

B2 – Schöck Combar®-Bewehrung

In Zusammenarbeit mit der Firma Schöck Bauteile GmbH wurde im FRILO Programm B2 für die Bemessung und Nachweisführung von Stahlbetonbauteilen auf Querschnittsebene die Bewehrung Schöck Combar® implementiert.

Inhaltsverzeichnis

Anwendung	2
Materialauswahl	3
Auswahl der Längsbewehrung	3
Auswahl der Querkraftbewehrung	3
Dauerhaftigkeit	4
Biegetragfähigkeit	4
Querkrafttragfähigkeit	4
Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung:	4
Erweiterte Bemessungs- und Konstruktionsregeln mit Z.I.E	5
Besonderheiten bei Kreisquerschnitten, z.B. Bohrpfähle	6
Anwendungsgrenzen	6
Ausblick	6
Literatur	7

Weitere Infos und Beschreibungen finden Sie in den relevanten Dokumentationen:

[Schöck Bauteile GmbH](#)

In Zusammenarbeit mit der Firma Schöck Bauteile GmbH wurde im FRILO Programm B2 für die Bemessung und Nachweisführung von Stahlbetonbauteilen auf Querschnittsebene die Bewehrung Schöck Combar® implementiert.

Anwendung

Schöck Combar® ist eine nichtmetallische gerippte Bewehrung aus glasfaserverstärktem Kunststoff, die sich gegenüber normalen Betonstahl durch ihre Korrosionsbeständigkeit gegenüber den Expositionsklassen XC, XD und XS, eine hohe Chemikalienbeständigkeit, eine geringe Wärmeleitfähigkeit, eine geringere Dichte, keine elektrische Leitfähigkeit, keinen Magnetismus, einer hohen Zugfestigkeit sowie ihre leichte Zerspanbarkeit auszeichnet.

Durch diese Eigenschaften bietet sich ihr Einsatz in vielen Bauwerken an, unter anderem bei Parkhäusern, Tiefgaragen, Brückenkappen und Brückendecks, im Eisenbahnbau, für Bohrpfähle und Schlitzwände von Baugruben im Tunnelbau, im Industrie-, Energieanlage und Forschungseinrichtungsbau, für Thermo- und Fassadenanker.

Die Bemessung von mit Combar® bewehrten Betonbauteilen nach EC2 wird in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ) [1] geregelt.

Folgende erweiterte Bemessungs- und Konstruktionsregeln befinden sich jedoch noch außerhalb der Zulassung und erfordern eine Zulassung im Einzelfall (Z.I.E.).

- Gebogene Längsbewehrung
- rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung
- erhöhte Kurzzeitfestigkeit (5 Jahre Nutzung)

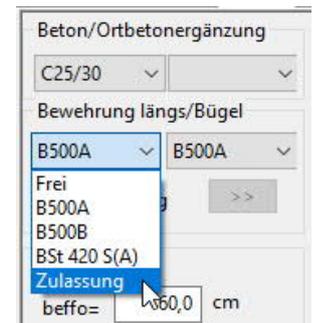
Diese erweiterten Bemessungs- und Konstruktionsregeln sind jedoch in den Literaturen [4], [5] und [7] thematisiert. Das beim Hersteller in Überarbeitung befindliche Dokument „Technische Information Schöck Combar®“ [3] wird eine übersichtliche Zusammenstellung aller Nachweisvarianten enthalten.

Materialauswahl

Die Auswahl des Materials Combar® erfolgt über die Auswahlboxen für Längs- und Querkraftbewehrung in der Eingabeansicht.

Über die Auswahl „Zulassung“ gelangt man in den Dialog „Betonstahl nach Zulassung“, wo in der Rubrik „Bewehrung aus glasfaserverstärktem Kunststoff“ die Combar® Bewehrung gelistet ist.

In den Varianten für Längs- und Querkraftbewehrung bietet der Dialog folgende Eingabemöglichkeiten.

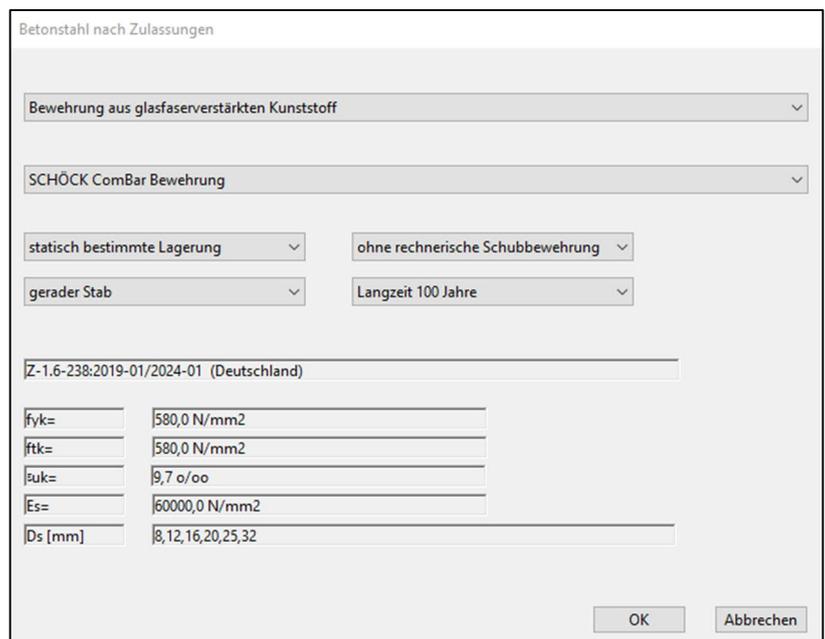


Auswahl der Längsbewehrung

- statisches System (bestimmt, unbestimmt)
- Stabform (gerade, gebogen)
- Nutzungsdauer (Lang- bzw. Kurzzeit)

Entsprechend den gewählten Optionen werden folgende Parameter angezeigt:

- charakteristische Festigkeit
- E- Modul
- Grenzdehnung charakteristischer Wert
- Verfügbare Durchmesser



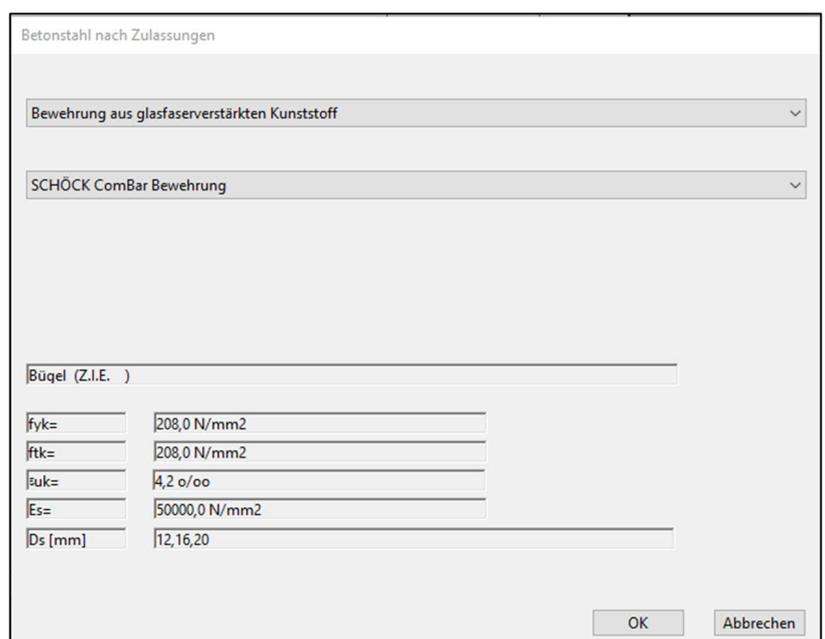
Auswahl der Querkraftbewehrung

Ist nur bei einer Combar® Längsbewehrung und der Option „mit rechnerischer Schubbewehrung“ verfügbar.

Zurzeit (Release 2022-2) ist ausschließlich ein Combar® Bügel auswählbar.

Entsprechend den im Dialog für die Längsbewehrung gewählten Optionen werden folgende Parameter angezeigt:

- E- Modul
- Grenzdehnung charakteristischer Wert
- Verfügbare Durchmesser



Dauerhaftigkeit

Die Combar® Bewehrung ist korrosionsbeständig gegenüber den Expositionsklassen XC, XD und XS, dadurch ist eine Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeit von 10 mm ausreichend. In der Regel wird die Mindestbetondeckung aus Verbund und damit das reduzierte Vorhaltemaß bei der Ermittlung von C_{nom} maßgebend.

Bei Verwendung von Betonstahlbügeln, z.B. für die Mindestquerkraftbewehrung nach AbZ, geht dieser Vorteil u. U. wieder verloren.

Biegetragfähigkeit

Es sind folgende besondere Eigenschaften der Combar® Bewehrung zu beachten:

- Festigkeit, E-Modul und Bruchdehnungen für Langzeit und gerade Stäbe nach [1] bzw. für Kurzzeit oder gebogene Stäbe nach [3] sowie Unterscheidung für statisch bestimmtes bzw. unbestimmtes System
- als Teilsicherheitsbeiwert ist $\gamma_f = 1,3$ zu berücksichtigen
- Eine in der Druckzone gelegene Bewehrung darf nicht angerechnet werden
- Mindestbewehrung zur Sicherung des duktilen Bauteilverhaltens ist mit einer Festigkeit von $\sigma_f = 0,83 \cdot f_{rk}$ nach [1] zu berücksichtigen
- Höchstbewehrung 3,5 % entsprechend [1]

Stabform			Langzeit		Kurzzeit	
	E_f	System	f_{rk}	f_{rd}	f_{rk}	f_{rd}
	N/mm ²	(un)best.	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
gerade	60000	Best.	580	446	680	523
	dito	Unbest.	481	370	565	435
gebogen	50000	Best.	250	192	250	192
	dito	Unbest.	208	160	208	160

Querkrafttragfähigkeit

Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung:

Im Rahmen der AbZ [1] sind nur Querschnitte ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung ($V_{Ed} < V_{Rdc}$) erlaubt. Eine Unterscheidung von Kurz- und Langzeitfestigkeit ist nicht vorgesehen.

Die Ermittlung von V_{Rdc} erfolgt entsprechend [1] über eine gegenüber DIN EN 1992-1-1/NA modifizierte Formel 6.2a, Gleichung 6.2b darf nicht angewendet werden.

$$V_{Rdc} = \frac{0,138}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot \frac{E_f}{E_s} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

Eine Mindestbewehrung für Balken und Platten $B/H < 5$ ist mit Betonstahl nach DIN 488 bzw. nichtrostend nach Zulassung auszuführen und wird nach DIN EN 1992-1-1/NA zu ermittelt.

Erweiterte Bemessungs- und Konstruktionsregeln mit Z.I.E

Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit erfolgt nach dem Verfahren von Hegger/Kurth, veröffentlicht in [4] und detailliert in [5], siehe auch [3]. Ist eine Combar® Längsbewehrung vorhanden, können sowohl Bügel mit Combar® Bewehrung als auch Bügel mit Betonstahl oder nichtrostenden Stahl bemessen werden. Bei Combar® Bügeln gelten die Festigkeiten für gebogene Stäbe bei statisch unbestimmten System, für Kurzzeitbeanspruchungen können höhere Festigkeiten berücksichtigt werden.

Material	Langzeit		Kurzzeit		
	E- Modul	f_{rk}	f_{rd}	f_{rk}	f_{rd}
	N/mm ²				
Combar	50000	208	160	260	200
B500	200000	500	435	500	435
B500 NR	Zulassung	500	435	500	435

V_{Rdc} : Tragfähigkeitsanteil ohne Querkraftbewehrung
vom Ergebnis identisch mit der Formel in [1]

$$V_{Rd,c} = \beta \cdot \frac{1}{424 \cdot \gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot E_{fl} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

Kurzzeitbeanspruchung:

der Tragkraftanteil aus Längskraft $0.12 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d$ darf berücksichtigt werden, wobei Druck die Tragfähigkeit erhöht, Zug reduziert.

V_{Rdf} : Tragfähigkeitsanteil der Bewehrung

$$V_{Rdf} = \alpha_{fw} \cdot f_{fd,w} \cdot z \cdot \cot(\theta)$$

$f_{fd,w}$: Bemessungswert der Zugfestigkeit des Bügels
abhängig von der Bauteilbiegesteifigkeit (näherungsweise nur Anteil der Längsbewehrung)

Druckstrebenwinkel θ :

$$\theta = \arctan \left[\sqrt[3]{\frac{M/V \cdot \alpha_{fw} \cdot E_{fw}}{A_{fl} \cdot E_{fl}}} \right] \begin{cases} \geq 20^\circ \\ \leq 50^\circ \end{cases}$$

- Bedingt durch die Abhängigkeit des Druckstrebenwinkels von der Schubbewehrung muss die Ermittlung der erforderlichen Schubbewehrung iterativ erfolgen, so dass $V_{Ed} = V_{Rdc} + V_{Rdf}$ gilt.
- Da der Druckstrebenwinkel auch vom Biegemoment beeinflusst wird, ist die Kombination maximale Querkraft und zugehöriges Moment nicht zwangsläufig maßgebend.

$V_{Rd,max}$ maximale aufnehmbare Querkraft

$$V_{Rd,max} = V_{Rd,c} + \frac{1,1 \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cm}^{2/3}}{\gamma_c \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))}$$

$a_{fw,min}$ Mindestschubbewehrung

Langzeitfestigkeit: Formel aus [5]

$$\min \rho_{fw} = 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{fd,w}} \cdot E_{fl}^{1/3}$$

Kurzzeitfestigkeit: Formel aus [3]

$$\rho_{fw,min} = 0,16 \cdot f_{cm} / f_{fd,w}$$

Besonderheiten bei Kreisquerschnitten, z.B. Bohrpfähle

- Wirksame Breite b_w nach [6]:
kleinste Breite zwischen Zug- und Druckresultierender
- Wirksamkeitsfaktor Rundbügel
Wegen der suboptimalen Form für die Aufnahme der vertikal einwirkenden Querkraft erfolgt eine Abminderung der Bügeltragfähigkeit

Anwendungsgrenzen

- Vorwiegend ruhende Lasten
- Keine Torsionsbeanspruchung
- Z.Zt. Spannungs- und Rissbreitennachweis noch nicht implementiert
- Der Bewehrungsabstand für Brandwiderstandsdauer ist gesondert zu beachten
- Temperaturen von -20 °C bis 40 °C
- Betonfestigkeiten von C12/15 bis C50/60 ausnutzbar nach abZ [1]
- Maximaler Bewehrungsgrad 0.035
- Keine Kombination von Längsbewehrung aus Betonstahl und Längsbewehrung aus Combar®
- Keine Kombination von Längsbewehrung aus Combar® geradem Stab und Längsbewehrung aus Combar® gebogenem Stab
- Keine Combar® Bügel bei konventioneller Längsbewehrung
- Keine Querschnitte mit Ortbetonergänzung
- Keine zweiachsige Querkraft- und Momentenbeanspruchung

Ausblick

Bis zum Release R2023-1 sind noch folgende Erweiterungen des Programmes geplant:

- Implementierung der Nachweise im GZG für die Begrenzung der Rissbreite und Spannungen
- Implementierung einer kombinierten Querkraftbewehrung aus Bügeln und Doppelkopfbolzen
- Berücksichtigung des für die Brandwiderstandsdauer erforderlichen Bewehrungsabstandes

Literatur

- [1] DIBt (2019): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/Allgemeine Bauartgenehmigung Schöck Combar® (Z-1.6-238). Hg. v. Schöck Bauteile GmbH und Deutsches Institut für Bautechnik. Baden-Baden. Online verfügbar unter https://www.schoeck.com/download/8047/Zulassung_Schoeck_Combar®_Z_1.6_238%5B8047%5D.pdf/de, zuletzt geprüft am 12.05.2022.
 - [2] Betonkalender 2016 Teil 1, S.228-230
 - [3] Schöck Bauteile GmbH (Hg.) (2019): Technische Information Schöck Combar® *1 Online verfügbar unter https://www.schoeck.com/download/7725/Technische_Information_Schoeck_Combar®_%5B7725%5D.pdf/de, zuletzt geprüft am 12.05.2022.
 - [4] Hegger, Kurth: „Querkrafttragfähigkeit von Betonbauteilen mit Faserverbundkunststoff-Bewehrung – Ableitung eines Bemessungsansatzes“; Bauingenieur 10/2013
 - [5] Kurth, Martin (2012): Zum Querkrafttragverhalten von Betonbauteilen mit Faserverbundkunststoff-Bewehrung. Aachen. Online verfügbar unter <http://publications.rwth-aachen.de/record/210436/files/4471.pdf>
 - [6] Dissertation Bender, „zum Querkrafttragverhalten von Stahlbetonbauteilen mit Kreisquerschnitt“, Bochum 2009
 - [7] Hegger, Josef; Roeser, Wolfgang; Kurth, Martin (2022): Gutachten zu Schöck Combar® Bewehrungsstäben im Spezialtiefbau (Soft Eye). Aachen. verfügbar auf Anfrage bei Schöck Bauteile GmbH.
- *1: Dieses Dokument befindet sich derzeit noch in Überarbeitung. Detaillierte Informationen können Sie über diesen Kontakt einholen:
Schöck Bauteile GmbH Anwendungstechnik
Tel. 07223 967-567 E-Mail: Combar@schoeck.de