

Tech-News 07/05 Folge 2 Fachgebiet: Stahlbeton

Von Dipl.-Ing. Jürgen Lorch
Prüfingenieur für Baustatik VPI
Eichenstrasse 11
71149 Bondorf

Beschränkung der Rissbreite nach DIN 1045-1

1. Allgemeines :

In der Tech-News 07/05 Folge 1 wurde der allgemeine Teil abgehandelt und die Vorgehensweise mit zwei Beispielen erläutert. In den Diskussionen im Medienbeirat hat sich herausgestellt, dass die Problematik im Erkennen und Abgrenzen der unterschiedlichen Beanspruchungsarten liegt. Wir haben deshalb beschlossen, weitere Beispiele zu veröffentlichen.

Die Theorie zur Rissbreitenbeschränkung hat sich im Grunde nicht geändert. Es haben sich nur, vereinfacht ausgedrückt, die Spielregeln geändert. Man muss sich mit dem neuen Formalismus befassen, obwohl die tägliche Praxis dem planenden Tragwerksplaner keine Zeit dafür lässt. Wir haben deshalb den ungewöhnlichen Schritt unternommen für die Berechnung der Rissbreite ein EDV-Programm zusammen mit dieser Tech-News ins Internet zu stellen. Mit diesem Programm kann man sehr schnell und interaktiv die vorhandene Rissbreite in Abhängigkeit der Variablen Betongüte, Stabdurchmesser und vorhandene Bewehrung unter Last und Zwang berechnen und als prüffähige statische Berechnung ausdrucken lassen. Weitere Einzelheiten werden im Abschnitt 3 dieser Tech-News dargelegt.

2. Weitere Beispiele für die Beschränkung der Rissbreite nach DIN 1045-1

2 Mehrfamilienhäuser (UG, EG, OG und DG), Grundrissabmessungen ca. $x = 10$ m und $y = 15$ m, im UG sind die beiden Häuser durch eine Tiefgarage verbunden (TG ca. $x = 30$ m, $y = 15$ m), Gründung elastisch gebettete Bodenplatte,

Decke EG und OG $h = 22$ cm, C20/25, Decke über TG $h = 30$ cm, C30/37, Bodenplatte, $h = 60$ cm, C30/37, DG → Holzkonstruktion

In den nachfolgenden Berechnungen wird die erforderliche Bewehrung im **GZT** nicht ermittelt. Ergibt sich beim Nachweis im GZT ein höherer Bewehrungsgehalt, so ist dieser maßgebend.

Die in DIN 1045-1 angegebenen Formeln wurde der Einfluss der Dauerlast eingearbeitet. Für kurzzeitige Belastungen müssen die Formeln modifiziert werden, siehe Anhang Heft 525 DAfStb.

In den Beispielen wurde die Tab. 21 der DIN 1045-1 (Stababstände) nicht berücksichtigt. Die Werte dieser Tabelle liegen bei mehrlagiger Bewehrung nicht auf der sicheren Seite und gemäß Heft 525 Beitrag zu Abschnitt 11.2 Seite 198 sollte auf diese Tab. 21 eher verzichtet werden.

Der direkte Nachweis nach 11.2.4 empfiehlt sich immer, wenn $w_k < 0,2$ mm sein soll.

2.1 Decke über EG und OG → Nachweise GZG

Hinweis: Expositionsklasse XC1, $h > 20$ cm, es liegt zwar kein wesentlicher zentrischer Zug vor, aber die Platte überschreitet gemäß 11.2.1(12) die zul. Gesamtdicke $h = 20$ cm, es wird außerdem vorausgesetzt, dass die Randbedingungen (Lagerausbildung, Wände hauptsächlich im Zentrum angeordnet) eine Zwangsbeanspruchung nahezu verhindern. Dieser Umstand ist natürlich bei Platten $h \leq 20$ cm auch zu beachten!

Biegebeanspruchung ohne wesentlichen zentrischen Zug kann dann angenommen werden, wenn unter der maßgebenden Einwirkung die im Zustand I berechnete Zugzone nicht mehr als $2/3$ der Querschnittshöhe h beträgt.

Begrenzung des Stabdurchmessers für die erforderliche Bewehrung

$M_{Ed,perm} = 1,0 G_k + \psi_2 Q_k$, $M_{Ed,perm} = 23,6$ kNm/m,
 $M_{Ed} = 41,0$ kNm/m, XC1 → $w_k = 0,4$ mm, Anforderungsklasse F Tab. 18
erf $A_s = 5,00$ cm²/m, vorh $A_s = 5,13$ cm²/m (R513A, $d_s = 7,5d$), $(h-d) = 0,03$ m, C20/25,
 $f_{ct,eff} = 2,2$ N/mm², $f_{cto} = 3,0$ N/mm², Index perm = quasi-ständige Einwirkung

$\sigma_{s,perm} \approx M_{Ed,perm} / (z * \text{vorh. } A_s)$, wobei $z = 0,9 * d$ gemäß DIN 1045-1 angesetzt werden kann

$$\sigma_{s,perm} \approx 23,6 / (0,9 * 0,19 * 5,13 * 10^{-1}) = 269 \text{ N/mm}^2$$

Tab 20 → für 269 N/mm² und $w_k = 0,40$ mm → $d_s^* = 20$ mm

$$d_s = 20 * f_{ct,eff} / f_{cto} = 20 * 2,2 / 3,0 = 14,6 \text{ mm} > 7,5 \text{ mm bzw.}$$

$$d_s = 20 * 269 * 5,13 * 10^{-4} / (4 * 0,03 * 1 * 3) = 7,6 \text{ mm (Gl. 131 nicht maßgebend , Lastbeanspruchung)}$$

Hinweis: im Gegensatz zur Ermittlung der Mindestbewehrung ist hier keine Mindestbetonzugfestigkeit von 3,0 N/mm² zu beachten, Mattendoppelstäben dürfen bei der Rissweitenbeschränkung wie Einfachstäbe behandelt werden.

2.2 Decke über Tiefgarage → Nachweise GZG

Hinweis: die beiden Untergeschosse der Häuser bilden durch zahlreiche Betonwände einen steifen Kasten; d.h. in der Tiefgaragendecke treten in x-Richtung Zwangskräfte auf. (Schwinden und Temperatur) In y-Richtung wird durch geeignete Randbedingungen, die im Endzustand die Zwangsschnittgrößen gering halten, die abfließende Hydratationswärme maßgebend. Diese Festlegung ist in der Praxis sorgfältig zu überprüfen Auf der sicheren Seite liegend wird im Zweifelsfall empfohlen im Endzustand ebenfalls die Zwangskräfte zu berücksichtigen.

C30/37, XC3 (an der Oberkante wird eine Dichtung nach DIN 18195 angeordnet), $w_k = 0,3$ mm, Anforderungsklasse E Tab. 18, $h = 30$ cm,
 $f_{ct,eff} = 3,0 > f_{ctm} = 2,9$ N/mm² (Mindestfestigkeit von 3,0 N/mm² gefordert), $f_{cto} = 3,0$ N/mm²,

2.2.1 Mindestbewehrung in x-Richtung infolge Zwang im Endzustand

$$\min.A_s = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s \text{ (Gl. 127)}$$

$k_c = 1,0$ (bei zentrischem Zug, Gl. 128 ausgewertet), $k = 0,8$ ($h = 30$ cm),
 $A_{ct,o} = A_{ct,u} = 0,30/2 = 0,15$ m²/m, Bewehrung in x-Richtung \varnothing 16 mm,

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ mm und $d_s^*=16$ mm $\rightarrow \sigma_s = 260$ N/mm², $d_s = 16 * 3,0/3,0 = 16$ mm

min. $A_s = 1,0 * 0,8 * 3,0 * 0,15 * 10^4 / 260 = 13,8$ cm²/m jeweils obere und untere Lage

Hinweis: die Zwangsschnittkräfte resultieren nicht aus einer äußeren Belastung, wie z.B. aus einer Stützensenkung, deshalb kann $k = 0,8$ gesetzt werden.

2.2.2 Mindestbewehrung in y-Richtung infolge Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme:

$f_{ct,eff} = 0,5 * f_{ctm} = 2,9/2 = 1,45$ N/mm²

min $A_s = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$

$k_c = 1,0$ (bei zentrischem Zug), $k = 0,8$ ($h = 30$ cm), $A_{ct,o} = A_{ct,u} = 0,30/2 = 0,15$ m²/m
Bewehrung in y-Richtung \varnothing 10 mm,

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ mm und $d_s^*= 20$ mm $\rightarrow \sigma_s = 232$ N/mm², $d_s = 20 * 1,45/3,0 = 9,7 \approx 10$ mm

min. $A_s = 1,0 * 0,8 * 1,45 * 0,15 * 10^4 / 232 = 7,50$ cm²/m jeweils obere und untere Lage

Hinweis: die Deckenplatte in y-Richtung wirkt in Teilbereichen als Gurtplatte des Plattenbalken (Spannrichtung y-Richtung), nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.2.2 (4) ist bei profilierten Querschnitten wie Hohlkästen oder Plattenbalken die Mindestbewehrung für jeden Teilquerschnitt einzeln nachzuweisen. Nachweis siehe Punkt 2.3

2.3 Unterzug Decke ü. TG in y-Richtung → Nachweise GZG

Hinweis: die Randbedingungen sind die gleichen wie bei der Decke in y-Richtung, es wird für den Steg und für die Gurtplatte der Fall Biegezwang über der Innenstütze (Gurtplatte Zug) bzw. im Bereich max. Feldmoment (Steg im Zugbereich) berechnet. Die Mindestbewehrung ist in abliegenden Querschnittsteilen erst nach 10 cm außerhalb der Wirkungszone der Biegebewehrung einzulegen.

Bei profilierten Bauteilen wie dem Plattenbalken wird unter Umständen die Zwangsbeanspruchung durch gegenseitige Behinderung zwischen den einzelnen Teilquerschnitten erzeugt. Aus diesem Grund muss die Mindestbewehrung für die Teilquerschnitte ermittelt werden.

2.3.1 Mindestbewehrung in der Gurtplatte über der Innenstütze infolge Biegezwang

Mitwirkende Plattenbreite $b_m = 300$ cm, Stegbreite $b = 80$ cm, Gesamthöhe $h = 100$ cm einschließlich Platte, C30/37, gewählter Stabdurchmesser $\varnothing = 10$ mm
Plattenbalken über mehrere Felder durchlaufend, Schwerpunkt S (Plattenbalken) von OK Platte
 $h_s = 34,2$ cm, Gurtplattendicke $h_f = 30$ cm

Hinweis: die Gurtplatte wird in diesem Fall als abliegendes Bauteil betrachtet

Randspannung an der Oberkante Platte (Erstrissbildung)

$\sigma_{rand} = f_{ct,eff} = 3,0$ N/mm² (Mindestbetonzugfestigkeit maßgebend)

Betonspannung im Schwerpunkt der Gurtplatte:

$$\sigma_c = \sigma_{\text{rand}} - \sigma_{\text{rand}} * 0,5 * h_f / h_s = 3,0 - 3,0 * 0,5 * 30 / 34,2 = 1,68 \text{ N/mm}^2, \quad k_1 = 2/3 = 0,67$$

$$k_c = 0,4 * (1 + \sigma_c / (0,67 * f_{\text{ct,eff}})) = 0,4 * (1 + 1,68 / (0,67 * 3)) = 0,73$$

$$A_{\text{ct,o}} = A_{\text{ct,u}} = 0,30/2 = 0,15 \text{ m}^2/\text{m}$$

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ mm und $d_s^*=10$ mm $\rightarrow \sigma_s = 330 \text{ N/mm}^2$, $d_s = 10 * 3,0/3,0 = 10$ mm

min. $A_s = 0,73 * 0,8 * 3,0 * 0,15 * 10^4 / 330 = 8,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ jeweils obere und untere Lage

Hinweis: im Feldbereich (Gurtplatte Druck) ist der Nachweis der abfließenden Hydratationswärme maßgebend, siehe Punkt 2.2.2 (Platte in y-Richtung)

2.3.2 Mindestbewehrung im Steg Bereich max. Feldmoment infolge **Biegezwang**

Randspannung an der Unterkante Steg (Erstrissbildung) , gewählter Stabdurchmesser $\varnothing = 14$ mm

$$\sigma_{\text{rand}} = f_{\text{ct,eff}} = 3,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mindestbetonzugfestigkeit maßgebend)}$$

$$\sigma_c = \sigma_{\text{rand}} * (0,5 * h - h_s) / (h - h_s) = 3,0 * (0,5 * 100 - 34,2) / (100 - 34,2) = 0,72 \text{ N/mm}^2,$$

$$k_1 = 2/3 = 0,67 \text{ und } k = 0,50 \text{ (maßgebende Bauteilabmessung } b = 80 \text{ cm)}$$

$$k_c = 0,4 * (1 + \sigma_c / (0,67 * f_{\text{ct,eff}})) = 0,4 * (1 + 0,72 / (0,67 * 3)) = 0,54$$

$$A_{\text{ct,}} = 0,80 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (} b = 80 < h = 100 \text{ cm)}$$

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ mm und $d_s^*=14$ mm $\rightarrow \sigma_s = 280 \text{ N/mm}^2$, $d_s = 14 * 3,0/3,0 = 14$ mm

min. $A_s = 0,54 * 0,5 * 3,0 * 0,80/2 * 10^4 / 280 = 11,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ jeweils je Stegseite

2.3.3 Mindestbewehrung im Steg infolge abfließender Hydratationswärme:

$$f_{\text{ct,eff}} = 0,5 * f_{\text{ctm}} = 2,9/2 = 1,45 \text{ N/mm}^2, \text{ für Steg } (h-d) = 0,04 \text{ m, gewählter Stabdurchmesser } \varnothing = 14 \text{ mm}$$

$$k_c = 1,0 \text{ (bei zentrischem Zug), } k = 0,5 \text{ (} h = 80 \text{ cm), } A_{\text{ct,}} = 0,80 \text{ m}^2/\text{m}$$

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ und $\varnothing 32 \rightarrow \sigma_s = 184 \text{ N/mm}^2$, (im ersten Schritt fiktiver \varnothing)

$$\text{Gl. (129) Zwangsbeanspruchung } \rightarrow d_s = 32 * 1,0 * 0,5 * 0,4 * 1,45 / (4 * 0,04 * 3,0) = 19,3 > 16 \text{ mm}$$

$$d_s = 32 * 1,45/3,0 = 15,4 \text{ mm} > 14 \text{ (wird maßgebend !),}$$

min. $A_s = 1,0 * 0,5 * 1,45 * 0,80 * 0,5 * 10^4 / 184 = 15,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ jeweils je Stegseite

2.3.4 Begrenzung des Stabdurchmessers für die erforderliche Plattenbalkenbewehrung

$M_{\text{Ed,perm}} = 1330 \text{ kNm}$, $M_{\text{Ed}} = 2100 \text{ kNm}$, XC3 $\rightarrow w_k = 0,3$ mm, Anforderungsklasse E Tab. 18
Abmessungen siehe Abschnitt 2.3.1, $d_1 = 0,06$ m

Hinweis: Teile des Plattenbalkens XC3, eine Unterscheidung der Expositionsklasse für die untere Bewehrung wird in diesem Fall nicht vorgenommen, durch die hohe ständige Last (Erdüberdeckung) ist die Abminderung bei der quasi-ständige Einwirkung weitaus geringer. Es wird nur die obere Bewehrung des Plattenbalkens nachgewiesen, für die untere Bewehrung ist das Rechenverfahren gleich.

erf. $A_s = 56,0 \text{ cm}^2$, vorh. $A_s = 60,0 \text{ cm}^2$, gewählter Stabdurchmesser $\varnothing = 25 \text{ mm}$
 $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ N/mm}^2$, $f_{cto} = 3,0 \text{ N/mm}^2$,

$$\sigma_{s,perm} \approx (M_{Ed,perm} / (z * vorh. A_s)) = 1330 / (0,9 * 0,94 * 60 * 10^{-1}) = 262 \text{ N/mm}^2$$

Tab 20 → für 262 N/mm^2 und $w_k = 0,30 \text{ mm}$ → $ds^* = 16 \text{ mm}$

$$ds = 16 * f_{ct,eff} / f_{cto} = 16 * 2,9 / 3,0 = 15,4 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Bewehrung muss erhöht werden}$$

wegen hoher ständiger Last (Erdauflast) → neues vorh. $A_s = 78 \text{ cm}^2$

$$\sigma_{s,perm} \approx (M_{Ed,perm} / (z * vorh. A_s)) = 1330 / (0,9 * 0,94 * 78 * 10^{-1}) = 201 \text{ N/mm}^2$$

Tab 20 → für 201 N/mm^2 und $w_k = 0,30 \text{ mm}$ → $ds^* = 28 \text{ mm}$

$$ds = 16 * f_{ct,eff} / f_{cto} = 28 * 2,9 / 3,0 = 27,0 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

2.4 Bodenplatte → Nachweise im GZG

Hinweis: Nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.2.2(2) darf bei Bauteilen die Mindestbewehrung vermindert werden, wenn die Zwangsschnittgröße die Risschnittgröße nicht erreicht. In diesen Fällen darf die Mindestbewehrung durch eine Bemessung des Querschnitts für die nachgewiesene Zwangsschnittgröße unter der Berücksichtigung der Anforderung an die Rissbreitenbegrenzung ermittelt werden.

Bei Bodenplatten ist dies häufig der Fall, wenn in der Planung rechtzeitig darauf geachtet wird, dass keine Festpunkte eingebaut werden, die größere Zwangsschnittgrößen erzeugen, weil sie das Zusammenziehen der Platte über die Bodenreibung hinaus behindern. Festpunkte können Aufzugsunterfahrten, Kanäle u.s.w. sein, die durch Aktivierung des Erdwiderstands zusätzliche Zwangskräfte erzeugen.

Für den vorliegenden Fall wird eine zentrische Zugkraft ermittelt, die nicht größer sein kann, als die Reibungskraft zwischen Boden und Bodenplatte. Es wird Zwang aus abfließender Hydratationswärme zugrunde gelegt. Der innere Reibungswinkel ist selbstverständlich mit dem Baugrundsachverständigen abzustimmen.

Kennwerte: innerer Bodenreibungswinkel $\varphi' = 35^\circ$, $\sum L_x = 2 * 10 + 30 = 50 \text{ m}$, $L_y = 15 \text{ m}$,
obere Plattenbewehrung XC1 → Anforderungsklasse F → $w_k = 0,4 \text{ mm}$
untere Plattenbewehrung XC2 → Anforderungsklasse E → $w_k = 0,3 \text{ mm}$

2.4.1 Mindestbewehrung infolge abfließender Hydratationswärme

Eigengewicht Bodenplatte $g_k = 0,6 * 25 = 15 \text{ kN/m}^2$

Scherspannung in der Bodenfuge: $\tau = g_k * \tan 35^\circ = 15 * 0,70 = 10,5 \text{ kN/m}^2$

Zwangsschnittgröße $F_{zw,x} = \tau * b * L_x / 2 = 10,5 * 1,0 * 50 / 2 = 262,5 \text{ kN/m}$ ($b = 1,0 \text{ m}$)

Hinweis: Bei der Ermittlung der Zwangsschnittgröße wird auf der sicheren Seite liegend eine gleichmäßige Verteilung der Scherspannung über die ganze Länge angenommen,

Rissnormalkraft $F_{cr} = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} = 1,0 * 0,7 * 1,45 * 0,6 = 0,609 \text{ MN/m} > 0,262$

$$\min A_s = F_{zw,x} / 0,8 \cdot f_{yk} = 0,262 \cdot 10^4 / (0,8 \cdot 500) = 6,6 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ für den Gesamtquerschnitt}$$

Hinweis: Das Fließen des Betonstahls bei der Erstrissbildung ist zu verhindern, deshalb kann bei kombinierter Last- und Zwangsbeanspruchung nur $0,8 \cdot f_{yk}$ angesetzt werden. (11.1.3)

untere Bewehrung:

nach Tab. 20 für $w_k=0,30$ mm und $\varnothing = 14$ mm (wegen Bewehrung im GZT)

$$ds^* = 14 \cdot 3,0 / 1,45 = 28,9 \text{ mm} \rightarrow \text{erf } \sigma_s = 200 \text{ N/mm}^2,$$

Bewehrung wird erhöht: erf $A_s = 0,5 \cdot 0,262 \cdot 10^4 / 200 = 6,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ untere Bewehrung

Hinweis: die Mindestbewehrung wurde aus konstruktiven Gründen mit $\varnothing = 14$ mm gewählt, um eine günstige und baustellengerechte Abstufung der Bewehrung im GZT zu erreichen,

Obere Bewehrung:

nach Tab. 20 für $w_k=0,40$ mm und $ds^*=16$ mm $\rightarrow \sigma_s = 300 \text{ N/mm}^2$,

$$ds = 16 \cdot 1,45/3,0 = 7,7 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

erf $A_s = 0,5 \cdot 0,262 \cdot 10^4 / 300 = 4,4 \text{ cm}^2/\text{m}$ obere Bewehrung

2.4.2 Begrenzung des Stabdurchmessers für die erforderliche Bewehrung

Hinweis: Es wird hier nur die untere Bewehrung überprüft, obere Bewehrung kann mit dem gleichen Rechenverfahren überprüft werden.

$M_{Ed,perm} = 210 \text{ kNm/m}$, $M_{Ed} = 360 \text{ kNm/m}$, XC2 $\rightarrow w_k = 0,3$ mm, Anforderungsklasse E Tab. 18

erf $A_s = 15,2 \text{ cm}^2/\text{m}$, vorh $A_s = 15,4 \text{ cm}^2/\text{m}$, $\varnothing 14$ e = 10 cm, $d_1 = 0,06$ m

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ N/mm}^2$, $f_{cto} = 3,0 \text{ N/mm}^2$,

$$\sigma_{s,perm} \approx M_{Ed,perm} / (z \cdot \text{vorh. } A_s)$$

$$\sigma_{s,perm} \approx 210 / (0,9 \cdot 0,54 \cdot 15,4 \cdot 10^{-1}) = 280 \text{ N/mm}^2$$

Tab 20 \rightarrow für 280 N/mm^2 und $w_k = 0,30$ mm $\rightarrow ds^* = 14$ mm

$$ds = 14 \cdot f_{ct,eff} / f_{cto} = 19 \cdot 2,9 / 3,0 = 13,5 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

2.5 Bodenplatte → Nachweise im GZG , direkter Nachweis

Hinweis: Berechnung der Rissbreite nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.2.4. Der Nachweis wird zur Übungszwecken geführt. Es wird der Fall Lastbeanspruchung quasi-ständige Einwirkung untersucht.

$$d1 = 7 \text{ cm}, A_{c,eff} = 2,5 * d = 2,5 * 0,07 = 0,175 \text{ m}^2/\text{m}, \text{ vorh. } A_s = 15,4 \text{ cm}^2/\text{m}, \\ M_{Ed,perm} = 210 \text{ kNm/m}$$

Hinweis: Der Wirkungsbereich $2,5*d$ gilt nur bei dünnen Bauteilen und konzentrierter Bewehrung am Bauteilrand hinreichend genau bis $h/d1 = 10$, bei $h/d1 = 20$ ist der Wirkungsbereich $4*d$ nach König/Tue DAfStb Heft 466

$$\text{eff } \rho = 15,4 * 10^{-4} / 0,175 = 0,009, \sigma_{s,perm} \approx 280 \text{ N/mm}^2 \text{ (siehe 2.4.2)}$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ N/mm}^2,$$

nach Gl. 137 :

$$s_{r,max} = 14 / (3,6 * 0,009) = 432 \text{ mm} \text{ bzw. } s_{r,max} = 280 * 14 / (3,6 * 2,9) = \underline{375 \text{ mm}} \text{ (maßgebend)}$$

$$\text{nach Gl. 136 mit } \alpha_E = E_s / E_{c0m} = 200000/31900 = 6,27$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{sm} = \{280 - 0,4*(2,9/0,009)*(1 + 0,009 *6,27) \}/200000 = 7,2 * 10^{-4} < 0,6*280/200000=\underline{8,5*10^{-4}}$$

$$wk = 375 * 8,5*10^{-4} = 0,31 \text{ mm} \approx 0,30 \text{ mm}$$

3. Programm für die Berechnung der Rissbreite

Gleichzeitig mit dieser Tech-News können Sie ein EDV-Programm auf Exel -Basis kostenlos herunterladen. Bitte beachten Sie, dass Sie das Programm nicht im Internet öffnen können. Sie müssen das Programm mit dem Download-Verfahren auf Ihren Computer herunterladen.

Für das Programm ist die Version Exel 2000 oder eine höhere Version erforderlich. Das Programm wurde selbstverständlich virenfrei ins Internet gestellt. Auf unseren Server haben nur 3 Mitarbeiter Zugriff, trotzdem empfiehlt es sich vor dem Öffnen des Programms, diese durch ein Antivirus-Programm überprüfen zu lassen.

Sie müssen nach dem Start von Exel und Aufruf der Programmdatei den Schalter „Makros aktivieren“ anklicken. Ohne „Makros aktivieren“ ist das Programm nicht lauffähig.

Für die Berechnung klicken Sie das Eingabeformular an. Je nach Größe des Bildschirms und Auflösung können Sie das Formular an den rechten Rand verschieben (Scrollbalken gerade noch sichtbar). Eine optimale Darstellung ist mit einer Bildschirmdiagonalen von ≥ 17 Zoll und einer Auflösung von 1280×1024 möglich. Durch die Verschiebung können Sie am Bildschirm nach jedem Klick auf das OK-Feld die Folgen der Änderungen im späteren Ausdruck sofort kontrollieren. Sie können alle Daten so lange ändern bis das Ergebnis Ihren Wünschen entspricht.

Sobald Sie „Schließen“ anklicken verschwindet das Eingabeformular und Sie haben keine Möglichkeit mehr, die Daten abzuändern. Sie können nur noch einen Ausdruck der Berechnung vornehmen. Eine Speicherung für spätere Änderungen ist aus programmtechnischen Gründen nicht möglich.

Durch Anklicken der Taste „Drucken“ wird das Dokument ausgedruckt. Maßgebend für den Ausdruck sind die Standardeinstellungen in Ihrem Exel- Programm.

Bei kleiner Bildschirmdiagonale (Laptop) empfiehlt es sich, die Darstellung zu verkleinern. (Ansicht →Zoom → benutzerdefiniert → 65%).

Copyright Landesvereinigung der Prüferingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg e.V.

Trotz sorgfältiger Zusammenstellung der Informationen und Texte kann für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung von der Landesvereinigung und deren Autoren übernommen werden.

Bei der Eingabe beachten Sie bitte, dass die Dezimalstellen durch ein Komma getrennt werden!

Wenn Sie einen Punkt eingeben, wird dies als Tausender Trennzeichen gewertet und berechnet.

Sollte durch eine Fehlbedienung der Hinweis Laufzeitfehler auftauchen, schließen Sie das Programm und rufen das Exel-Programm erneut auf. Dieser Fehler tritt vor allem dann auf, wenn Sie ein Feld nicht ausfüllen. Felder, die Sie bei einem Rechengang nicht benötigen, müssen mit einer Null belegt werden, ansonsten wirft das Programm einen Laufzeitfehler aus.

Mit der Tab-Taste können Sie von einem Eingabefeld zu nächsten springen mit Ausnahme der Optionsfelder. Das Programm weist zwei Optionsfelder auf: rauhe oder glatte Fuge und die Betongüte. Sie müssen jeweils in jedem Optionsfeld einen Wert anklicken. Bitte beachten Sie, dass Sie bei jedem neuen Aufruf des Programms auch jedes Mal einen Wert in jedem Optionsfeld anklicken. Wenn Sie dies nicht tun, übernimmt das Programm automatisch den Wert der alten Berechnung.

Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass der Ausdruck vor der Umsetzung in die Ausführungszeichnungen einer Überprüfung der Eingabedaten durch den Tragwerksplaner erfordert.

Das Programm „**Rissbreite**“ berechnet die Rissbreite unter Lastbeanspruchung, unter Einwirkung von abfließender Hydratationswärme und unter Zwang im Endstadium. Es können nur Rechteckquerschnitte ohne Vorspannung bemessen werden. Es wird das Verfahren nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.2.4, die direkte Bemessung der Rissbreite, angewandt.

Der Sonderfall Begrenzung der Rissweite auf die doppelte Maschenweite wird nicht berücksichtigt, weil wir der Auffassung sind, dass hier nur Lagermatten in Frage kommen oder Listenmatten mit angeschweißten Querstäbe mit einem Stababstand in den Grenzen der Lagermatten. Eine Anfrage an den Auslegungsausschuss wurde auf den Weg gebracht. Die Matten werden in der Praxis in der Regel durch Zulagen verstärkt. Sie müssen in diesem Fall den mittleren Stabdurchmesser nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.2.3 (6) ermitteln und diesen fiktiven mittleren Stabdurchmesser ins Programm eingeben. Die Doppelstäbe bei Matten dürfen bei der Berechnung der Rissbreite wie Einfachstäbe behandelt werden. Fälle nach DIN 1045-1 Abschnitt 11.21 (13) können nicht berechnet werden. Es wird vorausgesetzt, dass die in Ansatz gebrachte Bewehrung einen ausreichenden Verbund aufweist. Selbstverständlich können nur Baustähle, die die Eigenschaften der Tab. 11 der DIN 1045-1 erfüllen, verwendet werden.

Es ist zu beachten, dass für die Bewehrungsangaben (vorh. As) der Wert für eine Seite einzugeben ist.

In der DIN 1045-1 wird ausgeführt, wenn nicht mit Sicherheit festgelegt werden kann, dass der Zeitpunkt der Rissbildung innerhalb der ersten 28 Tage eintritt, sollte eine Mindestzugfestigkeit des Betons von 3,0 N/mm² angenommen werden. Wir sind der Auffassung, dass der Zeitpunkt T < 28 Tage für den Tragwerksplaner nur in Abstimmung mit der Baufirma, der Lieferfirma des Transportbetons festgelegt werden kann und eine ingenieurtechnische Überwachung erforderlich ist. Wir haben deshalb auf diese theoretische Möglichkeit verzichtet und immer eine Mindestbetonzugfestigkeit von 3,0 N/mm² implementiert.

Die Höhe des Wirkungsbereich der Bewehrung mit $h_{\text{eff}} = 2,5 \cdot d_1$ gilt eigentlich nur bei dünnen Bauteilen und konzentrierter Bewehrungsanordnung am Bauteilrand hinreichend genau. Bei dickeren Bauteilen kann dieser Bereich anwachsen. Wir haben deshalb auf der Grundlage von Heft 466 eine grobe lineare Interpolation vorgenommen, die den Bereich $h/d_1 \leq 30$ abdeckt und für die Rechengenauigkeit der Rissbreite nach unserer Auffassung ausreichend ist.

Das Programm ist so aufgebaut, dass Sie mit wenigen Angaben alle drei Beanspruchungsarten (Lastbeanspruchung, abfließende Hydratationswärme, Zwang T > 28 Tage) ermitteln können. Nach jedem Klick auf die OK-Taste werden die Werte neu berechnet. Sie können jede Eingabe erneut überschreiben und auswerten lassen. So können Sie die wesentlichen Randbedingungen wie Betongüte, Stabdurchmesser, erf. wk und die vorh. As-Werte optimieren und das gewünschte Ergebnis sehr schnell ermitteln.

Durch Eingabe vom $M_{\text{Ed,perm}} = 0$ wird die Lastbeanspruchung nicht berechnet, ein Hinweis im Ausdruck wird gegeben. Wenn keine abfließende Hydratationswärme berücksichtigt werden soll, so

geben Sie vorh. As (Hydratation) = 0 ein, wenn kein Zwang im Endstadium vorhanden ist, geben Sie vorh. As (Zwang) = 0 ein, oder wenn überhaupt keine Zwangsbeanspruchung vorliegt, dann ist vorh. As (Hydratation) und (Zwang) = 0.

Bei der Zwangsbeanspruchung kann zwischen äußerer Zwang und innerer Zwang unterschieden werden. Sie müssen eine der beiden Optionen anklicken. Schwinden, Temperatur und abfließende Hydratationswärme sind die häufigsten Einwirkungen für den inneren Zwang. Für den äußeren Zwang kann der Einfluss einer Stützensenkung genannt werden.

Eine Betongüte ist ebenfalls auszuwählen. Bitte beachten Sie, dass zwei Optionsfelder zur Verfügung stehen, Betongüte und der o.a. Fall äußerer und innerer Zwang. Es muss in jedem Optionsfeld ein Wert angeklückt werden, wenn Sie das Programm neu aufrufen, ansonsten wird der alte Wert übernommen.

4. Am Ende des Tages

Mit der Tech-News 02/03 Folge 1 haben wir mit der Serie DIN 1045-1 begonnen. Alle 12 Mitglieder des Medienbeirats der Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg waren zuversichtlich und mit Begeisterung dabei, die neuen Normen zu erläutern und für den Tragwerksplaner wertvolle Hinweise für die tägliche Praxis zu erarbeiten. Die Serie wird mit folgenden Beiträgen abgeschlossen: Stabwerksmodelle Folge 1 und 2, Ermüdung Folge 1 und 2 nach DIN 1045-1 Abschnitt 10.8, und Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten nach DIN 1045-1 Abschnitt 10.3.5.

Vorsichtig formuliert kann man sagen, es ist eine große Ernüchterung bezüglich der neuen Norm DIN 1045-1 eingetreten.

Es gibt 21 Expositionsklassen, die sich nahezu beliebig kombinieren lassen. Der Bauteilkatalog weist über 200 Kombinationsmöglichkeiten für praxisrelevante Bauteile auf und wer meint, hiermit sind alle Fragen beantwortet, irrt sich gewaltig. Jede Woche erhalten wir eine neue Frage zur Anwendung der Expositionsklassen, keine akademische Fragen, sondern Probleme aus der täglichen Praxis. Wir sind der Meinung, man hat die Praxis aus den Augen verloren.

Das beste Beispiel ist der Brandschutznachweis. Im neuen Brandschutzhandbuch 2. Auflage konnte man zur Freude aller Beteiligten lesen, dass bei der brandschutztechnischen Bemessung nach EC 2-1-2 die gleichen Tabellen wie DIN 4102-4 verwendet werden können. Diese Aussage hatte nicht lange Bestand. Nach dem DIN Fachbericht 91 (NAD) zum Eurocode folgte die DIBT-Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1992-1-2 in Verbindung mit der DIN 1045-1. Schon der sperrige Titel lässt schreckliches vermuten. Die Tabellenwerte wurden umgeschrieben und ein Nachweis für Stützen wurde unumgänglich. Dies war der erste Streich und man sah sich genötigt, die Angelegenheit zu novellieren. Es folgte die DIN 4102-22 und DIN 4102-4/A1. Auf diesen 84 Seiten wurde aber keine Erleichterung für die Praxis geschaffen, denn die Tabelle 31 der DIN 4102-4 für Stützen wurde den neuen Bemessungsrichtlinien nicht angepasst. Es mag den Tragwerksplaner trösten, dass die zuständigen Gremien diesbezüglich einen Forschungsauftrag ausgelobt haben. Es wird, wie die ersten Erfahrungen in diesem Jahr zeigen, in der Regel kein Brandschutznachweis mehr zur Prüfung vorgelegt. Der Tragwerksplaner bittet den Prüfsingenieur den fehlenden Nachweis durch einen Grüneintragung zu heilen. Wir sind auf dem besten Weg die gleichen Verhältnisse wie im Steuerrecht zu schaffen, der Bürger verabschiedet sich in die innere Immigration und regelt die Dinge, wie er sie für richtig hält.

Ein weiteres Beispiel ist der Nachweis der Ermüdung nach DIN 1045-1 Abschnitt 10.8. Man bietet dem Tragwerksplaner drei verschiedene Nachweisebenen an. Jede höhere Ebene erzwingt einen wesentlich höheren Aufwand. Der explizite Betriebsfestigkeitsnachweis nach der Palmgren-Miner-Regel ist formelmäßig $D_{ED} \leq 1$ bestechend einfach, aber für die Praxis im Hochbau völlig unbrauchbar. Die relevanten Daten für den Lastfall Gegengewichtsstapler fehlen. Die zweite Nachweisebene mit den schädigungsäquivalenten Spannungsschwingbreiten lässt bezüglich des Betons einige Fragen offen. Es bleibt somit nur die vereinfachte Methode nach Abschnitt 10.8.4 übrig und wie man richtig vermutet, eine wenig stahlsparende Methode. Die vorgesehene Tech-News liegt schon seit Monaten in der Schublade und kann nicht veröffentlicht werden, weil zu viele Fragen noch offen stehen.

Copyright Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg e.V.

Trotz sorgfältiger Zusammenstellung der Informationen und Texte kann für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung von der Landesvereinigung und deren Autoren übernommen werden.

Zu Beginn meiner Ingenieur Tätigkeit betrug die zul. Schubspannungen für einen Beton B225 nach DIN 1045:1959 ohne Schubspannungsnachweis für Platten 9 kp/cm^2 . In der DIN 1045:1978 betrug der Wert nur noch 5 kp/cm^2 ($0,50 \text{ N/mm}^2$), aber die Ermittlung blieb wie bisher recht einfach. Nach der DIN 1045-1 muss man sich jetzt richtig abmühen, um die Formel $V_{Rd,ct}$ in Verbindung mit dem Längsbewehrungsgrad ρ und dem Maßstabsfaktor K auszuwerten und stellt dann fest, dass trotz Aufwand in vielen Fällen (seither ohne Querkraftbewehrung) jetzt eine Querkraftbewehrung erforderlich ist.