

# Toolbox

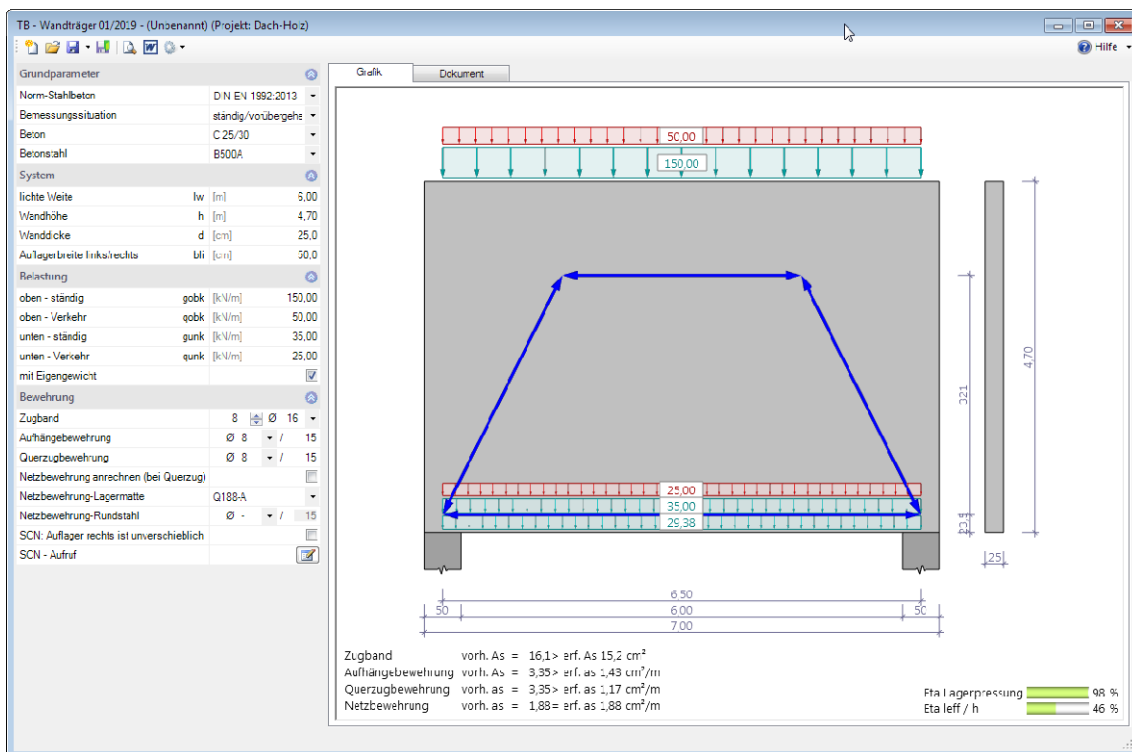
## TB-BWT: Wandträger

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

Stand: 20.03.2019



## Anwendungsmöglichkeiten

Mit diesem Programm kann der Nachweis für einen wandartigen Einfeldträger aus Normalbeton gemäß EC2 geführt werden.

Das Programm führt folgende Einzelberechnungen durch:

- erforderliche Zugbewehrung
- ggf. erforderliche Aufhängebewehrung
- Druckstrebenachweis

## Bemessungsgrundlagen

Grundlage für die Berechnung ist die DIN EN 1992-1-1 mit deutschem NA bzw. ÖNORM B 1992-1-1 und das Heft 240 des DafStb.

## Belastung

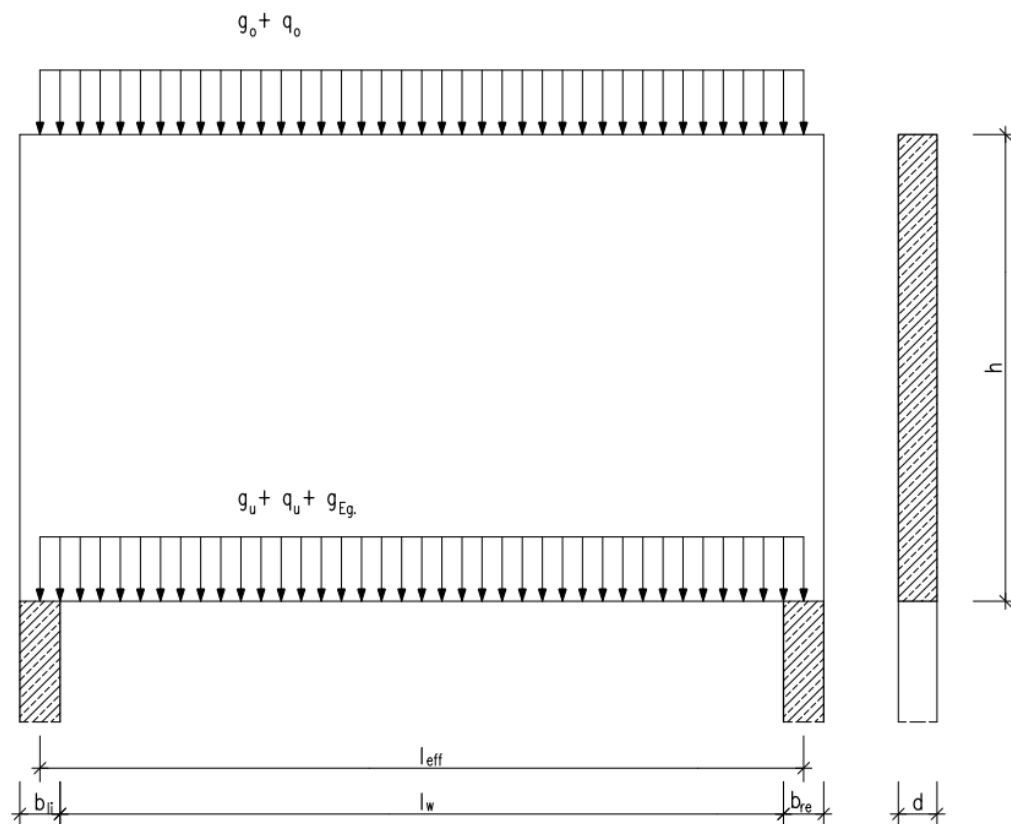
Die Lasteingabe erfolgt mit charakteristischen Werten. Für die Bemessungslasten gilt dann für

ständige Lasten  $\gamma_G = 1,35$

veränderliche Lasten  $\gamma_Q = 1,50$

Das Wandeigengewicht wird mit  $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$  optional berücksichtigt und zu den ständigen Lasten hinzu addiert.

## Bemessung



Es wird geprüft, ob hier eine Bemessung als wandartiger Träger zutrifft:  
Gemäß /1/ und /2/ gilt für Einfeldträger  $h/l_{eff} > 1/3$ .

Die Ermittlung der Längszugkraft erfolgt über das an einem Biegeträger ermittelte Moment und den im folgenden genannten Gleichungen.

Die resultierende Längszugkraft ergibt sich zu:

$$F_{td,F} = \frac{M_{Ed,F}}{z_F}$$

mit

$M_{Ed,F}$  Feldmoment

$z_F$  rechnerischer Hebelarm der inneren Kräfte

Die Ermittlung des Hebelarms erfolgt bei

$$1/3 < h/l_{eff} < 1,0 \text{ mit } z_F = 0,3 \cdot h \cdot \left( 3 - \frac{h}{l_{eff}} \right)$$

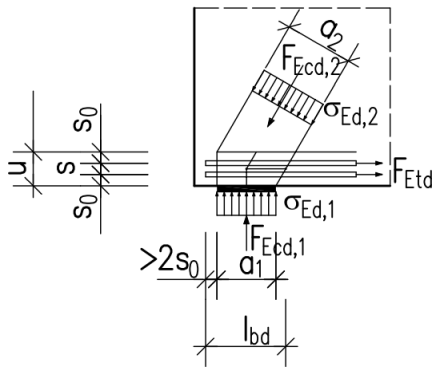
Für die ÖNORM /2/ gilt gem. 12.7.1.2  $z_F = 0,6l \leq 0,75 h$

Es wird mit vorstehender Formel gerechnet, wobei  $z_F$  auf  $0,75 h$  begrenzt wird.

bei  $h/l_{eff} > 1,0$  mit  $z_F = 0,6 \cdot l_{eff}$

Eine eventuell unten angehängte Last und das Eigengewicht sind durch eine vertikale Bewehrung hoch zu hängen und über dem Druckbogen zu verankern.

Der Nachweis der Druckstrebe am Auflager erfolgt als Zug-Druck-Knoten entsprechend S.96, 97 in der kommentierten Fassung.



### Bemessungswert der Druckfestigkeit für Betonstreben

$$\sigma_{Rd,max} = 0,6 \cdot v' \cdot f_{cd}$$

$f_{cd}$  Bemessungswert der Betondruckfestigkeit mit

$$v' = 1,25 \text{ gem. DIN EN}$$

Für Betonfestigkeitsklassen  $\geq C55/67$  ist  $v'$  mit  $v_2$  zu multiplizieren

$$v'_2 = 1,1 - f_{ck} / 500$$

$$v' = 1 - f_{ck} / 250 \text{ gem. ÖNORM}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$\alpha_{cc}$  Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen

$\gamma_c$  Teilsicherheitswerte für Beton

gem. DIN EN gilt:

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

$$\gamma_c = 1,5 \text{ für ständige und vorübergehende Einwirkungen}$$

$$\gamma_c = 1,3 \text{ für außergewöhnliche Einwirkungen}$$

gem. ÖNORM gilt:

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5 \text{ für ständige und vorübergehende Einwirkungen}$$

$$\gamma_c = 1,2 \text{ für außergewöhnliche Einwirkungen}$$

### Bemessungsdruckfestigkeit im Knoten (hier Druck-Zug-Knoten)

für DIN EN gilt somit:

$$\sigma_{Rd,max} = 0,75 \cdot v' \cdot f_{cd}$$

$$v' = 1,0$$

Für Betonfestigkeitesklassen  $\geq C55/67$  ist  $v'$  mit  $v_2$  zu multiplizieren

$$v'_2 = 1,1 - f_{ck} / 500$$

für ÖNORM gilt:

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \cdot v' \cdot f_{cd}$$

mit

$$k_2 = 0,9 \text{ gem. 9.5.2 /2/}$$

$$v' = 1 - f_{ck} / 250$$

### Nachweis der Auflagerpressung

$$\sigma_{Ed,1} = \frac{F_{Ed,A}}{a_1 \cdot t} \leq \sigma_{Rd,max}$$

### Nachweis der Druckstrebe

$$\sigma_{cd,2} = \frac{F_{cd}}{a_2 \cdot t} \leq \sigma_{Rd,max}$$

mit

$F_{Ed,A}$  Auflagerkraft

$F_{td}$  Zugkraft

$\vartheta$  Neigung der Druckstrebe

$\tan \vartheta$   $F_{Ed,A} / F_{td}$

$F_{cd}$  Druckstrebenkraft =  $F_{Ed,A} / \sin \vartheta$

$a_1$  Auflagerbreite

$a_2$   $(a_1 + u \cdot \cot \vartheta) \cdot \sin \vartheta$

$u$   $\leq 0,1 \cdot h$

$\sigma_{Rd,max}$  Bemessungsdruckfestigkeit, siehe oben

### Nachweis der Zugbands

$$A_{st,erf.} = \frac{F_{td}}{f_{yd}}$$

mit

$F_{td}$  Zugkraft

$f_{yd}$   $f_{yk} / \gamma_s$

Die Zugbandbewehrung ist vollständig auf die Auflager zu führen und mit 80% von  $F_{td}$  zu verankern, siehe /3/.

### Anmerkung

Nach /1/ und /2/ 9.7 (3): Die Bewehrung, die den Zugstäben im Bemessungsmodell zugeordnet ist, ist vollständig zu verankern.

Die Bewehrungsstäbe sollen i.d.R gerade enden (stehende Haken sind zu vermeiden) und ggf. mit Schlaufen verankert werden. Die Bewehrung ist über eine Höhe von  $0,1 h$  bzw.  $0,1 l_{\text{eff}}$  zu verteilen.

## Querzugbewehrung

Für die entstehenden Querzugkräfte im Lastausbreitungsbereich ist eine entsprechende Bewehrung vorzusehen.

Die resultierende Querzugkraft und die daraus resultierende erforderliche Bewehrung erhält man dann für eine zentrische Belastung zu:

$$F_{sd} = \frac{1}{4} \cdot F_{Ed} \cdot \left( 1 - 0,7 \frac{a}{H} \right)$$

$F_{sd}$	resultierende Querzugkraft
$F_{Ed}$	mittig auf der Gesamtfläche wirkende Druckkraft
$a$	Seitenlänge der Teilfläche
$H$	Seitenlänge des Druckfeldes

Für  $a = 0$  ergibt sich:

$$F_{sd} = \frac{F_{cd}}{4}$$

Die absolute erforderliche Querzugbewehrung erhält man dann zu:

$$A_{s,\text{erf}} = F_{sd} / f_{yd}$$

Die resultierende Querzugbewehrung darf horizontal eingelegt werden und wird über die halbe Länge der Druckstrebe verteilt.

Damit ergeben sich je Wandseite und m:

$$\text{erf. } a_s \text{ je Seite: } \frac{A_{s,\text{erf}} / 2}{\text{Länge}_{\text{Druckstrebe}} / 2} \quad [\text{cm}^2 / \text{m}]$$

Die vorhandene Netzbewehrung kann hierfür angerechnet werden.

## Aufhängebewehrung

Unten angreifende Lasten müssen durch eine vertikale Bewehrung nach oben gehängt werden. Das Eigengewicht wird hierbei ebenfalls vollständig angesetzt. Je Seite ergeben sich somit:

$$a_{sA} = \frac{1}{2} \cdot \frac{g_{d,u} + q_{d,u} + g_{\text{Eigengewicht}}}{f_{yd}}$$

Die Mindestbewehrung kann hierbei berücksichtigt werden.

Die Ermittlung der Übergreifungslänge bei evtl. gewählten Schlaufen erfolgt wie oben bei der Verankerung der Zugbewehrung unter Punkt 2 beschrieben.

## Mindestbewehrung

Die Mindestbewehrung  $A_{s,dbmin}$  je Wandaußenseite beträgt:

$$A_{s,dbmin} = 0,075\% \text{ von } A_c \text{ bzw. } \geq 1,5 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{gem. /1/ 9.7}$$

$$A_{s,dbmin} = 0,001\% \text{ von } A_c \text{ bzw. } \geq 1,5 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{gem. /2/ 12.7.2}$$

Anmerkung: Die Maschenweite muss kleiner der doppelten Dicke der Wand oder kleiner 30 cm sein.

## Mindestwanddicke

gem. /1/ 9.6.1

Die Mindestwanddicke wird auf 8 cm begrenzt. Diese Begrenzung gilt für Fertigteile gem. EC2 9.7 aus Stahlbeton  $\geq C16/20$  und bei durchlaufenden Deckenplatten. Siehe hierzu auch Tabelle NA.9.4 in /1/.

gem. /2/ 12.7.1.3

Die Mindestwanddicke wird bei Herstellung in Ortbeton auf 15 cm begrenzt.

## Zugbewehrung

Die Zugbewehrung ergibt sich als absolutes  $A_s$ . Diese Bewehrung wird i.d.R. auf den Auflagern gerade endend eingebaut. Eventuell wird bei Nichteinhalten der Bedingungen für die Endverankerung dort eine zusätzliche Schlaufenbewehrung notwendig, was gesondert zu prüfen ist.

## Aufhängebewehrung

Die Aufhängebewehrung wird absolut als erf.  $a_s$  /m ermittelt. Da die Aufhängebewehrung aus Schlaufen besteht, wird das tatsächlich erf.  $a_s$  durch 2 dividiert.

### Anmerkung:

Diese Schlaufenbewehrung kann mit einem Übergreifungsstoß in Verbindung mit der Netzbewehrung oder auch alternativ als geschosshoher Bügel ausgeführt werden. Bei geschosshoher Ausführung der Bügel wird normalerweise auf die Netzbewehrung aus Matten verzichtet und es wird auch die Querbewehrung in Rundstahl ausgeführt.

### Beispiel:

Rechnerisch erf.  $a_s$  /m =  $5,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ , daraus ergibt sich dann ein erf.  $a_s$  /m von  $5,8/2 = 2,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

Hier würde man dann Schlaufen  $\emptyset 8/15$  wählen, das ergibt dann  $2 \cdot 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} = 6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

## Querzugbewehrung

Die Querzugbewehrung wird absolut als Summe erf.  $A_s$  ermittelt. Diese Bewehrung wird über die Höhe der Druckstrebe auf die beiden Seiten verteilt und ergibt dann ein erf.  $a_s$  /m (je Seite).

### Anmerkung:

Für die Querzugbewehrung kann eine vorhandene Netzbewehrung angerechnet werden. Reicht die Netzbewehrung nicht aus, kann zusätzlich im notwendigen Bereich Rundstahl verlegt werden oder es wird ggf. auf die Netzbewehrung verzichtet und die Querbewehrung und Aufhängebewehrung wird komplett in Rundstahl ausgeführt.

## Netzbewehrung (Mindestbewehrung)

Die Mindestbewehrung wird je Wandaußenseite als erf.  $a_s$  /m ermittelt. Diese Bewehrung wird i.d.R. als Mattenbewehrung ausgeführt.

### Anmerkung:

Aus den o.g. Situationen ergeben sich nun mögliche Auswahlkriterien für die Wahl der auszuführenden Bewehrung:

### Zugbewehrung

Hier gibt es im Prinzip keine Optionen (es könnte natürlich theoretisch bei einer geringen erforderlichen Zugbewehrung eine vorhandene Querkzugbewehrung mit verwendet werden.

### Aufhängebewehrung

- Ausführung als Schlaufe in Verbindung mit Netzbewehrung
- Ausführung als geschosshoher Bügel

### Querkzugbewehrung

- wird von der Netzbewehrung abgedeckt
- es wird zur Netzbewehrung eine zusätzliche Rundstahlbewehrung ausgeführt
- Ausführung nur in Rundstahl (keine Netzbewehrung, dies bedeutet dann, dass auch die Aufhängebewehrung in Rundstahl ausgeführt werden muss)

### Netzbewehrung

- Ausführung nur mit Matten (das ist die Regel)
- Ausführung in Rundstahl
- Ausführung mit Matten und zusätzlichem Rundstahl
- keine Netzbewehrung, weil Aufhängebewehrung und Querbewehrung in Rundstahl ausgeführt sind und das erf.  $a_s$  der Netzbewehrung abdecken.

## Literaturverzeichnis

- /1/ DIN EN 1992-1-1/NA Ber.1:2012-06
- /2/ ÖNORM B 1992-1-1 Ausgabe:2011-12-01
- /3/ Heft 240 des DAfStb
- /4/ Vorlesung über Massivbau Teil 3 – F. Leonhardt
- /5/ Beispiele zu DIN EN 1992-1-1, Prof. Dr.-Ing. J. Walther