterseite eingebaut werden.

## 2.2 Regelausführung

Die CARBOrefit®-Carbongitter in Regelausführung besitzen in Kettrichtung 48 k bzw. 50 k Carbonfaserstränge. In Schussrichtung werden 12 k Faserstränge angeordnet.

Die in Tabelle 1 aufgeführten geometrischen Eigenschaften sind unabhängig vom Gittertyp und gelten sowohl für CARBOrefit®-Typ 1 als auch für CARBOrefit®-Typ 3 Carbongitter.

**Tabelle 1: Geometrische Eigenschaften der Faserstränge in Kett- und Schussrichtung für die CARBOrefit®-Typ 1 und -Typ 3 Carbongitter in Regelausführung nach abZ/aBG [1]**

Eigenschaft	Kettrichtung	Schussrichtung
Fasergehalt [k]	$\geq 48$ und $\leq 50$	12
Garnfeinheit [tex]	3.200 bis 3.500	800
Rohdichte des ungetränkten Rovings $\rho_f$ [g/cm³]	$1,74 \leq \rho_f \leq 1,85$	$\rho_f = 1,77$
Querschnittsfläche eines Faserstrangs $A_{f,nm}$ [mm²]	$1,8 \leq A_{kf,nm} \leq 1,95$	$A_{sf,nm} = 0,45$
Faserstrangabstand $a$ [mm]	$a_K = 12,7$	$a_S = 16,0 + 0 / -2$
Anzahl Faserstränge $n$ je m [Stk]	$n_K = 78$	$n_S = 62,5$
Querschnittsfläche $a_{f,nm}$ [mm²/m]	$a_{kf,nm} = 140$	$a_{sf,nm} = 28$

Es wird keine Gewährleistung für Vollständigkeit oder Fehler gegeben. Eine Vervielfältigung dieses Dokuments darf nur vollständig erfolgen.

## 2.3 Sonderausführung

Die CARBorefit®-Carbongitter in Sonderausführung besitzen in Kettrichtung (Haupttragrichtung) 48 k bzw. 50 k Carbonfaserstränge. In Schussrichtung können 12 k bis 48 k bzw. 50 k Faserstränge verwendet werden.

Durch die Verwendung von CARBorefit®-Carbongittern in Sonderausführung können Verstärkungsmaßnahmen wirtschaftlicher gestaltet werden, da die Querschnittsfläche der Gitter an die statisch erforderliche Querschnittsfläche angepasst werden kann.

Die in Tabelle 2 aufgeführten geometrischen Eigenschaften sind unabhängig vom Gittertyp und gelten sowohl für CARBorefit®-Typ 1 als auch für CARBorefit®-Typ 3 Carbongitter

**Tabelle 2: Geometrische Eigenschaften der Faserstränge in Kett- und Schussrichtung für die CARBorefit®-Typ 1 und -Typ 3 Carbongitter in Sonderausführung nach abZ/aBG [1]**

Eigenschaft	Kettrichtung	Schussrichtung
Fasergehalt [k]	$\geq 48$ und $\leq 50$	$\geq 12$ und $\leq 50$
Garnfeinheit [tex]	3.200 bis 3.500	800 bis 3.500
Rohdichte des ungetränkten Rovings $\rho_f$ [g/cm³]	$1,74 \leq \rho_f \leq 1,85$	$1,74 \leq \rho_f \leq 1,85$
Querschnittsfläche eines Faserstrangs $A_{f,nm}$ [mm²]	$1,8 \leq A_{kf,nm} \leq 1,95$	$0,45 \leq A_{sf,nm} \leq 1,95$
Faserstrangabstand $a$ [mm]	$12,7 \leq a_k \leq 50,8$	$16,0 + 0 / -2 \leq a_s \leq 2 \cdot a_k$
Anzahl Faserstränge $n$ je m [Stk]	$n_k = \frac{1.000}{a_k \text{ [mm]}} \cdot \frac{1}{m}$	$n_s = \frac{1.000}{a_s \text{ [mm]}} \cdot \frac{1}{m}$
Querschnittsfläche $a_{f,nm}$ [mm²/m]	$a_{kf,nm} = n_k \cdot 1,8 \text{ mm}^2$	$a_{sf,nm} = n_s \cdot A_{sf,nm}$ $A_{sf,nm} = 0,45 \text{ mm}^2$ für 12 k-Fasern $A_{sf,nm} = 0,9 \text{ mm}^2$ für 24 k-Fasern $A_{sf,nm} = 1,80 \text{ mm}^2$ für $\geq 48$ k-Fasern
Sonstige Bemerkungen	-	$a_{sf,nm} = \text{mind. } 0,2 \cdot a_{kf,nm}$

## 2.4 Zusammenstellung möglicher Varianten der Sonderausführungen

**Hinweis:** Die Mindestmaße der Kett- und Schussfadenabstände (Tabelle 2, Zeile 5) entsprechen den Maßen der Gitter in Regelausführung. In den nachfolgenden drei Tabellen sind die folgenden möglichen Kombinationen dargestellt:

- Tabelle 3:** Vergrößerung der Abstände der Kettfäden in Halbzollschritten (1 Zoll = 25,4 mm) und Vergrößerung der Abstände der Schussfäden in Abhängigkeit der Bedingung, dass die Querschnittsfläche in Schussrichtung  $a_{sf,nm}$  mindestens 20 % der Querschnittsfläche in Kettrichtung  $a_{kf,nm}$  entspricht ( $a_{sf,nm} = 0,2 \cdot a_{kf,nm}$ ). Es werden beispielhaft 12 k-Faserstränge in Schussrichtung verwendet.

Diese Gitter können beispielsweise bei einem geringen einaxialen Verstärkungsgrad unter Verwendung von 12 k-Schussfäden zum Einsatz kommen.

- Tabelle :** Vergrößerung der Abstände der Kettfäden in Halbzollschritten und Vergrößerung der Abstände der Schussfäden in Abhängigkeit der Bedingung  $a_s = 2 \cdot a_K$  unter der Verwendung von 48 k-Fasersträngen.

Diese Gitter können beispielsweise bei einem geringen einaxialen Verstärkungsgrad unter Verwendung von 48 k-Schussfäden zum Einsatz kommen.

- Tabelle :** Vergrößerung der Abstände der Kettfäden in Halbzollschritten und Vergrößerung der Abstände der Schussfäden in Halbzollschritten unter der Verwendung von 48 k-Fasersträngen.

Die Gitter können im Rahmen einer ZiE für einen biaxialen Lastabtrag verwendet werden.

Ausführungsvarianten der Sonderausführung sind mit den Gitterherstellern abzustimmen.

**Tabelle 3: Beispielhafte Gittervariationen für Sonderausführungen unter der Bedingung  $a_{sf,nm} = 0,2 \cdot a_{kf,nm}$**

KETTRICHTUNG (48 k)			SCHUSSRICHTUNG (12 k)		
Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]	Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]
12,70	78	1,40	16,00	62,5	0,28
25,40	39	0,70	32,26	31	0,14
38,10	26	0,46	50,00	20	0,09
50,80	19	0,34	66,67	15	0,07

**Tabelle 4: Beispielhafte Gittervariationen für Sonderausführungen unter der Bedingung  $a_s \leq 2 \cdot a_K$**

KETTRICHTUNG (48 k)			SCHUSSRICHTUNG (48 k)		
Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]	Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]
12,70	78	1,40	25,40	39	0,70
25,40	39	0,70	50,80	19	0,34
38,10	26	0,46	76,20	13	0,23
50,80	19	0,34	101,60	9	0,16

**Tabelle 5: Beispielhafte Gittervariationen für Sonderausführungen unter der Bedingung  $a_s = a_K$**

KETTRICHTUNG (48 k)			SCHUSSRICHTUNG (48 k)		
Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]	Faserstrangabstand [mm]	Anzahl Faserstränge je m	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> /m]
12,70	78	1,40	12,70	78	1,40
25,40	39	0,70	25,40	39	0,70
38,10	26	0,46	38,10	26	0,46
50,80	19	0,34	50,80	19	0,34

## 3 Bemessungsrelevante Eigenschaften der CARBOrefit®-Carbongitter

### 3.1 Geometrische Eigenschaften

**Hinweis:** Im Rahmen der abZ/aBG [1], Abschnitt 3.2 dürfen nur die Faserstränge des Carbongitters in Kettrichtung für die Bemessung der Verstärkungsschicht herangezogen werden.

Die für die Bemessung wichtigen geometrischen Eigenschaften der CARBOrefit®-Carbongitter in Regelausführung in Kettrichtung sind nach Tabelle 1:

$$a_{kf,nm} = 140 \text{ mm}^2/\text{m} \quad A_{kf,nm} = 1,8 \text{ mm}^2 \quad n_K = 78/\text{m}$$

Die für die Bemessung wichtigen geometrischen Eigenschaften der CARBOrefit®-Carbongitter in Sonderausführung in Kettrichtung sind nach Tabelle 2:

$$a_{kf,nm} = n_K \cdot A_{kf,nm} \quad A_{kf,nm} = 1,8 \text{ mm}^2 \quad n_K = \frac{1000}{a_K [\text{mm}]} \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

Die geometrischen bemessungsrelevanten Eigenschaften der Schussfäden in Regel- und Sonderausführung wird auf die Angaben in Tabelle 1 und Tabelle 2 dieses Merkblattes verwiesen.

### 3.2 Kennwerte der Zugfestigkeit der Carbonfaserstränge in Kettrichtung der CARBOrefit®-Carbongitter

**Hinweis:** siehe Anwendungsbereich der abZ/aBG [1]

Die Ermittlung der Bemessungszugfestigkeit erfolgt über eine Abminderung der charakteristischen Zugfestigkeit. Die Abminderungsfaktoren variieren für die beiden CARBOrefit®-Carbongittertypen. Die Bemessungszugfestigkeit  $f_{nm,d}$  der Carbongitter in Kettrichtung wird wie folgt bestimmt:

$$f_{nm,d} = \alpha_{nm,T,t} \cdot \alpha_{nm,t\infty,t} \cdot \alpha_{nm,D,t} \cdot \frac{f_{nm,k}}{\gamma_{nm,t}}$$

Mit	$f_{nm,k}$	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit
	$\alpha_{nm,T,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit infolge Temperatur
	$\alpha_{nm,t\infty,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit infolge Dauerlast
	$\alpha_{nm,D,t}$	Abminderungsfaktor der Zugfestigkeit infolge Dauerhaftigkeit
	$\gamma_{nm,t}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Zugfestigkeit

Die für die Bemessung anzusetzenden Bemessungszugfestigkeiten, die Bruchdehnung sowie der E-Modul der beiden Carbongittertypen werden durch die abZ/aBG [1] fest vorgeschrieben. Die Bemessungswerte sind in nachfolgender Tabelle 6 zusammengefasst. Rein rechnerisch ergeben sich nach obenstehender Gleichung leicht erhöhte Werte für die Zugfestigkeit. Diese Werte sind in der Tabelle in Klammern der Vollständigkeit halber angegeben.

**Tabelle 6: Bemessungswerte der Zugfestigkeit der Carbonfaserstränge in Kettrichtung der CARBorefit®-Carbonbatter**

Kennwert	CARBorefit®-Typ 1	CARBorefit®-Typ 3
Bemessungswert der Zugfestigkeit $f_{nm,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	<b>768</b> (768,5)	<b>1.300</b> (1.312,5)
E-Modul $E_{nm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	206.667	206.667
Charakteristische Bruchdehnung $\varepsilon_{nm,uk} = f_{nm,k} / E_{nm}$ [%]	0,75	1,10

Darüber hinaus darf der Bemessungswert der Zugkraft der Carbonbewehrung in der Verstärkungsschicht 430 kN/m nicht überschreiten.

### 3.3 Kennwerte der Verbundfestigkeit der Carbonfaserstränge in Kettrichtung der CARBorefit®-Carbonbatter

Die Ermittlung der Bemessungsverbundfestigkeit erfolgt analog zu Abschnitt 3.2 über eine Abminderung der charakteristischen Verbundfestigkeit.

$$T_{nm,d} = \alpha_{nm,T,b} \cdot \alpha_{nm,t\infty,b} \cdot \alpha_{nm,D,b} \cdot \frac{T_{nm,k}}{\gamma_{nm,b}}$$

Mit	$T_{nm,k}$	Charakteristischer Wert der Verbundfestigkeit
	$\alpha_{nm,T,b}$	Abminderungsfaktor der Verbundfestigkeit infolge Temperatur
	$\alpha_{nm,t\infty,b}$	Abminderungsfaktor der Verbundfestigkeit infolge Dauerlast
	$\alpha_{nm,D,b}$	Abminderungsfaktor der Verbundfestigkeit infolge Dauerhaftigkeit
	$\gamma_{nm,b}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Verbundfestigkeit

Die für die Bemessung anzusetzenden Bemessungsverbundfestigkeit werden durch die abZ/aBG [1] fest vorgeschrieben. Die Bemessungswerte sind in nachfolgender Tabelle 8 zusammengefasst.

**Tabelle 7: Kennwerte der Verbundfestigkeit der Carbonfaserstränge in Kettrichtung der CARBorefit®-Carbonbatter**

Kennwert	CARBorefit®-Typ 1	CARBorefit®-Typ 3
$T_{nm,d}$ [N/mm]	<b>0,564</b>	<b>4,7</b>
Übergreifungslänge [mm]	<b>1.200</b>	<b>500</b>



## 4 Beipackzettel für zertifizierte CARBOrefit®-Carbongittertypen

Abbildung 2: Muster Beipackzettel für CARBOrefit® - Carbongitter (©CARBOCON GMBH)

**CARBOrefit®** – Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton  
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-31.10-182

**Beipackzettel für zertifizierte CARBOrefit®-Carbongitter<sup>1)</sup>**

Hersteller: \_\_\_\_\_

Herstellwerk: \_\_\_\_\_

Herstelldatum des Carbongitters: \_\_\_\_\_

Chargennummer des Carbongitters: \_\_\_\_\_

Artikelbezeichnung nach Hersteller: \_\_\_\_\_

Gittertyp und Material der Faserstränge:

☐ CARBOrefit®-Typ 1  
☐ C1T1 ☐ C2T1 ☐ C3T1 ☐ C4T1

☐ CARBOrefit®-Typ 3  
☐ C2T2 ☐ C3T2 ☐ C4T2  
☐ C2T3 ☐ C3T3 ☐ C4T3

Ausführung: ☐ Regelausführung  
☐ Sonderausführung

Achismaß a – Kettfäden: \_\_\_\_\_

Achismaß b – Schussfäden: \_\_\_\_\_

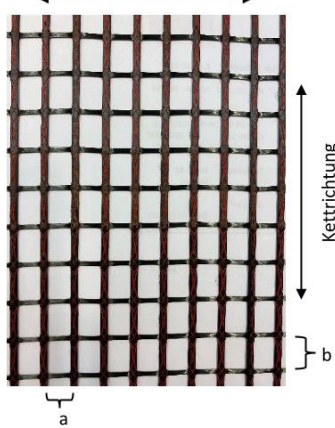
Querschnitt Faserstränge in Kettrichtung je m: \_\_\_\_\_

Querschnitt Faserstränge in Schussrichtung je m: \_\_\_\_\_

Gewicht: \_\_\_\_\_

Bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen:

Schussrichtung



Kettrichtung

Verweis:  
<sup>1)</sup> Angaben gemäß Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-31.10-182 CARBOrefit® - Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton. DIBt, Berlin, 31.08.2023 (Geltungsdauer 31.08.2023 - 31.08.2028)

Die Gewährleistung und Richtigkeit dieses Dokumentes liegen beim Hersteller.

info@carborefit.de www.carborefit.de

CARBOrefit® ist eine eingetragene Marke und ein Qualitätssiegel im Bauwesen

## Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-31.10-182: CARBOrefit®-Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit Carbonbeton. Berlin, August 2023 (Geltungsdauer 31. August 2023 bis 31. August 2028)