

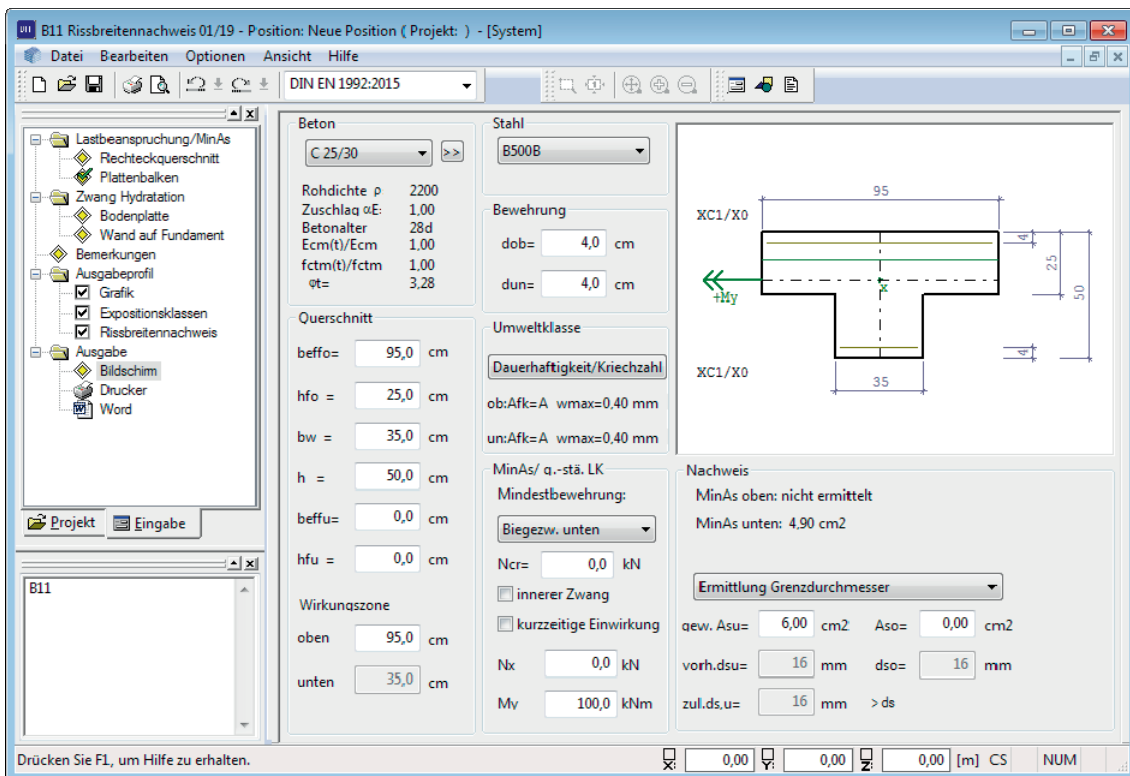
# Rissbreitennachweis – B11

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

Stand: 02.05.2019



Drücken Sie F1, um Hilfe zu erhalten.

# Rissbreitennachweis – B11

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anwendungsmöglichkeiten</b>	<b>3</b>
Hinweise zu den Versionen ab 02/11	5
<b>Berechnungsgrundlagen</b>	<b>6</b>
Nachweis der Rissbreite nach Eurocode	6
Erforderliche Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung beim Einzelriss	8
Abgeschlossenes Rissbild	8
Maßgebende Einwirkungskombination und zulässige Rissbreite nach Tab. 7.1 (NDP)	8
Nachweis der Rissbreite unter Lastbeanspruchung	9
Mindestbewehrung	9
Zwang	11
Zwang infolge abfließender Hydratationswärme von Bodenplatten	13
Zwang infolge abfließender Hydratationswärme nachträglich betonierter Wände	15
<b>Eingabe</b>	<b>17</b>
Materialeingabe	17
Querschnitt-Lastbeanspruchung	19
Lastbeanspruchung-Mindestbewehrung	20
Querschnitt Bodenplatte - Zwang Hydratation	21
Querschnitt Wand - Zwang Hydratation	21
Zwang aus Hydratation - Bodenreibung einer Bodenplatte	22
Zwang aus Hydratation einer Wand	22
Bewehrung	23
Dauerhaftigkeit	23
Nachweis - Steuerung	23
<b>Ausgabe</b>	<b>24</b>
<b>Literatur</b>	<b>25</b>

## Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage [www.frilo.eu](http://www.frilo.eu) ( ▶ Service ▶ Fachinformationen ▶ Bedienungsgrundlagen).

## Anwendungsmöglichkeiten

Das Programm dient dem Rissbreitennachweis nach folgenden Normen:

Eurocode EN 1992-1-1:

Implementierte Nationale Anhänge (NA):

NA-D:	Deutschland DIN 1992-1-1/ NA:2015-09 und DIN EN 1992-1-2/NA:2015-09
NA-A:	Österreich ÖNORM B 1992-1-1:2018 und ÖNORM B 1992-1-2:2011 Diese NA ersetzen die bisher gültigen von 2007 und 2011
NA-GB:	Großbritannien NA to BS EN 1992-1-1 A2:2015-07, BS8500-1:2015 und NA to BS EN 1992-1-2:2004
NA-NL:	Niederlande NEN EN 1992-1-1 + C2:2011/NB:2011 und NEN-EN 1992-1-2+C1:2011/NB:2011 Diese NA ersetzen die bisher gültigen von 2007
NA-B:	Belgien NBN EN 1992-1-1 ANB:2010 und NBN EN 1992-1-2 ANB:2010
NA-CZ:	Tschechien CSN EN 1992-1-1/NA:2011 und CSN EN 1992-1-2/NA:2007 Ersterer NA ersetzt den bisher gültigen von 2007
NA-PL:	Polen PN EN 1992-1-1:2008/NA:2010 und PN-EN 1992-1-2:2008/NA:2010

Anmerkung zu DIN EN 1992-1-1/NA:2015-12:

*Das Auftreten von Schadensfällen waren der Anlass, die pauschale Annahme einer 50%-igen Zugfestigkeit bei frühem Zwang aus dem nationalen Anhang (NCI zu 7.3.2) zu streichen.*

*Außerdem wird auf die Unterscheidung zwischen frühem und spätem Zwang und die damit verbundenen Konsequenzen bei Planung und Ausführung hingewiesen.*

*Die Voreinstellung im Programm für die speziellen Nachweisvarianten für frühen Zwang ist jetzt entsprechend einer Empfehlung in [/22/](#)  $f_{ct,eff} = 0,65 f_{ctm}$ .*

*Ebenfalls begründet durch Schadensfälle, erfolgt eine verschärfte Einstufung tausalz-beanspruchter Verkehrsflächen zu den Expositionsklassen XC3, XD1 und XD3. Eine Reduzierung der Betondeckung um 10 mm durch eine dauerhafte rissüberbrückende Beschichtung für die Expositionsklassen XD wurde gestrichen. Für alle Ausführungsvarianten tausalz-beanspruchter Verkehrsflächen wird ein Instandhaltungsplan im Sinne der DAfStb Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Bauteilen“ [/23/](#) gefordert.*

Ältere Normen:

DIN 1045-1 (2008), ggf. DIN 1045-1 (2001) inkl. Ber. 1+2 und DAfStb H.525.

Der Nachweis der Begrenzung der Rissbreite unter Lastbeanspruchung (Normalkraft und Moment) kann für Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitte geführt werden.

Wahlweise wird für eine vorgegebene Bewehrung der Grenzdurchmesser oder die Rissbreite oder für einen vorgegebenen Durchmesser die erforderliche Bewehrung ermittelt.

Die zulässige Rissbreite ergibt sich zunächst aus den Dauerhaftigkeitsanforderungen der gewählten Norm, kann aber bei besonderen Anforderungen (z.B. WU Beton) auch vom Nutzer vorgegeben werden.

Außerdem kann für die genannten Querschnittstypen eine Mindestbewehrung für Biegezwang oben, Biegezwang unten bzw. zentrischen Zwang basierend auf den Risschnittgrößen ermittelt werden.

Die Zugfestigkeit des Betons kann als 28 Tage Festigkeit oder zeitabhängig ermittelt werden oder vom Nutzer vorgegeben werden. Damit ist ein Nachweis sowohl für frühen als auch für späten Zwang möglich.

Für Zwangskräfte infolge abfließender Hydratationswärme bei Bodenplatten kann ein genauerer Nachweis nach einem Verfahren in /3/ geführt werden.

Für frühen Zwang infolge abfließender Hydratationswärme bei Wänden auf bereits vorher betonierten Fundamenten kann ein genauerer Nachweis nach einem Verfahren in /16/ geführt werden.

Bei beiden Verfahren können sich sehr viel günstigere Ergebnisse als beim Nachweis der Mindestbewehrung ergeben, wenn die genauer ermittelte Zwangskraft die Risschnittgröße nicht erreicht. Deshalb ist bei der Verwendung der genaueren Verfahren die Eingabe besonders sorgfältig vorzunehmen.

Vergleichbare Ergebnisse zu den Diagrammen „Rissbreitennachweis unter zentrischem Zwang infolge Hydratation“ nach Meyer /9/ erhält man im Programm über die Ermittlung der Mindestbewehrung von Rechteckquerschnitten bei entsprechender Einstellung der wirksamen Betonzugfestigkeit und ggf. dem Setzen der Option für inneren Zwang. Die damit ermittelten Bewehrungen sind erwartungsgemäß höher als die nach den oben genannten Verfahren, da hier als Zwangskraft die volle Risschnittgröße angesetzt wird.

Generell ist zu bedenken, dass die Hydratation bzw. der frühe Zwang nicht die einzige Zwangskraft ist, die über die Lebensdauer auf ein Bauteil wirkt. In /21/ wird darauf verwiesen, dass der späte Zwang eher die Regel als die Ausnahme ist, u.a. auch durch neue Trends bei den Bauweisen, z.B. natürlich belüftete Tiefgaragen.

## Hinweise zu den Versionen ab 02/11

### Nachweis für Zwangskräfte infolge abfließender Hydratationswärme bei Wänden:

Der Nachweis wurde komplett neu gestaltet. Das bisher verwendete Verfahren nach DAfStb Heft 466 entsprach nicht mehr dem Stand der Technik und wurde durch das Verfahren nach Lohmeyer, Ebeling „Weiße Wannen einfach und sicher“ ersetzt.

Die mittlere Bauteiltemperatur ergibt sich im Wesentlichen aus der Temperatur infolge der Hydratationswärme  $Q_h$ , die durch die Bauteildicke, Zementmenge und Zementart bestimmt wird. Damit lässt sich die Zwangskraft wesentlich differenzierter bestimmen.

Sind die erforderlichen Angaben beim Erstellen der Statik nicht bekannt, kann durch die nutzerdefinierte Vorgabe einer auf der sicheren Seite liegenden mittleren Bauteiltemperatur wie bisher agiert werden.

Eine Abminderung des Elastizitätsmoduls durch Kriechen des jungen Betons erfolgt nicht mehr. Anstelle der bisher in den Bereichen  $h_1$ ,  $h_2$  und  $h_3$  ggf. unterschiedlich bemessenen Wandabschnitte erfolgt jetzt die Bemessung für die ganze Wand einheitlich mit einer Zwangskraft, die mit der Spannung bei  $h/4$  der Wand ermittelt und durch  $f_{cteff}(t)$  begrenzt wird. Deshalb ist die Bestimmung des Zeitpunktes für  $f_{cteff}$  jetzt von größerer Bedeutung und sorgfältig vorzunehmen.

### Rissbreitennachweis nach Eurocode:

Ebenfalls neu in dieser Version ist die Möglichkeit, den Rissbreitennachweis nach Eurocode entsprechend den implementierten nationalen Anhängen zu führen. Verglichen mit der bisher gewohnten Herangehensweise mit DIN 1045-1 ergeben sich einige Unterschiede.

Durch die höheren Werte für den E-Modul des Betons ergeben sich auch höhere Zwangskräfte.

Verwendet man die Funktionalität für die zeitabhängige Entwicklung von E-Modul und Zugfestigkeit nach Eurocode, ergeben sich verglichen zum bisherigen Verfahren nach MC90 etwas geringere Festigkeiten (geringere Zwangskraftobergrenzen) und etwas höhere E-Moduli (höhere Zwangskraft).

Da für den Rissbreitennachweis nach den verschiedenen nationalen Anhängen des Eurocode der Formelapparat verallgemeinert werden musste, wurde auch für den deutschen Anhang auf die Vereinfachung  $F_{se} = 0$  verzichtet, wodurch sich bei ansonsten gleichen Voraussetzungen eine etwas geringere erforderliche Bewehrung als nach DIN 1045-1 ergibt.

Eine vergleichende Analyse zwischen den Ergebnissen, die sich mit verschiedenen NA ergeben, findet sich in /19/.

Im Zusammenhang mit der Veröffentlichung neuer Versionen von nationalen Anhängen haben sich auch einige Änderungen hinsichtlich des Rissbreitennachweises ergeben. Detaillierte Angaben finden sich in /20/.

### Allgemein:

Die bisher beim Nachweis infolge Hydratation voreingestellte Berücksichtigung als kurzzeitige Einwirkung ist jetzt, da in der Fachöffentlichkeit nicht unumstritten, vom Anwender zu setzen und nicht mehr voreingestellt.

Höhere Anforderungen für W/U Bauteile entsprechend Richtlinie für „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ vom DAfStb oder entsprechend EN 1992-3 lassen sich durch eine nutzerdefinierte Vorgabe der Rissbreite realisieren.

## Berechnungsgrundlagen

### Nachweis der Rissbreite nach Eurocode

Auf der Grundlage der Rissformel **Gl. 7.8** wird für eine gewählte Bewehrung der Grenzdurchmesser ermittelt bzw. für einen vorhandenen Durchmesser die Rissbreite berechnet.

Aus ihr kann auch die zur Einhaltung der zulässigen Rissbreite erforderliche Bewehrung auf der Seite der Zugzone ermittelt werden.

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ : mittlere Dehnungsdifferenz zwischen Stahl und Beton (Gl.7.9)

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$k_t$  : 0,6 kurzzeitige Lastwirkung  
0,4 langfristige Lastwirkung

$\sigma_s$  : Stahlspannung im Zustand II  
Ermittlung mit  $E_{ceff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t=\infty))$

$\alpha_e = E_s / E_{ceff}$

$\rho_{eff}$  : Bewehrungsgrad in der effektiven Zugzone  
 $\rho_{eff} = (A_s + A_p \cdot \xi^2) / A_{ceff}$   
 $A_s$ : Betonstahlfläche innerhalb  $A_{ceff}$   
 $A_p$ : Spannstahlfläche innerhalb  $A_{ceff}$   
 $\xi$ : Faktor für Verbundeigenschaften Spannstahl

$A_{ceff}$  : Fläche der effektiven Zugzone  
 $A_{ceff} = h_{eff} \cdot b_{eff}$   
 $h_{eff} = 2,5 \cdot D1 < (h - X_{0II}) / 3$   
 $X_{0II}$ : Druckzonenhöhe im Zustand II  
 falls keine Bewehrung mit Abstand  $< h_{eff}$   
 vorhanden gilt  $h_{eff} = (h - X_{0I}) / 2$   
 $b_{eff}$  wirksame Zugzonenbreite bei Plattenbalken  
 NA-D:  
 nach /5/ S.191 entsprechend der zulässigen Auslagerungsbreite der Zugbewehrung  
 $b_{eff} \leq \sum (0,5 \cdot b_{eff,i}(Z.I)) + b_w \leq b_f$  (NCI zu 9.2.1.2 (2))  
 Eingabe: ->Dialog zur Steuerung des Rissbreitennachweises

$s_{r,max}$ : maximaler Rissabstand (Gl.7.11)

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}}$$

$k_1$ : Beiwert Bewehrung Verbundeigenschaften  
 0,8 gute Verbundeigenschaften  
 1,6 schlechte Verbundeigenschaften

$k_2$ : Beiwert für Dehnungsverteilung  
 Biegung: 0,5  
 Zug 1,0  
 Biegung + Zug  $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / (2 \cdot \varepsilon_1)$

$c$ : Betondeckung Längsbewehrung

$\phi$ : mittlerer Durchmesser der Zugbewehrung

NDP	$k_3$	$k_4$
EN	3,4	0,425
NA-D	0	$1/(3,6 \cdot k_1 \cdot k_2) < \phi \cdot \sigma_s / (3,6 \cdot f_{ct,eff})$
NA-GB	=EN	=EN
NA-A	0	$1/(3,6 \cdot k_1 \cdot k_2) < \phi \cdot \sigma_s / (3,6 \cdot f_{ct,eff})$
NA-I	=EN	=EN
NA-B	=EN	=EN
NA-NL	=EN	=EN
NA-CZ	=EN	=EN
NA-PL	=EN	

Der Grenzdurchmesser ergibt sich durch Umstellung der Rissformel nach  $\phi$ .

Verglichen mit Tabelle 7.2 können sich günstigere (größere) Grenzdurchmesser ergeben, da die der Tabelle zu Grunde liegenden Vereinfachungen entfallen.

Bei der Rissbildung werden zwei Beanspruchungszustände unterschieden. Zunächst bilden sich an Schwachstellen **Einzerrisse**, die sich bei weiterer Laststeigerung zu einem **abgeschlossenen Rissbild** verdichten. Beim abgeschlossenen Rissbild erreicht die Betonzugspannung zwischen zwei Rissen an keiner Stelle mehr die Betonzugfestigkeit; weitere Risse können nicht entstehen.

Zur Herleitung des Formelapparates der erforderlichen Bewehrung werden folgende Zwischenwerte verwendet:

Mit  $\sigma_s = \frac{F_s}{A_s}$  und  $\rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{ceff}}$  ergibt sich Gl. 7.9 in Abhängigkeit von  $A_s$  zu

$$\Delta \epsilon = \frac{C}{A_s} - D \geq \frac{E}{A_s} \quad \text{mit}$$

$$C = \frac{F_s - \beta_t \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ceff}}{E_s} \quad D = \frac{\beta_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{ceff}}$$

$$E = \frac{F_s \cdot (1 - \beta_t)}{E_s}$$

Gleichung 7.11 ergibt sich in Abhängigkeit von  $A_s$  zu  $s_{rmax} = A + \frac{B}{A_s}$  mit

$$A = k_3 \cdot c_v$$

$$B = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot D_s \cdot F_{cre}}{f_{ct,eff}}$$

Sonderfall NA-D, NA-A:

$$s_{rmax} = \frac{D_s \cdot A_{ceff}}{3,6 \cdot A_s} \leq \frac{F_s \cdot D_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff} \cdot A_s}$$

$$B1 = \frac{D_s \cdot A_{ceff}}{3,6 \cdot A_s} \quad B2 = \frac{F_s \cdot D_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}} \quad B = \min(B1, B2)$$

$$A = 0$$

### Erforderliche Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung beim Einzelriss

Aus Gl. 7.9 rechte Seite und Gl. 7.11 ergibt sich folgende Bemessungsgleichung:

$$A_s = \frac{E \cdot A}{2 \cdot w_{\max}} + \sqrt{\left(\frac{E \cdot A}{2 \cdot w_{\max}}\right)^2 + \frac{E \cdot B}{w_{\max}}}$$

### Abgeschlossenes Rissbild

Aus Gl. 7.9 linke Seite und Gl. 7.11 ergibt sich folgende Bemessungsgleichung:

$$A_s = \frac{A \cdot C - B \cdot D}{w_{\max} + A \cdot D} + \sqrt{\left(\frac{A \cdot C - B \cdot D}{w_{\max} + A \cdot D}\right)^2 + \frac{B \cdot C}{w_{\max} + A \cdot D}}$$

### Maßgebende Einwirkungskombination und zulässige Rissbreite nach Tab. 7.1 (NDP)

Stahlbetonbauteile ab Expositionsklasse XC2 sind in fast allen betrachteten NA für eine zulässige Rissbreite von 0,3 mm nachzuweisen.

Der Nachweis für XC1 erfolgt aus ästhetischen Gründen für eine Rissbreite von 0,4 mm (Ausnahme GB: 0,3 mm)

Maßgebende Lastkombination ist die quasi- ständige Lastkombination (Qk).

Wesentlich davon abweichende Anforderungen gelten in Italien.

Anforderungen an Stahlbetonbauteile nach Tab.7.1

	X0, XC1	XC2/XC3/XC4	XS1-3, XD1-3	Bemerkung
EN	0,4 + Qk	0,3 + Qk	0,3 + Qk	
NA-D	=EN	=EN	=EN	
NA-GB	0,3 + Qk	=EN	=EN	
NA-A	=EN	=EN	=EN	
NA-I	AO 0,3 + Qk 0,4 + Hk	AA 0,2 + Qk 0,3 + Hk	AM 0,2 + Qk 0,2 + Hk	Gewöhnlich=AO X0,XC1-3,XF1 Aggressiv==AA XC4, XD1, XS1, XF2-3, XA1-2 Sehr aggressiv=AM XD2-3,XS2-3, XA3, XF4
NA-B	EI 0,4 + Qk	EE1,EE2, EE3 0,3 + Qk	EE4, ES1, 2, 3, 4 0,3 + Qk	Zuordnung erfolgt über Milieuklassen nach NBN B 15-001
NA-NL	=EN	=EN	0,2 + Hk * <sup>1)</sup>	* <sup>1)</sup> : Ausgabe 2007: =EN
NA-CZ	=EN	=EN	=EN	
NA-PL	=EN	=EN	=EN	

NA-NL: Bei einem gewählten Bewehrungsabstand  $c > c_{nom}$  besteht die Möglichkeit der Abminderung der zulässigen Rissbreite mit dem Faktor  $k_x = c/c_{nom}$  ( $1 \leq k_x \leq 2$ ). Das kann zur Zeit im Programm nicht automatisch berücksichtigt werden. Eine Inanspruchnahme der günstigeren zulässigen Rissbreite ist aber mit Hilfe der nutzerdefinierten Eingabe von  $zul_{wk}$  möglich.



## Nachweis der Rissbreite unter Lastbeanspruchung

Der Nachweis wird gemäß Abschnitt 7.3.4 geführt, wenn sich nach Zustand I Betonrandzug-spannungen einstellen.

Zur Berücksichtigung einer andauernden Lastwirkung ist nach /1/ mit einem  $\beta_t = 0,4$  zu rechnen.

Es stehen folgende Berechnungsoptionen zur Verfügung:

- Für eine gegebene Bewehrungsfläche und gegebenen Bewehrungsdurchmesser wird die Rissbreite nach der Rissformel ermittelt.
- Für eine gegebene Bewehrungsfläche und eine zulässige Rissbreite wird der Grenzdurchmesser nach der entsprechend umgestellten Rissformel ermittelt.
- Für einen gegebenen Durchmesser und eine zulässige Rissbreite wird die erforderliche Bewehrung nach obigen Gleichungen für Erstriss bzw. abgeschlossene Rissbildung ermittelt.  
 $F_s$  ergibt sich aus dem Dehnungszustand unter der Belastung im Zustand II. Der Dehnungszustand wird durch die gewählte Bewehrung beeinflusst, deshalb wird die Bewehrung iterativ ermittelt.

Ergeben sich über dem gesamten Querschnitt Zugdehnungen, dann wird der Nachweis des Grenzdurchmessers bzw. der Rissbreite für beide Seiten geführt, wobei u.U. auch die geringer beanspruchte, aber auch geringer bewehrte Seite maßgebend werden kann.

Falls die erforderliche Bewehrung ermittelt wird, ist in diesem Fall zu beachten, dass diese für die Seite mit der größten Zugdehnung ermittelt wird. Für die andere Seite ist die Einhaltung der Rissbreite dann gesondert nachzuweisen.

## Mindestbewehrung

Mit dem Programm kann eine Mindestbewehrung für Biegezwang oben (obere Betonspannung entspricht  $f_{ct,eff}$ ), Biegezwang unten (untere Betonspannung entspricht  $f_{ct,eff}$ ) bzw. zentrischen Zwang (untere und obere Betonspannung entspricht  $f_{ct,eff}$ ) ermittelt werden. Bei Biegezwang kann für die Ermittlung des Rissmomentes eine Längskraft  $N_{cr}$  berücksichtigt werden. In diesem Fall ist die Betonspannung im Schwerpunkt des Querschnittes nicht Null.

Der Nachweis kann sowohl für die volle 28-Tage Zugfestigkeit (später Zwang) als auch für geringere Zugfestigkeiten (früher Zwang) erfolgen. Der Nachweis für frühen Zwang ist jedoch nur dann zulässig, wenn eine Rissbildung zu späteren Zeitpunkten ausgeschlossen werden kann (siehe u.a. /21/).

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} \quad (\text{Gl.7.1})$$

k	Beiwert bei nichtlinear verteilten Eigenspannungen 1,0 ( $h \leq 300$ mm)... 0,65 ( $h \geq 800$ mm) h: Steghöhe bzw. Gurtbreite NA-D, NA-A: bei innerem Zwang gilt $k \cdot 0.8$ NA-D: h ist der kleinere Wert des Teilquerschnittes
---	---

*Hinweis: Keine Abminderung des Beiwertes k sollte entsprechend Empfehlung in /21/ erfolgen: bei Planung wasserundurchlässiger Gründungsplatten nach WU Richtlinie des DAfStb bei dünnen Bodenplatten mit  $h < 300$  mm oder bei steifer Lagerung ( $E_s > 20$  MN/m<sup>2</sup>)*

$f_{ct,eff}$	Zugfestigkeit, $f_{ctm}$ ( $t \leq 28$ d) <b>NA-D:</b> $\geq 2,9$ N/mm <sup>2</sup> wenn $t \geq 28$ d
--------------	---

- $k_c$       Beiwert zur Spannungsverteilung  
 $k_c = 0,4 \cdot (1 - \sigma_c / (k_1 \cdot f_{ct,eff} \cdot h/h'))$   
 $\sigma_c$ :      Betonspannung (Zustand I) unter Risschnittkräften  
im Schwerpunkt des Teilquerschnittes  
Gurte Hohlkasten, T-Querschnitte, für Risschnittkräfte vollst. unter Zug  
 $k_c = 0,9 \cdot F_{cr} / (A_{ct} \cdot f_{ct,eff}) \geq 0,5$   
 $F_{cr}$ :      Zugkraft im Gurt unter Risschnittkräften (Zustand I)
- $\sigma_s$ :      Tab. 7.2N mit  $D_{s1}$ , Herleitung siehe /17/ S.7-6  
Biegezwang entspr. Gl. 7.6N:  $D_{s1} = D_s \cdot f_{ct0} / f_{ct,eff} \cdot 2 \cdot (h-d) / (k_c \cdot h_{cr})$   
Zentr. Zwang entspr. Gl. 7.7N:  $D_{s1} = D_s \cdot f_{ct0} / f_{ct,eff} \cdot 8 \cdot (h-d) / h_{cr}$
- NA-D:      Mit  $F_s = F_{cr} = k \cdot k_c \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$  lässt sich mit Hilfe der im Kapitel „Berechnungsgrundlagen“  
angegebenen Formeln die erforderliche Mindestbewehrung ermitteln.  
Wenn für den Rissbreitennachweis keine nutzerdefinierte Zugfestigkeit des Betons  
vorgegeben wurde, wird mit  $f_{ct,eff} \geq 2.9 \text{ N/mm}^2$  entsprechend NCI zu 7.3.2.(2) (5)  
gerechnet.
- NA-D, NA-A: Die Mindestbewehrung für zentrischen Zwang darf alternativ errechnet werden  
(NA-D: Gl. 7.5.1DE, NA-A: Gl. 17) und muss nicht größer sein als die nach Gl.7.1 ermittelte  
Mindestbewehrung.  
*Hinweis: Nach /21/ gilt die im NA für langsam erhärtende Betone mögliche Abminderung  
der ermittelten Bewehrung nicht für Gl. 7.1 und den linken Teil von Gl. 7.5.1DE*

Haben Sie einen oben und unten unterschiedlichen Durchmesser eingegeben oder eine unterschiedliche zulässige Rissbreite, so werden für Biegezwang oben und/oder unten die Werte der entsprechenden Seite, für zentrischen Zwang die ungünstigsten Werte beider Seiten angenommen.

## Zwang

### Vorbemerkungen

Zwang entsteht durch eine Verformungsbehinderung des ungerissenen Bauteiles und wird durch Rissbildung wieder abgebaut. Zwangsursachen können z.B. die abfließende Wärme aus Hydratation sein, aber auch Temperaturänderungen oder Schwinden. Zwangskräfte sind durch die Risskräfte nach oben begrenzt. Die Risskräfte hängen von der Zugfestigkeit des Betons ab und sind für späten Zwang ( $t > 28d$ ) höher als für frühen Zwang.

Wird eine Zwangsbeanspruchung genauer berechnet und ist sie kleiner als die Risschnittgröße, darf die Mindestbewehrung für diese Zwangsschnittgröße bestimmt werden. (EN2: 7.3.2 (2)). Dabei ist aber zu beachten, dass Zwangskräfte über die gesamte Lebensdauer eines Bauteiles entstehen können und der Nachweis für frühen Zwang, z.B. aus Hydratation, nicht der maßgebende Lastfall sein muss.

Für die Ermittlung der Zwangskräfte ist eine genauere Berücksichtigung des zum Zeitpunkt  $t$  wirksamen E- Moduls von Bedeutung.

$$E_{c,t} = \alpha_E \cdot k_{Ec}(t) \cdot E_{cm}$$

$E_{cm}$ : mittlerer E- Modul

$\alpha_E$ : Beiwert zur Berücksichtigung der Zuschlagstoffe nach /8/:

Basalt	1,05 ... 1,45
Quarz, Quarzite	0,80 ... 1,20
Kalkstein	0,70 ... 1,10
Sandstein	0,55 ... 0,85

Das Programm bietet neben der „nutzerdefinierten Vorgabe“ die Möglichkeit, den Zeitfaktor des E- Moduls zur Berücksichtigung des Betonalters zu einem gegebenen Zeitpunkt nach Eurocode zu berechnen ([Materialeingabe](#)):

$k_{Ec}(t)$ : Zeitfaktor

nach Gl.3.1, Gl.3.2 und Gl.3.5 (EN 1992-1-1)

$$k_{Ec}(t) = \left\{ e^{s \cdot \left[ 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{0,5} \right]} \right\}^{0,3}$$

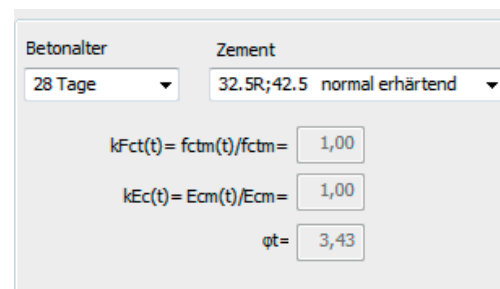
t: Betonalter

s: Beiwert Zement

0,2	schnell erhärtend
0,25	normal erhärtend
0,38	langsam erhärtend

alternativ: Zeitfaktor nach /16/ Tafel 3.24 (Eingabe nutzerdefiniert)

1 Tag:	0,65
2 Tage:	0,85
3 Tage:	0,90



Weiterhin muss die Zugfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt der Rissbildung berücksichtigt werden.

Das Programm bietet neben der „nutzerdefinierten Vorgabe“ die Möglichkeit, die Zugfestigkeit zu einem gegebenen Zeitpunkt nach Eurocode zu berechnen:

$k_{Fct}(t)$ : Zeitbeiwert

nach Gl.3.2 und 3.4 (EN 1992-1-1)

$$k_{Fct}(t) = \left\{ e^{s \cdot \left[ 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{0.5} \right]} \right\}^{\alpha}$$

t:      Betonalter             $\alpha=1$  für  $t < 28d$   
     $\alpha=2/3$  für  $t \geq 28d$

s:      Beiwert Zement  
           0,2      schnell erhärtend  
           0,25     normal erhärtend  
           0,38     langsam erhärtend

alternativ:      Zeitfaktor nach /21/ Bild 6 (Eingabe nutzerdefiniert)

1 Tag:   0,42  
 2 Tage: 0,58  
 3 Tage: 0,67

*Anmerkung: die pauschale Annahme einer 50%-igen frühen Zugfestigkeit wurde in der aktuellen Version des deutschen NA gestrichen (siehe /22/). Voreingestellt bei frühem Zwang ist entsprechend Empfehlung in /22/ ein den heute marktüblichen schneller erhärtenden Zementen entsprechender Faktor  $k_{Fct} = 0,65$*

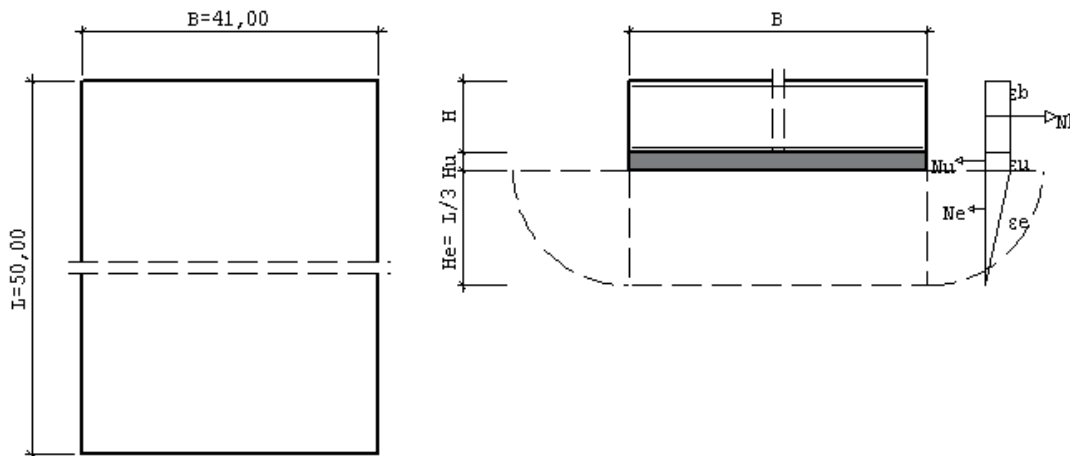
Der maßgebende Zeitpunkt des Nachweises hängt u.a. von der Bauteildicke ab. Nach /22/ kann man auf der sicheren Seite für  $h < 0,3$  m von  $t = 3d$  bzw. für  $h > 0,8$  m von  $t = 7d$  ausgehen. Weitere Einflüsse sind Umgebungs- und Betontemperaturen, Hinweise zu deren Berücksichtigung werden z.B. in /23/ gegeben.

Im Programm sind zwei häufig vorkommende Fälle für Zwangsbeanspruchung infolge abfließender Hydratationswärme implementiert.

## Zwang infolge abfließender Hydratationswärme von Bodenplatten

Achtung: Dieses Verfahren gilt nur bei freier Verformbarkeit der Platte, die z.B. bei Querschnittsverdickungen oder tiefergegründeten Aufzugsschächten nicht mehr gegeben ist.

Durch die Beteiligung des Baugrundes am Kraftabtrag wird nach einem in /5/ beschriebenen Verfahren die durch abfließende Hydratationswärme entstehende Zwangskraft insbesondere bei dickeren Fundamenten deutlich abgebaut (siehe /3/ Bild 7.4). In diesem Verfahren lässt sich auch die Steifigkeitserhöhung infolge eines Unterbetons berücksichtigen, was zu höheren Zwangskräften führt. Die Schwindverkürzung des Unterbetons wirkt der Erhöhung der Zwangskraft entgegen.



Unter der Annahme gleicher Dehnungen im Erdreich (Fuge), Unterbeton und Bodenplatte wird die Zwangskraft nach /5/ Gleichung 6 ermittelt:

$$N_{zw,H} = \frac{-C_u \cdot B \cdot (\epsilon_{b0} - \epsilon_{u0}) - C_e \cdot \epsilon_{b0}}{1 + \frac{C_u}{C_b} + \frac{C_e}{C_b \cdot B}} \quad (5.1.1)$$

$$C_u = H_u \cdot E_u$$

$H_u$ : Dicke Unterbetonschicht  
 $E_u$ : E-Modul Unterbeton

$$C_b = H \cdot E_{cm}(t)$$

$H$ : Dicke der Bodenplatte  
 $E_{cm}(t)$ : E-Modul des Betons zur Zeit des Abkühlens, siehe 5.1.

$$C_e = E_e \cdot \left(0,5 \cdot H_e \cdot B + \frac{\pi}{6} \cdot H_e^2\right)$$

$H_e$ : mitwirkende Baugrunttiefe, nach /5/ ca.  $L/3$

$E_e$ : Steifemodul des Baugrunds

$\epsilon_{u0}$ : Verkürzung des Unterbetons infolge Schwindens

$\epsilon_{b0} = \alpha_T \cdot \Delta T$ : unbehinderte Verkürzung der Bodenplatte infolge abfließender Hydratationswärme

$\alpha_T$ : Temperaturdehnzahl des Betons, nach /4/ Tafel 3.23 in Abhängigkeit der Zuschläge und des Zementleimgehaltes:

von  $5 \cdot 10^{-6} / K$  (dichter Kalkstein)

bis  $12 \cdot 10^{-6} / K$  (Quarzgestein)

$\Delta T$ : Temperaturabfall infolge abfließender Hydratationswärme

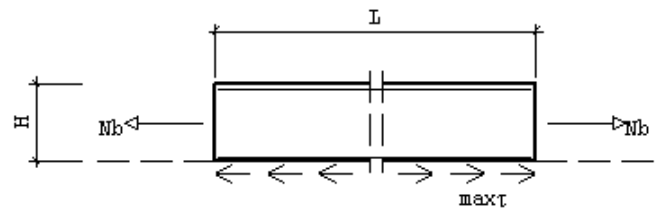
nach /3/ kann man auf der sicheren Seite annehmen:

H < 0,3 m:	-10 ... -15 K
0,3 m < H < 0,6 m:	-15 ... -25 K
H > 0,6 m:	-20 ... -40 K

Die so ermittelte Zwangsbeanspruchung für den Lastfall „abfließende Hydratationswärme“ wird durch eine Abschätzung der Reibungskraft zwischen Boden und Fundament gedeckelt.

Nach /6/ kann die Reibungskraft über die vom Boden aufnehmbaren Scherspannungen ermittelt werden.

$$N_{zw,B} = 7/8 \cdot \max \tau \cdot B \cdot L/2$$



Mit dem inneren Bodenreibungswinkel  $\text{cal } \phi$  und  $\max \tau = C$  ergibt sich

$$N_{zw,B} = 7/8 \cdot \tan(\text{cal } \phi) \cdot \gamma_B \cdot H \cdot B \cdot L/2 \quad (5.1.2a)$$

$\gamma_B$       Wichte des Betons

H,B,L     Abmessungen der Platte

Die Zwangskraft wird in /3/ Gl. 92 auch wie folgt angegeben:

$$N_{zw,B} = \mu_d \cdot \gamma_b \cdot H \cdot B \cdot L/2 \quad (5.1.2b)$$

$\mu_d = \mu \cdot \gamma_R$        $\mu$ :      Grundwert des Reibungsbeiwertes

$\gamma_R = 1.35$  und  $\mu$  für verschiedene Gleitschichtausbildungen nach /16/ Tafel 4.10

Der Vorteil dieses Verfahrens beruht auf der Möglichkeit, die Reibungsbeiwerte verschiedener Gleitschichtausbildungen zu berücksichtigen.

Im Programm wird die Zwangskraft nach den Gleichungen 5.1.1 und 5.1.2 ermittelt, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Optional ist auch eine Ermittlung ausschließlich nach Gleichung 5.1.2 (Bodenreibung) möglich. Die ausgewiesene Zwangskraft  $N_{zw}$  ist immer auf die als Breite B definierte Seite bezogen.

Der Rissbreitennachweis erfolgt für diese Zwangskraft i.d.R. über die Ermittlung einer erforderlichen Bewehrung nach den in Kapitel 1 und 2 erläuterten Bemessungsgleichungen.

Dabei kann der Nachweis entweder für zentrischen Zwang oder für Biegezwang geführt werden.

Beim Nachweis für Biegezwang wird außer der Längskraft infolge Zwang ein Rissmoment berücksichtigt, für das die Risschnittgröße mit  $f_{ct,eff}$  gerade erreicht wird.

$$M_y = W_b \cdot \left( f_{ct,eff} - \frac{N_{zw}}{A_b} \right)$$

Die ermittelte Bewehrung verläuft parallel zu der mit Länge L definierten Seite und ist über die Breite B zu verteilen.

*Hinweis: Es ist zu beachten, dass Zwangskräfte über die gesamte Lebensdauer eines Bauteiles entstehen können und der Nachweis für frühen Zwang, z.B. aus Hydratation nicht der maßgebende Lastfall sein muss.*

## Zwang infolge abfließender Hydratationswärme nachträglich betonierter Wände

Die Zwangsbeanspruchung durch abfließende Hydratationswärme bei Wänden, die nicht gleichzeitig mit dem Fundament hergestellt werden, wird nach /16/ ermittelt.

$$\sigma_{ct} = k \cdot \Delta T_{b,W-F} \cdot \alpha_T \cdot E_{cm}(t) \quad \text{Gl.4.24}$$

$\sigma_{ct}$ : Zwangsspannung infolge abfließender Hydratationswärme

$k$ : Beiwert Verbund zwischen Wand und Bodenplatte, nach /16/  $k=1.0$

$\alpha_T$ : Temperaturdehnzahl des Betons, nach /4/ Tafel 3.23 in Abhängigkeit der Zuschläge und des Zementleimgehaltes:

von  $5 \cdot 10^{-6} / K$  (dichter Kalkstein)

bis  $12 \cdot 10^{-6} / K$  (Quarzgestein)

$E_{cm}(t)$ : E-Modul des Betons zur Zeit des Abkühlens, siehe 5.1.

$\Delta T_{b,W-F}$ : Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Bauteiltemperatur der Wand  $T_{b,m}$  und der Temperatur der Fundamentplatte  $T_F$

$$\Delta T_{b,W-F} = T_{b,m} - T_F \quad \text{Gl.4.25}$$

$$T_{b,m} = k_{TV} \cdot T_{c0} + \Delta T_{b,H} \quad \text{Gl.4.26}$$

$T_{c0}$ : Frischbetontemperatur

$k_{TV}$ : Verteilungsbeiwert (B ist die Wanddicke):

$B < 0,5 \text{ m}$ :  $k_{TV} = 0.5$

$0,5 \text{ m} < B < 3,0 \text{ m}$ :  $k_{TV} = 2/3$

$B > 3,0 \text{ m}$ :  $k_{TV} = 1.0$

$\Delta T_{b,h}$ : Temperatur infolge Hydratationswärme  $Q_h$

$$\Delta T_{b,h} = \alpha_b \cdot z \cdot Q_h / C_{c0} \quad \text{Gl.4.4}$$

$C_{c0}$ : Wärmekapazität des Betons,  $C_{c0} \sim 2500 \text{ kJ/m}^3 \cdot K$

$\alpha_b$ : Beiwert Bauteildicke nach Tafel 4.4

$z$ : Zementgehalt des Betons in  $\text{kg/m}^3$

$Q_h$ : Hydratationswärme nach Bild 3.11 in Abhängigkeit vom Zement und dem Zeitpunkt der maximalen Temperatur  $t_{\max T}$

$t_{\max T} = 0.8 \cdot B + 1$  in Tagen mit B in m, Gl. 4.2

Da jedoch genauere Informationen zu den verwendeten Zementsorten fehlen, wurden die zu jeder Zementsorte gehörenden oberen Kurven implementiert. Zementsorten mit niedrigerer Hydratationswärmeentwicklung können zurzeit nicht berücksichtigt werden. Für die in Bild 3.11 fehlenden schnellerhärtenden Zementsorten wurde die durchgezogene Kurve von CEM I 32.5 verwendet. Die Werte liegen verglichen mit den nach /18/ 3.2.2 für CEM I 52.5N\_42.5R ermittelten auf der sicheren Seite.

$T_{b,m}$  kann auch nutzerdefiniert vorgegeben werden.

Nach /16/ muss die Zwangskraft nicht für ihr am Wandfuß auftretendes rechnerisches Maximum nachgewiesen werden, sondern mit ihrem Wert bei  $\frac{1}{4}$  der Wandhöhe.

Die im unteren Wandviertel entstehenden Risse sind sehr fein und kurz und ohne Gefahr der Durchfeuchtung.

Der Bemessungswert der Zwangsspannung ergibt sich nach Gleichung 4.27 zu

$\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} \cdot \sigma_{ct}$  mit  $k_{ct,d}$  nach Tafel 4.11 entsprechend dem L/H Verhältnis der Wand.

Ergibt sich  $\sigma_{ct,d} > f_{cteff}(t)$  erfolgt der Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite mit einer auf der Risschnittkraft mit  $f_{cteff}(t)$  ermittelten Zwangskraft, andernfalls ergibt sich die maßgebende Zwangskraft aus  $\sigma_{ct,d}$

*Hinweis: Es ist zu beachten, dass Zwangskräfte über die gesamte Lebensdauer eines Bauteiles entstehen können und der Nachweis für frühen Zwang, z.B. aus Hydratation nicht der maßgebende Lastfall sein muss.*



## Eingabe

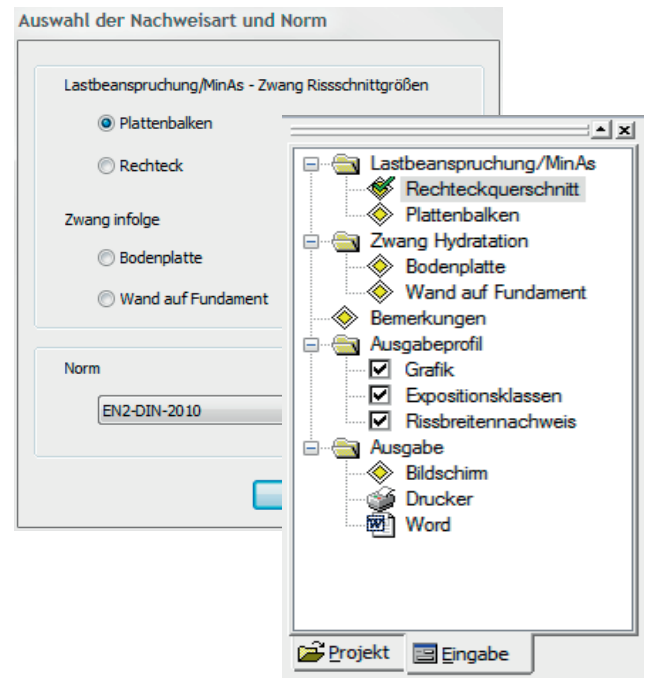
Nachweisart und Norm wählen Sie bei der Neueingabe einer Position in einem vorgeschalteten Dialog – eine Änderung dieser Einstellungen ist in der Hauptauswahl bzw. der Normauswahlliste (Symbolleiste) möglich.

Lastbeanspruchung/MinAs

- Rechteckquerschnitt
- Plattenbalken

Zwang infolge

- Bodenplatte
- Wand auf Fundament



## Materialeingabe


### Betonauswahl nach EN 1992 1-1

C12/15....C100/115      Normalbeton entsprechend 3.1.3 und NA  
 LC12/13...LC60/66      Leichtbeton nach 11.3.1 und NA,

### Stahlauswahl nach EN1992-1-1

NA-D:                      BSt 500 SA ...Bst 500 MB  
 NA-GB:                    B 500 A, B 500 B, B 500 C  
 NA-A:                      Bst 500 (A), Bst 550 (A), Bst 600 (A), Bst 550 (B)

### Erweiterter Betondialog

Einen erweiterten Dialog zur Betonauswahl erhalten Sie über den Button  .

$\alpha_E$  :      Beiwert E-Modul zur Berücksichtigung der Zuschlagstoffe

nach /8/:	Basalt	1,05...1,45
	Quarz, Quarzite	0,80...1,20
	Kalkstein	0,70...1,10
	Sandstein	0,55...0,85

$\alpha_T$  :      Temperaturdehnzahl des Betons, nach /4/ Tafel 3.23 in Abhängigkeit der Zuschläge und des Zementleimgehaltes von  $5 \cdot 10^{-6} / K$  (dichter Kalkstein) bis  $12 \cdot 10^{-6} / K$  (Quarzgestein)

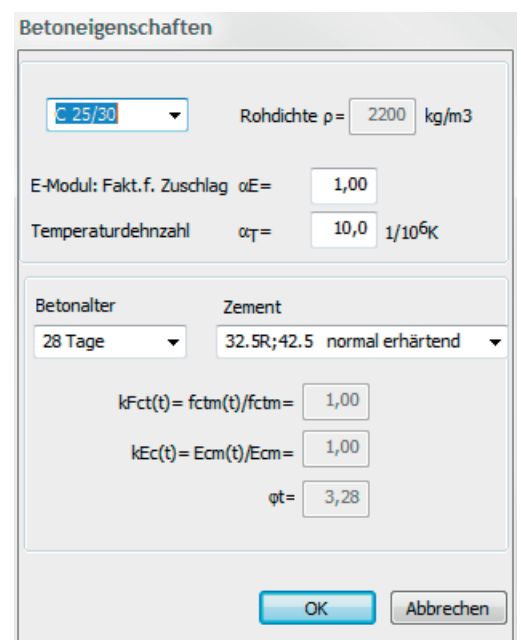
Weiterhin können Sie hier das Betonalter und den Zement wählen.

$k_{Fct}$       Beiwert für die zeitliche Entwicklung der Betonzugfestigkeit.

*Hinweis: Bei den Nachweisen für den Lastfall Hydratation ist der Faktor 0,65 (Empfehlung für  $t = 3$  Tage in /22/) voreingestellt.*

$k_{Ec}$       Beiwert für die zeitliche Entwicklung des E-Moduls.

*Hinweis: Bei den Nachweisen für den Lastfall Hydratation ist der Faktor 0,9 (für  $t = 3$  Tage) voreingestellt*



$\varphi_t$  Kriechzahl für jungen Beton 0,12 - 1,0

Diese Eingabefelder sind nur aktiv, wenn in der Auswahlliste „Betonalter“ der Eintrag „nutzerdefiniert“ gewählt wird, sonst werden diese Werte automatisch ermittelt → siehe [Berechnungsgrundlagen](#), Kapitel „Zwang“.

## Querschnitt-Lastbeanspruchung

Über die Punkte

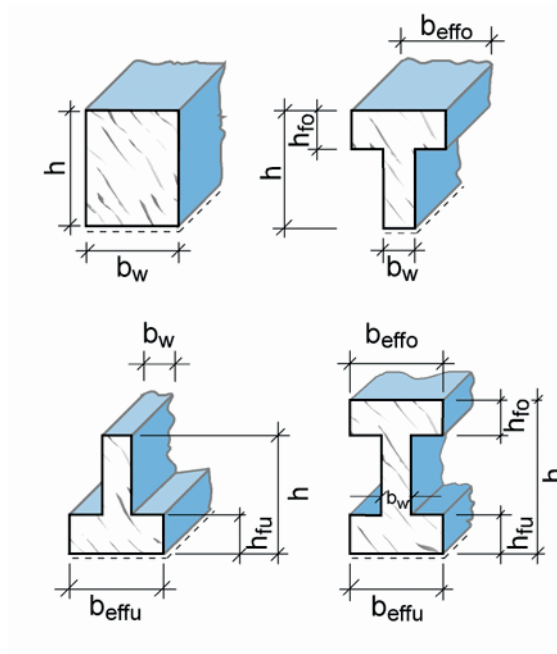
- Rechteckquerschnitt
- Plattenbalken

wählen/ändern Sie die Querschnittsform.

### Maßbezeichnungen

$b_{\text{effo}}$	Plattenbreite oben		$b_{\text{effo}} > b_w$ oder 0
$h_{\text{fo}}$	Plattendicke oben	wenn	$b_{\text{effo}} > 0$ dann $h_{\text{fo}} < h - h_{\text{fu}}$ sonst 0
$b_w$	Stegbreite		$> 0$
$h$	Gesamthöhe		$> 0$
$b_{\text{effu}}$	Plattenbreite unten		$b_{\text{effu}} > b_w$ oder 0
$h_{\text{fu}}$	Plattendicke unten	wenn	$b_{\text{effu}} > 0$ dann $h_{\text{fu}} < h - h_{\text{fo}}$ sonst 0

Durch Belegen der entsprechenden Werte mit dem Wert „0“ ist es möglich, neben zweiseitigen auch einseitige Plattenbalken (Platte oben oder unten) und Rechteckquerschnitte einzugeben.



### Wirkungszone AsZug

Hier geben Sie die Wirkungszone für die Zugbewehrung (oben/unten) ein.

## Lastbeanspruchung-Mindestbewehrung

### Äußere Belastung

Die Schnittkräfte müssen der für den Rissbreitennachweis maßgebenden Einwirkungskombination (siehe [Berechnungsgrundlagen](#)) entsprechen.

### Mindestbewehrung

- Biegezwang oben
- Biegezwang unten
- Biegezwang oben und unten
- zentrischer Zwang

MinAs/ seltene LK

Mindestbewehrung:

Biegezw. unten ▾

Ncr =  kN

innerer Zwang

kurzzeitige Einwirkung

Nx =  kN

My =  kNm

Ncr	ständig wirkende Längskraft [kN], die bei der Ermittlung des Rissmomentes (Beiwert $k_c$ ) berücksichtigt wird
innerer Zwang	Schalter für inneren Zwang (siehe Berechnungsgrundlagen)
kurzzeitige Einwirkung	Schalter für Kurzzeitlast (siehe <a href="#">Berechnungsgrundlagen</a> )
Nx:	auf den Schwerpunkt bezogene Längskraft
My:	Moment

## Querschnitt Bodenplatte - Zwang Hydratation

### Bodenplatte

- L Plattenlänge (Länge eines Bauabschnittes)  
 B Plattenbreite  
 H Plattendicke

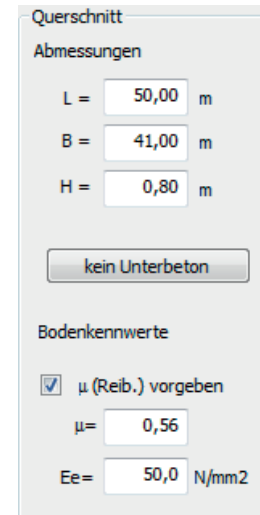
### Dialog Unterbeton

- Hu Dicke Unterbeton  
 wenn  $H_u = 0$  wird Unterbeton nicht berücksichtigt

- Eu E- Modul Unterbeton

- $\epsilon_s$  Schwindverkürzung des Unterbetons

Über den Button „Beton >>“ wird der Dialog für die Betoneigenschaften eingeblendet.



Querschnitt

Abmessungen

L = 50,00 m  
 B = 41,00 m  
 H = 0,80 m

kein Unterbeton

Bodenkennwerte

$\mu$  (Reib.) vorgeben  
 $\mu = 0,56$

Ee = 50,0 N/mm2

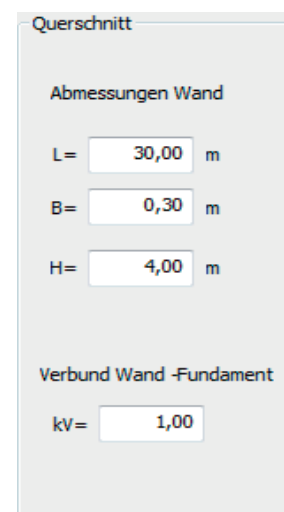
### Baugrund

- Ee Steifzahl des Baugrundes  
 $\varphi$  innerer Reibungswinkel des Baugrundes  
 oder alternativ  
 $\mu$  vorgegebener Reibungsbeiwert z:B. nach /4/ Tafel 4.6

## Querschnitt Wand - Zwang Hydratation

- L Länge der Wand  
 B Wanddicke  
 H Höhe der Wand

- kV Verbundbeiwert Wand Fundament.  
 Nach /16/ S. 149 für Verbindung mit Fundament aus Stahlbeton 1,0.



Querschnitt

Abmessungen Wand

L = 30,00 m  
 B = 0,30 m  
 H = 4,00 m

Verbund Wand -Fundament

kV = 1,00

## Zwang aus Hydratation - Bodenreibung einer Bodenplatte

### Bodenreibung

- $\gamma$  Wichte des Betons
- $q$  Auflast auf der Sohlplatte

Bei markierter Option "nur Bodenreibung" wird die Zwangskraft ausschließlich aus Bodenreibung ermittelt bzw. mit Bodenreibung als oberem Grenzwert.

### Hydratation

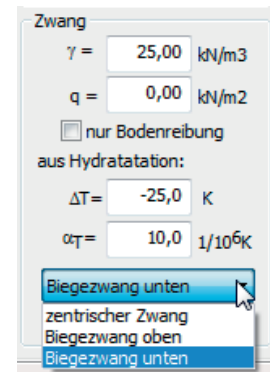
- $\Delta T$  Temperaturabfall infolge abfließender Hydratationswärme.

Nach /3/ kann man auf der sicheren Seite annehmen:

- $H < 0,3$  m: -10...-15 K
- $0,3$  m  $< H < 0,6$  m: -15...-25 K
- $H > 0,6$  m: -20...-40 K

- $\alpha_T$  Temperaturdehnzahl des Betons, nach /4/ Tafel 3.23 in Abhängigkeit der Zuschläge und des Zementleimgehaltes von  $5 \cdot 10^{-6}$  /K (dichter Kalkstein) bis  $12 \cdot 10^{-6}$  /K (Quarzgestein).

Beim Nachweis für Biegezwang wird außer der Längskraft infolge Zwang ein Rissmoment berücksichtigt, für das die Risschnittgröße mit  $f_{ct,eff}$  gerade erreicht wird.



## Zwang aus Hydratation einer Wand

Verfahren der Temperaturermittlung:

Nach Lohmeyer /16/ S.149, optional nutzerdefiniert.

- $T_{co}$  Frischbetontemperatur
- $ZG$  Zementgehalt (nach /16/ S.119 270 ... 350 kg/m<sup>3</sup>)
- $TF$  Fundamenttemperatur
- $T_m$  mittlere Bauteiltemperatur

- $\alpha_T$  Temperaturdehnzahl des Betons. Nach /4/ Tafel 3.23 in Abhängigkeit der Zuschläge und des Zementleimgehaltes liegt der Wert zwischen  $5 \cdot 10^{-6}$  /K (dichter Kalkstein) und  $12 \cdot 10^{-6}$  /K (Quarzgestein).

Kurzzeitige Einwirkung:

aktiviert beim Rissbreitennachweis die Verwendung des günstigeren Beiwertes  $\beta_t = 0.6$

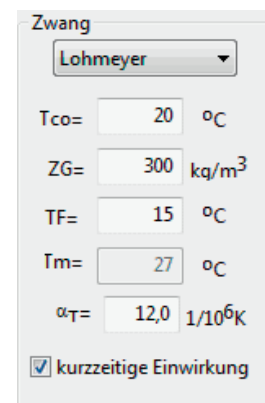
Nutzerdefinierte Eingabe von  $T_m$ :

$$T_m = k_{TV} * T_{co} + \Delta T_{b,H} \quad (\text{Parameter siehe Berechnungsgrundlagen})$$

- $\Delta T_{b,H}$  Temperaturanstieg infolge Hydratationswärme

Nach /3/ kann man auf der sicheren Seite annehmen:

- $H < 0,3$  m: 10...15 K
- $0,3$  m  $< H < 0,6$  m: 15...25 K
- $H > 0,6$  m: 20...40 K



## Bewehrung

### Lastbeanspruchter Querschnitt, Bodenplatte

dob Abstand obere Lage (bzgl. Oberkante)  
dun Abstand untere Lage (bzgl. Unterkante)

### Wand

dli Abstand linke Lage (bzgl. Kante links)  
dre Abstand rechte Lage (bzgl. Kante rechts)

## Dauerhaftigkeit

Um zum Dialog für die [Sicherstellung der Dauerhaftigkeit](#) und Ermittlung der Kriechzahl zu gelangen, klicken Sie auf den Button .

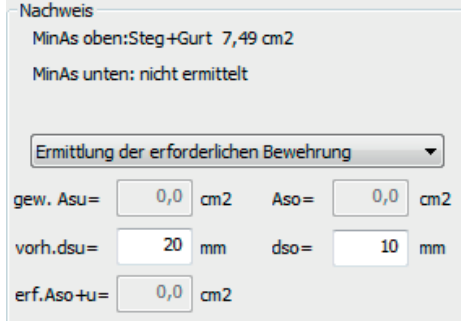
Die ggf. für die Bauteilseiten differenzierten Werte für Bewehrungsdurchmesser und zulässige Rissbreite werden beim Rissbreitennachweis entsprechend berücksichtigt.

Lediglich bei Ermittlung der erforderlichen Bewehrung unter zentrischer Zugbeanspruchung (z.B. Wand, u.U. Bodenplatte) und bei Ermittlung der Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang werden Durchmesser und zulässige Rissbreite ungünstigst angenommen.

## Nachweis - Steuerung

Das Nachweisformat wählen Sie aus der Auswahlliste:

- Ermittlung Grenzdurchmesser
- Ermittlung der Rissbreite
- Ermittlung der erforderlichen Bewehrung



Entsprechend dem gewählten Nachweisformat sind unterschiedliche Eingabefelder aktiv:

Die Ermittlung der erforderlichen Bewehrung erfolgt für Biegung mit Längskraft für die am meisten gezogene Seite und unter Berücksichtigung einer gewählten Bewehrung auf der gegenüber liegenden Seite. Ergibt sich auf dieser Seite ebenfalls eine Zugdehnung, erfolgt ein Hinweis, auch für diese Seite mit der dort gewählten Bewehrung die Einhaltung der Rissbreite nachzuweisen (Umschalten in "Ermittlung der Rissbreite").

Für zentrischen Zug ergibt sich bei oben und unten gleichen Parametern (Durchmesser, zul. Wk, Abstand der Bewehrung)  $As_u = As_o$ . Bei unterschiedlichen Parametern werden die jeweils ungünstigsten Werte (größter Durchmesser, geringste Rissbreite, größter Bewehrungsabstand) angenommen. Eine Optimierung kann dann über das Nachweisformat „Ermittlung der Rissbreite erfolgen“.

## Ausgabe

**Ausgabeprofil** Durch Markieren der Optionen für das Ausgabeprofil können Sie den Umfang der Ausgabe festlegen/einschränken. Bei Markierter Option (Grafik, Expositionsclassen, Rissbreitennachweis) werden die entsprechenden Daten/Grafiken mit ausgegeben.

**Ausgabe** Ausgabe der Systemdaten, Ergebnisse und Grafik auf Bildschirm oder Drucker.

**Bildschirm** Anzeige der Werte in einem Textfenster

**Drucker** Starten der Ausgabe auf den Drucker

Bemerkungen zur Position können Sie über den Punkt „Bemerkungen“ in der Hauptauswahl eingeben – diese werden dann mit ausgegeben.



## Literatur

- / 1 / Tue, Pierson: "Ermittlung der Rissbreite und Nachweiskonzept nach DIN 1045-1", Beton- und Stahlbeton 5/2001, S.365 ff.
- / 2 / Curbach/Zilch, "Einführung in DIN 1045-1" Ernst und Sohn 2001
- / 3 / König/Tue: "Grundlagen und Bemessungshilfen für die Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton und Spannbeton", Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 466, Beuth 1996
- / 4 / Lohmeyer: "weiße Wannen einfach und sicher", 5. Auflage, Verlag Bau und Technik 2000
- / 5 / Simons: "einige Hinweise zum Entwurf weißer Wannen", Beton- und Stahlbetonbau 8/1993, S.205 ff.
- / 6 / Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1 Hochbau, Deutscher Betonverein, Ernst & Sohn
- / 7 / Paas: "Mindestbewehrung für verformungsbehinderte Betonbauteile im jungen Alter", Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 489, Beuth 1998
- / 8 / Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 525, Beuth 2003
- / 9 / Meyer: "Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045, Diagramme zur direkten Bemessung", Verlag Bau und Technik 1994
- /10/ Kommentierte Kurzfassung DIN 1045, 2. überarbeitete Auflage, Beuth 2005
- /11/ 2. Berichtigung DIN 1045-1 (2005-06)
- /12/ Neufassung DIN 1045-1 (2008)
- /13/ Deutscher Beton- und Bautechnikverein, Heft 14 (2008)
- /14/ EN 1992-1-1:2004/AC2010
- /15/ DIN EN 1992-1-1/NA:2010-08
- /16/ Lohmeyer, Ebeling: "Weiße Wannen einfach und sicher", 9. Auflage Verlag Bau + Technik 2009
- /17/ Eurocode 2 Commentary, European Concrete Platform 2008
- /18/ Röhling: "Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme", 2. Auflage Verlag Bau + Technik 2009
- /19/ Ziems: "Experiences with the implementation of EUROCODE 2", International Workshop "Design of concrete structures using EN 1992-1-1" at CTU Prague 2010
- /20/ Ziems, Müller: "Wesentliche Änderungen in der Stahlbetonbemessung nach EN 1992, Stand 06-2012", [www.frilo.de](http://www.frilo.de) ▶ Eurocode
- /21/ A. Meier: "Der späte Zwang als unterschätzter aber maßgebender Lastfall für die Bemessung"; Beton- und Stahlbetonbau 3/2015
- /22/ Fingerloos, Hegger: "Erläuterungen zur Änderung des deutschen nationalen Anhangs zu Eurocode 2"; Beton- und Stahlbetonbau 1/2016
- /23/ DAfStb Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"; Beuth Verlag 2010