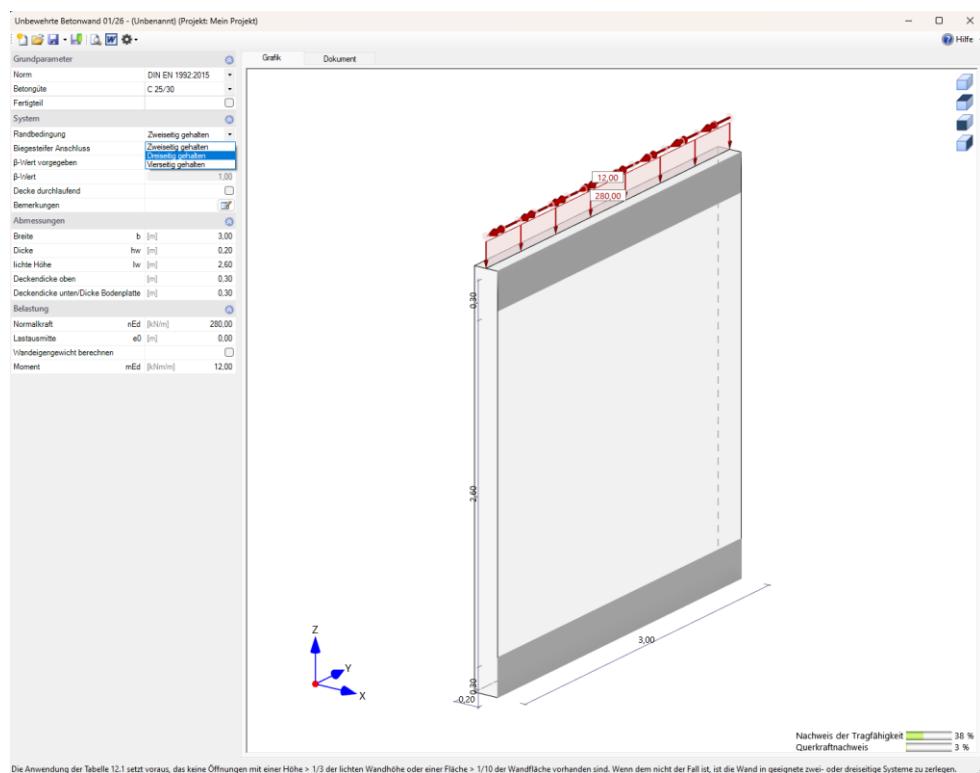


# Toolbox: Unbewehrte Betonwand TB-BUW

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anwendungsmöglichkeiten</b>	<b>2</b>
<b>Bemessungsgrundlagen</b>	<b>2</b>
<b>System</b>	<b>2</b>
<b>Material</b>	<b>3</b>
<b>Belastung</b>	<b>4</b>
<b>Nachweise</b>	<b>4</b>
Biegung mit Normalkraft	4
Querkraftnachweis	5
Nachweis nach Th. II. O. - Vereinfachtes Verfahren	6
Anwendungsgrenzen und Konstruktionsregeln	6
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>7</b>



## Anwendungsmöglichkeiten

Betonwände müssen nicht zwangsläufig eine Bewehrung erhalten. Wenn die Wände keine nennenswerten Biegemomente erhalten, sondern hauptsächlich Druckkräften ausgesetzt sind, können sie auch ohne Bewehrung ausgeführt werden.

Unbewehrte Betonwände sind oftmals preiswerter und schneller in der Herstellung, außerdem weisen sie eine bessere CO2-Bilanz im Vergleich zu Stahlbetonwänden auf.

Mit diesem Programm können unbewehrte oder gering bewehrte Wände üblicher Hochbauten gem. EN 1992-1-1, Kapitel 12 nachgewiesen werden. Bauteile gelten als gering bewehrt, wenn die vorhandene Bewehrung geringer als die Mindestbewehrung für Stahlbeton ist.

Das Programm führt folgende Einzelberechnungen durch:

- Ermittlung der Knicklänge
- Nachweis für Biegung und Normalkraft
- Stabilitätsnachweis (vereinfachter Nachweis nach Th. II. O.)
- Querkraftnachweis
- Überprüfung der Anwendungsgrenzen und Konstruktionsregeln

## Bemessungsgrundlagen

Grundlage für die Berechnung ist die EN 1992-1-1:2015. Folgende nationale Anhänge stehen zur Verfügung:

DIN EN 1992:2015	Deutschland
BS EN 1992:2015	Großbritannien
ÖNORM EN 1992:2018	Österreich
NBN EN 1992:2010	Belgien
NEN EN 1992:2011	Niederlande
PN EN 1992:2010	Polen
CSN EN 1992:2011	Tschechien

## System

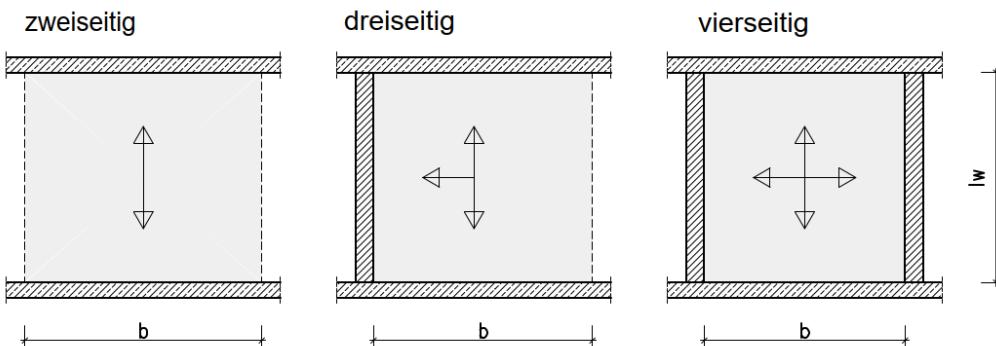
Als statisches System der Wand wird immer von einem Pendelstab (gelenkige Lagerung am Wandkopf und Wandfuß) ausgegangen.

Die Knicklänge wird in Abhängigkeit der Lagerungsbedingungen und der Wandabmessungen nach EN 1992-1, Tabelle 12.1 ermittelt.

Optional kann der Knicklängenbeiwert  $\beta$  auch vom Anwender vorgegeben werden.

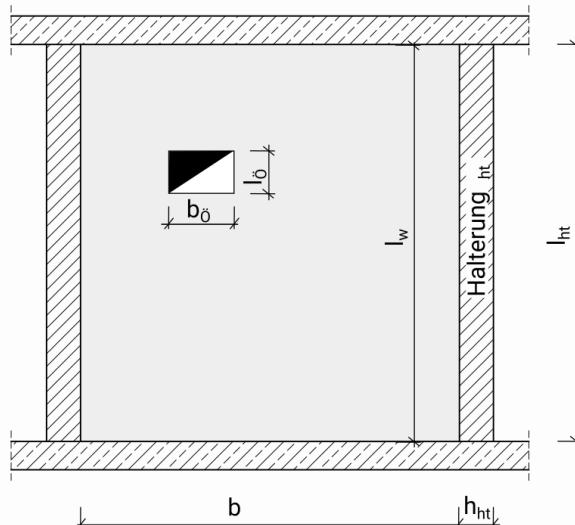
Darüber hinaus steht eine Option für biegesteif angeschlossene Wände zur Verfügung. Gemäß 12.6.5.1 (4) kann für am Kopf- und Fußende biegesteif angeschlossene zweiseitig gehaltene Wände,  $\beta$  mit dem Faktor 0,85 abgemindert werden.

Die Lagerung bzw. Halterung der Wand kann sein:



**Bedingung Wandöffnungen:** Die Anwendung der Tabelle 12.1 setzt voraus, dass keine Öffnungen mit einer Höhe  $> 1/3 \cdot l_w$  oder einer Fläche  $> 1/10 \cdot b \cdot l_w$  vorhanden sind. Wenn dem nicht der Fall ist, muss die Wand in entsprechende zwei- oder dreiseitige Systeme zerlegt werden.

- $h_0 < 1/3 \cdot l_w$
- $b_0 \cdot h_0 < \frac{1}{10} b \cdot l_w$



#### Definition der Wandlagerung:

Eine Querwand kann als aussteifende Wand (=Halterung) angesehen werden, wenn:

- $h_{ht} \geq 0,5 h_w$
- $l_{ht} = l_w$
- $b_{ht} \geq l_w / 5$
- keine Öffnung innerhalb:  $b_{ht,min} = l_w / 5$

## Material

Es kann Normal- oder Leichtbeton gemäß EN 1992-1-1 berücksichtigt werden. Nach EN 1992-1-1, 11.12 (1) gelten alle Regeln analog, wenn Leichtbeton verwendet wird. Für Leichtbetonwände müssen sowohl die Festigkeitsklasse als auch die Trockenrohdichte  $\rho$  angegeben werden.

Aufgrund der geringeren Duktilität von unbewehrtem Beton sind in der Regel die Werte für  $a_{cc,pl}$  und  $a_{ct,pl}$  geringer als die Werte  $a_{cc}$  und  $a_{ct}$  für bewehrten Beton anzusetzen.

Wenn nach NA-DIN gerechnet wird, ist die Betonfestigkeitsklasse C35/45 die maximal zulässige Festigkeitsklasse für Normalbetone und LC20/22 für Leichtbetone. Für höhere Betonfestigkeitsklassen wird

programmintern die maximale Betondruckfestigkeit auf  $f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$  (Normalbetone) und auf  $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$  (Leichtbetone) gesetzt.

Für die übrigen implementierten NA gibt es keine derartige Begrenzung der Betonfestigkeitsklasse.

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

$$f_{cta,pl} = \alpha_{ct,pl} \cdot f_{ctk;0,05} / \gamma_c$$

Norm	$\alpha_{cc,pl}$	$\alpha_{ct,pl}$	$\gamma_c$ (ständig/ vorübergehend)	Max. Festigkeitsklasse
EN	0,8	0,8	1,5	keine Begrenzung
DIN	0,7	0,7	=EN	C35/45 und LC20/22
BS	0,6	=EN	=EN	=EN
ÖNORM	=EN	=EN	=EN	=EN
NBN	=EN	=EN	=EN	=EN
NEN	=EN	=EN	=EN	=EN
PN	=EN	=EN	1,4	=EN
CSN	=EN	=EN	=EN	=EN

Falls die Wand als ein Fertigteil ausgeführt wird, kann dies programmintern durch den Ansatz von reduzierten Teilsicherheitsbeiwerten für Beton (nach Anhang A) berücksichtigt werden.

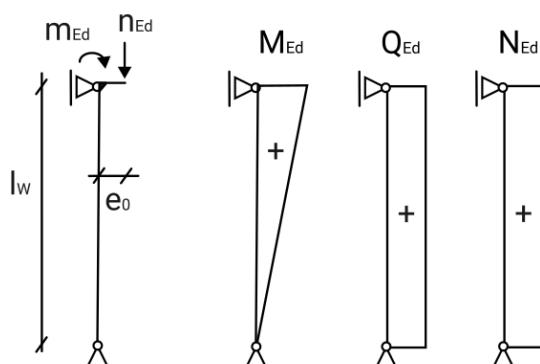
## Belastung

Die Lasteingabe erfolgt für den Wandkopf mit Design-Werten.

Die möglichen Lasteingaben umfassen eine Normalkraft  $n_{Ed}$  mit ggf. Lastausmitte  $e_0$  und ein Moment  $m_{Ed}$ .

Das Wandeigengewicht wird mit  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$  und einem Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_G = 1,35$  optional berücksichtigt und zu der eingegebenen Normalkraft addiert.

Die Nachweise erfolgen für das nachfolgend dargestellte statische System und Belastung, mit den daraus resultierenden Schnittgrößen.



## Nachweise

### Biegung mit Normalkraft

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = \eta \cdot f_{cd,pl} \cdot b \cdot h_w \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e}{h_w}\right)$$

$b$  Wandbreite

$h_w$  Wanddicke

$e$  Lastausmitte nach Th. I. O. (von  $N_{Ed}$  in Richtung  $h_w$ )

$$e = e_0 + e_1$$

Mit:  $e_1$  Exzentrizität infolge des Moments  $m_{Ed}$ :  $e_1 = m_{Ed}/n_{Ed}$

$e_0$  die Lastausmitte von  $n_{Ed}$

$\eta \cdot f_{cd,pl}$  Bemessungsdruckfestigkeit mit:

$$\eta = 1,0 \quad \text{für} \quad f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \quad \text{für} \quad 50 \text{ N/mm}^2 \leq f_{ck} \leq 100 \text{ N/mm}^2$$

## Querkraftnachweis

$$\tau_{cp} \leq f_{cvd}$$

$$\tau_{cp} = k \cdot \frac{V_{Ed}}{A_{cc}} \quad (\text{Rechteckquerschnitt})$$

Mit:

$k$  Länderspezifischer Wert  $k$ . Für alle angebotenen NA gilt  $k = 1,5$

$A_{cc}$  Druckzone

es gilt weiterhin:

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_{cc}}$$

$$\sigma_{c,lim} = f_{cd,pl} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd,pl} \cdot (f_{ctd,pl} + f_{cd,pl})}$$

wenn  $\sigma_{cp} \leq \sigma_{c,lim}$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd,pl}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd,pl}}$$

wenn  $\sigma_{cp} > \sigma_{c,lim}$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd,pl}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd,pl} - \left( \frac{\sigma_{cp} - \sigma_{c,lim}}{2} \right)^2}$$

Zur Bestimmung der Druckzonenfläche  $A_{cc}$ :

Die Druckzonenfläche wird ggf. am ungerissenen Restquerschnitt bestimmt.

Gemäß 12.6.3 (3) kann ein Querschnitt als ungerissen angesehen werden, wenn die Hauptzugspannung  $\sigma_{ct1}$  im Beton den Wert  $f_{ctd,pl}$  nicht überschreitet.

Die Hauptspannung für den einachsigen Fall ergibt sich aus der Normalspannung  $\sigma_x$  und der Schubspannung  $\tau$ .

$$\sigma_{ct1} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Die Ermittlung der Druckzonenfläche erfolgt damit iterativ.

## Nachweis nach Th. II. O. - Vereinfachtes Verfahren

Für schlanke Stützen darf der Bemessungswert der Normalkraft vereinfacht wie folgt berechnet werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = f_{cd,pl} \cdot b \cdot h_w \cdot \phi$$

$$\phi = 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{tot}/h_w) - 0,02 \cdot l_0/h_w \leq (1 - 2 \cdot e_{tot}/h_w)$$

$$e_{tot} = e_0 + e_1 + e_i + e_\phi$$

$e_0$  die Lastausmitte von  $n_{Ed}$

$e_1$  Exzentrizität infolge des Moments  $m_{Ed}$

$e_i$  Lastausmitte infolge geometrischer Imperfektionen nach 5.2

$e_\phi$  Exzentrizität aufgrund Kriechens

$l_0$  Knicklänge

Im Allgemeinen gilt eine Wand oder Stütze als schlank (d. h. ein Nachweis nach Th. II. O. ist erforderlich), wenn die Schlankheit  $\lambda$  nicht unterhalb eines Grenzwertes  $\lambda_{lim}$  (5.8.3.1) liegt.

Nach DIN ist für unbewehrte Wände ein Nachweis nach Th. II. O. zu führen, wenn folgendes Schlankheitskriterium gilt:

$$l_{col}/h \geq 2,5$$

Norm	$k$	$\theta_0$ für $e_i$ (5.2)	$e_\phi$	Bedingung für den Nachweis nach Th. II. O.
EN	1,5	1/200	eingebbar	$\lambda \geq \lambda_{lim}$
DIN	=EN	=EN	vernachlässigbar	$l_{col}/h \geq 2,5$
BS	=EN	=EN	=EN	EN
ÖNORM	=EN	=EN	=EN	EN
NBN	=EN	=EN	=EN	EN
NEN	=EN	1/300	$0,001 \cdot l_0$	EN
PN	=EN	=EN	=EN	EN
CSN	=EN	=EN	=EN	$\lambda_{lim} \leq 75$ $\lambda_{lim} = 25, \text{ wenn }  n  \geq 0,41$

## Anwendungsgrenzen und Konstruktionsregeln

### Konstruktionsregeln

Nach EN 1992-1-1 sollte die Gesamtdicke der Wände in der Regel nicht kleiner als 120 mm sein. Eine entsprechende Überprüfung erfolgt vom Programm.

Wenn nach NA-DIN gerechnet wird, erfolgt eine Überprüfung der Mindestwanddicken gem. Tabelle DIN EN 1992-1 NA, 12.2. Für Betone mit sehr niedriger Festigkeit bzw. nicht durchlaufenden Decken sind größere Wanddicken erforderlich. Fertigteilwände mit durchlaufenden Decken dürfen dagegen mit geringen Mindestwanddicken ausgeführt werden. Falls Leichtbeton verwendet wird, kann außerdem gemäß 11.12.(1) die Tabelle für LC12/13 (statt C12/15) und für  $\geq$  LC16/28 (statt  $\geq$  C16/20) analog verwendet werden.

### Anwendungsgrenzen

Folgende weitere Überprüfungen der Anwendungsgrenzen erfolgen:

- $\lambda \leq 86$  (Begrenzung der Schlankheit nach 12.6.5.1 (5))
- Vermeidung örtliches Versagen (nach 12.6.2) durch Begrenzung der zulässigen Lastausmitte (nur für DIN und ÖNORM)
- Nach 12.6.2 sind große Risse zu vermeiden. Da für NA außerhalb DIN und ÖNORM keiner Definition der zulässigen Lastausmitte vorliegt, erfolgt zumindest die Berechnung der Randspannungen (innerhalb oder

außerhalb des Kerns liegend). Eine Bewertung sollte derzeit durch den Anwender erfolgen. Ab einer Ausmitte von  $e_{tot} > h_w/3$  wird dabei von einer zu großen Rissbildung ausgegangen

<b>Norm</b>	<b>Begrenzung Lastausmitte</b>	<b>Mindestwanddicken</b>
EN	Keine Angabe	120 mm
DIN	$e_{tot}/h_w < 0,4$	Tab. NA 12.2, Option Fertigteil und Decke durchlaufend
BS	= EN	=EN
ÖNORM	$\lambda \leq 35: e_{tot}/h_w = 0,33$ $35 \leq \lambda \leq 70: e_{tot}/h_w = 0,25$ $70 \leq \lambda \leq 86: e_{tot}/h_w = 0,15$	=EN
NBN	=EN	=EN
NEN	=EN	=EN
PN	=EN	=EN
CSN	=EN	=EN

## Literaturverzeichnis

/1/ EN 1992-1-1 A1:2015