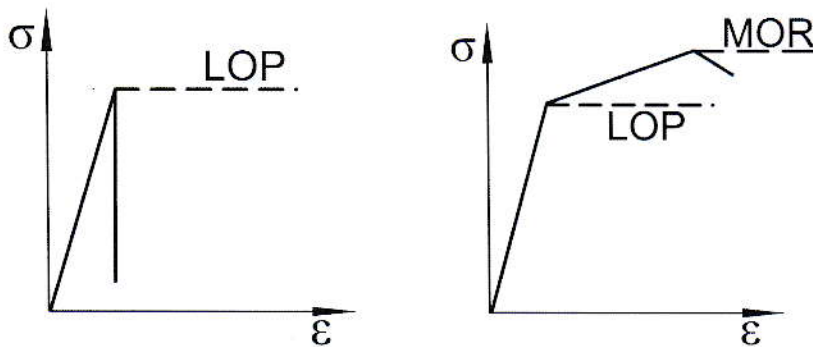


Bemessung von Bauteilen aus Glasfaserbeton

Text: Peter Curiger | Grafiken: zvg.

Glasfaserbeton (GFB) ist ein Faserverbundwerkstoff, der insbesondere für dünnwandige Bauteile wie beispielsweise Fassadenelemente zum Einsatz kommt. Der Autor dieses Fachartikels, Peter Curiger, dipl. Bauing ETH/SIA, befasst sich seit 1986 mit Glasfaserbeton. Er war über 30 Jahre in der Glasfaserbetonindustrie tätig im Bereich Werkstoff- und Produktentwicklung. Er ist Obmann des technischen Ausschusses der Fachvereinigung Faserbeton und Mitglied der Arbeitsgruppe CEN TC 229 WG3 TG2.



Spannungs-Dehnungs-Verhalten von fasermodifiziertem Beton (FMB) und Glasfaserbeton (GFB).

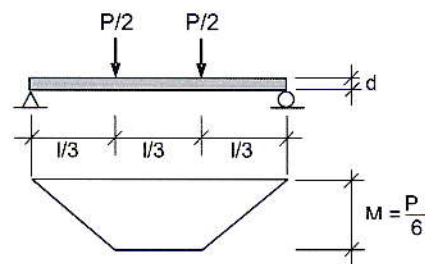
Diese Fassadenbauteile werden grundsätzlich statisch bestimmt gelagert, um Zwängungsspannungen zu vermeiden, und sind daher nebst spezifischen Beanspruchungen bei der Montage im Endzustand in erster Linie Biegebeanspruchungen aus Wind ausgesetzt. Die werkstoffspezifischen Parameter für die Bemessung von Bauteilen aus Glasfaserbeton sind daher in der Regel die Werkstoffkennwerte bei Biegebeanspruchung.

Glasfaserbeton versus fasermodifizierter Beton

Glasfaserbeton ist ein mineralischer Werkstoff, bei dem die Glasfaser die Funktion einer Bewehrung übernimmt. Daher weist Glasfaserbeton grundsätzlich eine Duktilität auf. Betone, bei denen der Fasergehalt zu gering ist, um die Risslast der Matrix zu übernehmen, weisen wegen ihres unterkritischen Fasergehaltes keine Duktilität auf und werden als fasermodifizierte Betone eingestuft. Bei diesem Werkstoff ist die Faser keine Bewehrung, sondern ein Betonzusatzstoff^[5].

Glasfaserbetonspezifische Bemessungsparameter

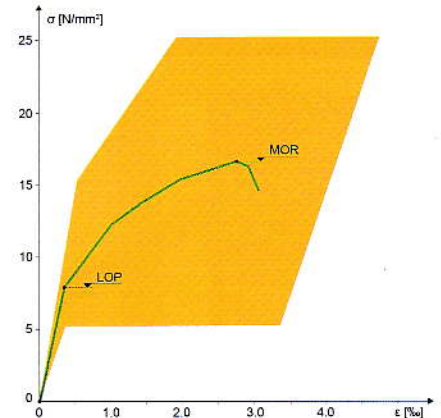
Im Unterschied zum herkömmlichen Beton wird Glasfaserbeton nicht anhand seiner Druckfestigkeit klassifiziert, sondern anhand der Proportionalitätsgrenze (LOP, Limit of Proportionality) und der Biegezugfestigkeit (MOR, Modulus of Rupture), die gemäss^[1] an Plattenstreifen im Vier-Punkt-Biegeversuch ermittelt wird.



Vier-Punkt-Biegeprüfung.

Glasfaserbeton weist ein elastisch-plastisches Verhalten unter Biegebeanspruchung auf. Bei der Proportionalitätsgrenze

setzt analog wie beim Stahlbeton die Rissbildung der Feinbetonmatrix ein, ab der sich der Werkstoff nicht mehr elastisch verhält. Der MOR-Wert ist die am homogenen Querschnitt berechnete theoretische Randspannung bei Bruchlast.

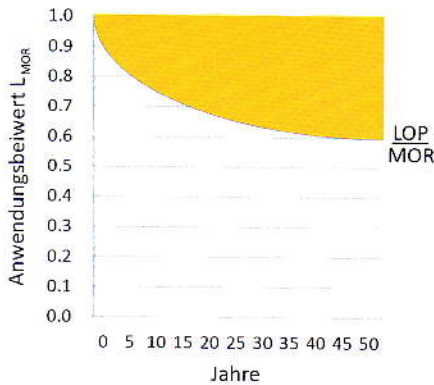


Wertebereich und konkretes Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

Zeitabhängigkeit von Kennwerten

Die Proportionalitätsgrenze (LOP) von Glasfaserbeton ist ein Kennwert der unbewehrten Feinbetonmatrix und nimmt analog der Druckfestigkeit des Betons mit dem Alter tendentiell zu. Die Biegezugfestigkeit (MOR) ist ein Kennwert, der von der Glasfaserbewehrung abhängt. Bei der Bewitterung ausgesetzten Bauteilen aus Glasfaserbeton nimmt die Biegezugfestigkeit über die Lebensdauer auf einen Endwert ab. Dies wird durch den entsprechenden Anwendungsbeiwert λ_{MOR} berücksichtigt, der entweder als Langzeitwert durch entsprechende Beobachtung bekannt ist oder mittels Klimazyklustest^[2] rezepturspezifisch bestimmt wird. Da bei der Betonmatrix

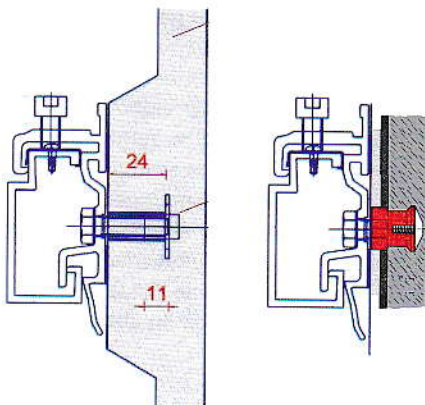
keine Festigkeitsabnahme durch Bewitterung auftritt, ist der untere Grenzwert dieses Bemessungswertes die Proportionalitätsgrenze. Damit gilt: $\leq L_{MOR} \leq 1.0$.



Wertebereich für Anwendungsbeiwert.

Tragfähigkeit von Befestigungspunkten

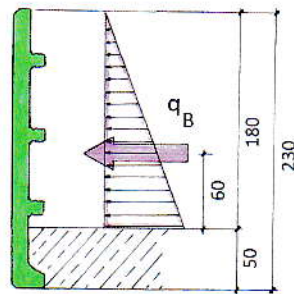
Die Tragfähigkeit von Befestigungspunkten ist abhängig vom vorgesehenen Befestigungssystem (z.B. Hinterschnittanker oder eingelegte Hülsen). Die Tragfähigkeit von Befestigungspunkten wird stets durch Prüfungen mit den vorgesehenen Produkten festgelegt.



Beispiele von Befestigungspunkten; Einlegehülsen (links) und Hinterschnittanker (rechts).

Allgemeine Tragfähigkeit

Die massgebende Beanspruchung von Bauteilen aus Glasfaserbeton ist in der Regel eine Biegebeanspruchung. Daher wird bei der Bemessung auf Tragfähigkeit von der Biegezugfestigkeit ausgegangen. Der Bemessungswert ergibt sich durch Berücksichtigung des Anwendungsbeiwertes L_{MOR} . Bei Bauteilen, die nur kurzzeitig einer Beanspruchung (z.B. integrierte Schalungen) oder nicht der Bewitterung ausgesetzt sind, wird dieser Anwendungsbeiwert zu 1.0 gesetzt. Der Tragfähigkeitsnachweis ist erbracht, wenn $M_{Rd} \geq M_d$.



Schalungselement.

Beispiel: Betondruck auf integriertes Schalungselement

Kennwerte Werkstoff und Bauteil:
 GFB (LOP/MOR in N/mm²) 8/12
 Anwendungsbeiwert: L_{MOR} 1.0
 Sicherheitsfaktor Werkstoff: γ_m 1.6
 Sicherheitsfaktor Einwirkung: γ_{FT} 1.5
 Betondruck: q_B ($0.5 \times h \times \rho$) 2.25 kN/m
 Bauteildicke: 14 mm
 Widerstandsmoment Bauteil: 32 667 mm³
 Innerer Hebelarm: y 60 mm

Schnittkräfte auf Bemessungsniveau:

$$M_d = \gamma_{FT} \times q_B \times y$$

$$1.5 \times 2.25 \times 0.06 = 0.203 \text{ kNm/m}$$

Bauteilwiderstand auf Bemessungsniveau: $M_{Rd} = W \times MOR \times L_{MOR} / \gamma_m$

$$32667 \times 12 \times 1.0 / 1.6 \times 10^{-6} = 0.245 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd} = 0.245 \text{ kNm/m} > M_d = 0.203 \text{ kNm/m}$$

=> Die Tragfähigkeit ist nachgewiesen.

Gebrauchstauglichkeit

Bei der Gebrauchstauglichkeit steht in der Regel die Rissfreiheit des Produktes im Vordergrund. Daher ist die Bemessung...

sungsgrösse in diesem Fall die Proportionalitätsgrenze (LOP), bei der die Rissbildung der Feinbetonmatrix einsetzt. Beispiel einer punktgestützten Fassadenplatte:

$$M_d = m_s \times \gamma_{IG} = 0.15 \times 1.0 = 0.15 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rcr} = M_{Rcr} / \gamma_{mG} = 0.432 / 1.8 = 0.24 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rcr} = 0.24 \text{ kNm/m} > M_d = 0.15 \text{ kNm/m}$$

=> Rissefreiheit der Platte nachgewiesen

Glasfaserbetonspezifische Kennwerte

Die Werkstoffkennwerte von Glasfaserbeton sind abhängig von Mischungsaufbau, Verarbeitungsart und Nachbehandlung. In der unten stehenden Tabelle sind für die Eigenschaften von GFB die üblichen Bandbreiten der entsprechenden Kennwerte aufgeführt:

Aktueller Stand der Normung

Derzeit werden die europäischen Normen EN 1169 (Herstellungüberwachung von Glasfaserbeton) und die Prüfnormen EN 1170-1 bis 8 durch die CEN-Arbeitsgruppe TC 229 WG3 TG2 überarbeitet. Die Fachvereinigung Faserbeton, die in der Arbeitsgruppe vertreten ist, vertritt dabei die Berücksichtigung von heute üblichen Verarbeitungstechniken, bei der auch Glasfasern in Form von gerichteter Bewehrung eingesetzt werden. ■

Fachvereinigung Faserbeton e.V. Rheinstetten FVF (Hrsg.):

Glasfaserbeton – Konstruieren und Bemessen; Ausgabe 2020, 2. Auflage, 193 S., 17 cm x 24 cm ISBN 978-3-00-066405-2

Eigenschaft	Abk.	Einheit	Kennwert	Prüfverfahren
Proportionalitätsgrenze	LOP	N/mm ²	5 - 10	EN 1170-5
Biegezugfestigkeit	MOR	N/mm ²	6 - 25	EN 1170-5
Bruchdehnung bei MOR	ϵ_B	%	0.5 - 15	EN 1170-5
Druckfestigkeit (am Prisma)	f_c	N/mm ²	40 - 80	EN 197
Zugfestigkeit	f_{ct}	N/mm ²	3 - 6	nicht genormt
Schlagzähigkeit	-	Nmm/mm ²	10 - 30	DIN 51222 (modif.)
Elastizitätsmodul	E	kN/mm ²	10 - 30	EN 1170-5
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	α_T	1/K	$8 - 12 \times 10^{-6}$	EN 14617-11
Rohdichte	ρ	Kg/m ³	1700 - 2200	EN 1170-6
Baustoffklasse	-	-	A1 oder A2	EN 13501-1

Physikalische Eigenschaften von Glasfaserbeton.

Literatur

- [1] EN 1170-5 vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Bestimmung der Biegezugfestigkeit – vollständige Biegeprüfung, Ausgabe 1998
- [2] EN 1170-8 vorgefertigte Betonerzeugnisse – Prüfverfahren für Glasfaserbeton – Prüfung der Dauerhaftigkeit im Kimazyklustest, Ausgabe 2009
- [3] EN 15191 Klassifizierung der Leistungseigenschaften von Glasfaserbeton, Ausgabe 2010
- [4] Curiger, P.: Glasfaserbeton – Konstruieren und Bemessen, 2. überarbeitete Auflage, Fachvereinigung Faserbeton e.V., Rheinstetten, 2020
- [5] FVF-Merkblatt Glasfasermodifizierter Beton, Fachvereinigung Faserbeton e.V.; Ausgabe 2000; www.fvf-faserbeton.de – Downloads