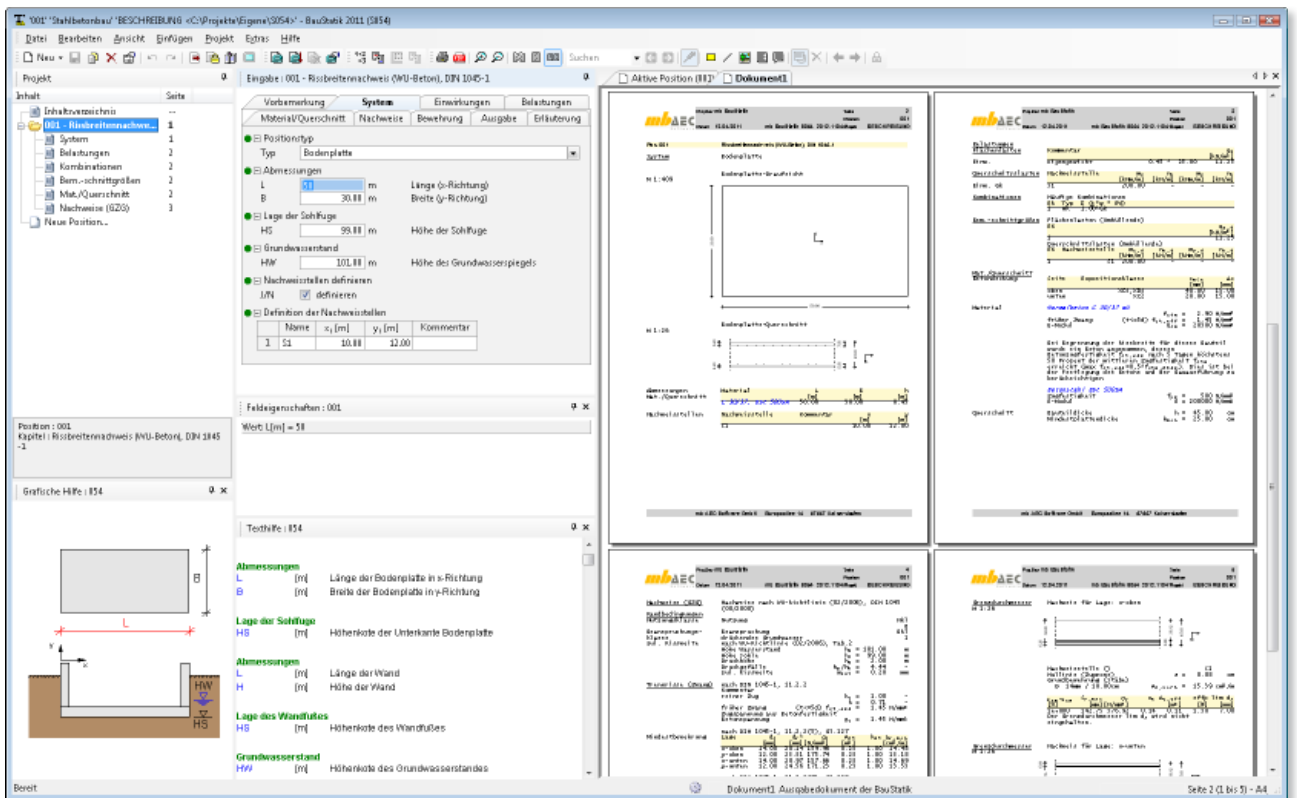


Dipl.-Ing. Sascha Heuß

Wirtschaftliche Rissbreitennachweise

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S054 Rissbreitennachweis (WU-Beton), DIN 1045-1 (08/08)

Bei der Bemessung und Konstruktion von Außenbauteilen, die eine abdichtende Funktion übernehmen (Weiße Wannen), ist im Allgemeinen der Anteil der Bewehrung für die Begrenzung der Rissbreiten größer als der, der für den reinen statischen Lastabtrag erforderlich wäre. Das Modul S054 ermöglicht eine wirtschaftliche Dimensionierung unter Berücksichtigung von zwangsmindernden Einflüssen wie z.B. Sollrissfugenabstand in Wänden, Baugrundreibung von Bodenplatten, Abbau von Zwangsspannungen über die Wandhöhe etc.



System

Der Nachweis der Rissbreiten erfolgt bauteilspezifisch für Bodenplatten und Wände. Durch Auswahl des entsprechenden Positionstyps werden die folgenden Abfragen gesteuert. Neben den Bauteilabmessungen ist die Lage des Bauteils in Bezug auf den Grundwasserstand anzugeben. Sollen neben den Nachweisen auf Zwang auch Nachweise zu Rissbreiten aus Last geführt werden, können Nachweistellen definiert werden, auf die in der weitem Last- und Bewehrungseingabe Bezug genommen wird. Hiermit ist es möglich an beliebig vielen Stellen den Rissbreitennachweis unter Last zu führen.

Einwirkungen

Als Einwirkungen können projektweite Einwirkungen aus dem Modul S026 übernommen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Einwirkungstypen nach DIN 1055-100, Tab. A.2 [6], manuell zu definieren. Anhand der definierten Einwirkungstypen werden programmseitig die Kombinationsbeiwerte zugewiesen. Die Kombinationsbildung erfolgt automatisch auf der Grundlage der DIN 1055-100 [6]. S054 ermöglicht auch die Vorgabe von Bemessungslasten. Hierzu ist die Kombinationszuordnung durch den Anwender vorzunehmen.

Belastung

Bodenplatte

Für den Nachweis bei vermindertem Zwang (siehe auch Kapitel „Mindestbewehrung“) besteht die Möglichkeit, Auflast auf die Bodenplatte vorzugeben, die zusätzlich zum Eigengewicht bei der Ermittlung der Reibungskraft berücksichtigt werden kann.

Bodenplatte und Wände

Neben der Auflast für Bodenplatten, können an beliebig vielen Nachweisstellen Normalkräfte und Biegemomente vorgegeben werden, für die der Nachweis der Rissbreiten unter Last geführt werden soll.

Material/Querschnitt

Der Stahlbeton wird über die Festigkeitsklasse, die Zementsorte und den Größtkorndurchmesser definiert. Dabei stehen die Normalbetone nach DIN 1045-1 [1], Tab. 9 zur Verfügung. Mit der Eingabe der Bauteilstärke und weiterer Angaben zur Bauweise (z.B. Elementwände) sind die geometrischen Randbedingungen festgelegt.

Es folgt noch die Vorgabe der Expositionsklasse. Mit diesen Angaben wird die Betondeckung und damit die exakte Lage der Bewehrung im Bauteil programmseitig ermittelt.

Bewehrung

Im Kapitel „Bewehrung“ sind alle Bewehrungslagen über die Eingabe von Durchmesser und Stababstand vorzugeben. Dabei können Richtung und Lage für jede Berechnung individuell angepasst werden. Alle Nachweise aus Zwang werden auf Grundlage dieser Bewehrungsvorgabe geführt. Sollen zusätzlich die Rissbreiten aus Last nachgewiesen werden, wird die o.a. Bewehrung als Grundbewehrung interpretiert. Sofern erforderlich, kann für jede Nachweisstelle eine Zulagebewehrung definiert werden. Damit wird ermöglicht, mehrere unterschiedlich bewehrte Querschnitte mit unterschiedlichen Lasten in einer Position nachzuweisen.

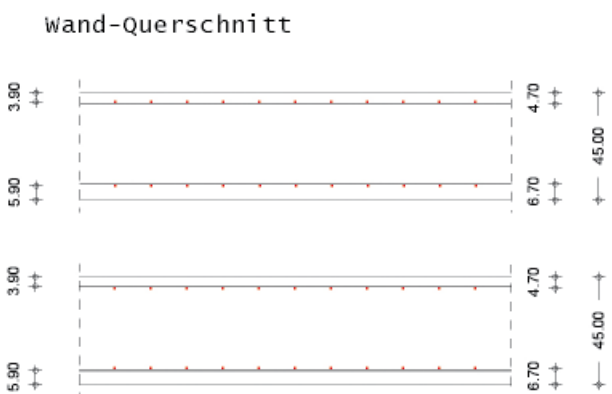


Bild 1. Beliebige Anordnung der Bewehrungslagen

Anforderungen der WU-Richtlinie

Nutzungs- und Beanspruchungsklasse

Wasserundurchlässige Bauwerke dürfen nach den Vorgaben der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ [2] ausgelegt werden. Abhängig von Nutzungs- und Beanspruchungsklasse wird dort festgelegt, welche Maßnahmen zur Erzielung einer hinreichenden Dichtigkeit zu treffen sind.

Mit der Beanspruchungsklasse wird die Art der Beanspruchung des Bauwerks oder Bauteils mit Feuchte oder Wasser festgelegt.

Beanspruchungsklasse 1	Beanspruchungsklasse 2
drückendes und nicht-drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Sickerwasser	Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser

Tabelle 1. Beanspruchungsklassen nach WU-Richtlinie [2]

Die Nutzungs- und Beanspruchungsklassen richten sich nach Funktion und Nutzungsanforderungen an das Bauwerk.

Nutzungs- und Beanspruchungsklasse A	Nutzungs- und Beanspruchungsklasse B
kein Durchtritt von flüssigem Wasser	begrenzter Wasserdurchtritt
keine Feuchtestellen	feuchte Flecken zulässig
keine wasserführenden Risse	temporär bis zur Selbstheilung wasserführende Risse
Beispiele: Wohnungsbau, Lagerräume mit hochwertiger Nutzung	Beispiele: Einzel- und Tiefgaragen, Installations- und Versorgungsschächte, Lagerräume mit geringen Anforderungen

Tabelle 2. Nutzungs- und Beanspruchungsklassen nach WU-Richtlinie [2]

Aus der Kombination von Beanspruchungs- und Nutzungs- und Beanspruchungsklassen lassen sich die Anforderungen an die Mindestbauteilstärken und die Trennrissbreiten ableiten, die in Ihrer Bandbreite von „keine Trennrisse zulässig“ bis zu „Trennrisse gemäß DIN 1045-1, Abschnitt 11.2.1 zulässig“ reichen.

Im Modul S054 können Nutzungs- und Beanspruchungsklassen direkt vorgegeben werden. Das Programm ermittelt dann die in der WU-Richtlinie [2] gestellten Anforderungen und vergleicht sie mit den Eigenschaften des zu bemessenden Bauteils. Sofern die WU-Richtlinie [2] nicht Berechnungsgrundlage ist, kann die zulässige Rissbreite auch manuell vorgegeben werden.

Bauweise zur Vermeidung von Trennrissen

Unterliegt ein Bauteil der Nutzungsklasse A, so ist im Allgemeinen eine Konstruktion anzustreben, bei der die Entstehung von Trennrissen weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Dies ist der Fall, wenn die Zwangsschnittgröße die Risschnittgröße nicht erreicht. In der Praxis wird dies erreicht, indem bei Bodenplatten eine Verzahnung mit dem Untergrund vermieden und bei Wänden Sollrissfugen in ausreichender Anzahl eingeplant werden.

Mit dem Modul S054 kann für beliebig viele Zeitpunkte und Zwangsursachen untersucht werden, ob die zu erwartende Zwangsspannung kleiner als die Betonzugfestigkeit zum betrachteten Zeitpunkt ist.

Begrenzung der Trennrissbreite

In der Nutzungsklasse B sind Trennrisse bis zu der Rissbreite zulässig, von der angenommen werden kann, dass der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt ist.

Abhängig von der Beanspruchungsklasse gelten folgende Grenzwerte, die vom Modul S054 automatisch ermittelt werden:

Beanspruchungsklasse 1: Die Grenzwerte sind vom Druckgefälle abhängig.	
$h_w/h_b \leq 10$	w = 0,20mm
$10 < h_w/h_b \leq 15$	w = 0,15mm
$15 < h_w/h_b \leq 25$	w = 0,10mm

Tabelle 3. Grenzwerte der Rissbreite nach WU-Richtlinie, Tab. 2 [2]

Beanspruchungsklasse 2:	
Wände:	w ≤ 0,20mm
Bodenplatten:	Grenzwerte nach DIN 1045-1, 11.2.1

Tabelle 4. Grenzwerte der Rissbreite nach WU-Richtlinie, 8.5.2 (3) [2]

Mindestbewehrung

Mindestbewehrung nach DIN 1045-1

Nach DIN 1045-1, Gl. 127 [1] errechnet sich die Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissweite zu:

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s \tag{1}$$

Bei dickeren Bauteilen unter zentrischem Zwang darf die Mindestbewehrung begrenzt werden auf:

$$A_s = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,eff} / f_{yk} \tag{2}$$

Für die Erläuterungen zu den einzelnen Gliedern der Gleichungen (1) und (2) wird auf die DIN 1045-1, 11.2.2 [1] verwiesen. Die Reduzierung der Mindestbewehrung nach Gleichung (2) ist in S054 optional und kann bei Bedarf zu oder abgeschaltet werden.

Ist der Haken bei der Frage „effektive Randzone ($A_{c,eff}$) ansetzen“ gesetzt, wird das Minimum aus Gleichung (1) und (2) ausgewertet, andernfalls wird nur Gleichung (1) ausgewertet.

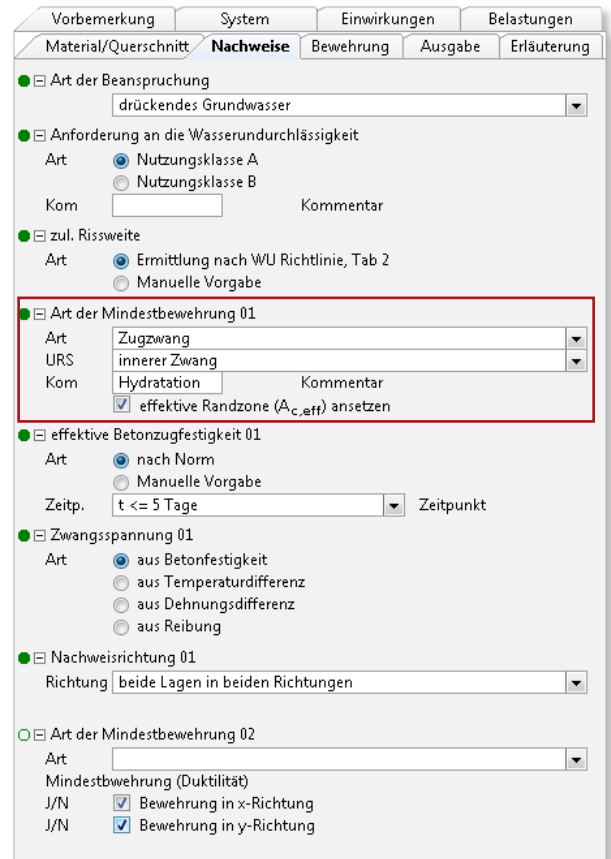


Bild 2. Berechnungsgrundlagen Mindestbewehrung

Nach DIN 1045-1, 11.2.2 (2) gilt: Der Querschnitt der Mindestbewehrung darf vermindert werden, wenn die Zwangsschnittgröße die Risschnittgröße nicht erreicht.

Damit errechnet sich die erforderliche Mindestbewehrung zu:

$$A_s^* = \frac{\sigma_c}{f_{ct,eff}} \cdot A_s \tag{3}$$

mit

- σ_c Betonzwangsspannung
- A_s Mindestbewehrung nach Gleichung (1), (2)
- $f_{ct,eff}$ Betonzugfestigkeit

Trennrisse (Zwang)		nach DIN 1045-1, 11.2.2		Hydratation	
	Kommentar	reiner Zug	$k_c = 1.00$	-	-
	früher Zwang	($t_c=5d$)	$f_{ct,eff} = 1.45$	N/mm ²	-
	UK: grobk. Baugrund mit Sand				
	GS: I Lage PE Folie				
	Reibungskoeffizient		$\mu = 0.94$	-	-
	Reibungskraft		$F_r = 265.78$	kN	-
	Betonspannung		$\sigma_c = 1.34$	N/mm ²	-
Mindestbewehrung		nach DIN 1045-1, 11.2.2 (5), Gl.127			
	Lage	d_c	d_c^*	σ_c	k_{ct} $\sigma_{s,req}$
		[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
x-oben		14.00	28.97	157.66	0.23 0.93 13.60
y-oben		14.00	28.97	157.66	0.23 0.72 10.60
x-unten		14.00	28.97	157.66	0.23 0.93 13.60
y-unten		14.00	28.97	157.66	0.23 0.72 10.60
Mindestbewehrung		nach DIN 1045-1, 11.2.2 (8), Gl.130			
	Lage	Gl.	h/d_i	h_{eff}	d_c^*
			[mm]	[mm]	[N/mm ²]
x-oben	a	16.67	0.10	28.97	157.66 0.93 8.43
y-oben	a	10.98	0.13	28.97	157.66 0.72 8.43
x-unten	a	16.67	0.10	28.97	157.66 0.93 8.43
y-unten	a	10.98	0.13	28.97	157.66 0.72 8.43

Bild 3. Ausgabe „Mindestbewehrung“

Verminderter Zwang bei Bodenplatten

Verformungsbehinderungen der Bodenplatte zum Zeitpunkt des Abfließens der Hydratationswärme entstehen durch Verzahnung mit dem Untergrund (z.B. Aufzugsunterfahrt, Fundamente) oder durch Sohlreibung. Liegt keine Verzahnung vor, kann die Zwangsschnittgröße nicht größer als die Reibungskraft werden, die durch Verschiebung der Bodenplatte auf dem Untergrund entsteht. Ist der Reibungsbeiwert bekannt, lässt sich die Betonspannung aus Zwang berechnen zu:

$$\sigma_c = \frac{F_R}{A_c} = \frac{\mu_D \cdot \sigma_0 \cdot L/2}{h} \quad (4)$$

mit

- F_R Reibungskraft
- A_c Betonquerschnittsfläche
- μ_D Reibungsbeiwert
- σ_0 Bodenpressung unter der Bodenplatte
- L Länge der Bodenplatte in Zwangsrichtung
- h Höhe der Bodenplatte

Für verschiedene typische Unterkonstruktionen gibt Lohmeyer [3] in Tabelle 4.10 Reibungsbeiwerte an, die auch in S054 als Anhaltswerte hinterlegt sind. Weichen die Untergrundverhältnisse hiervon ab, hat der Anwender die Möglichkeit den Wert für μ_D manuell vorzugeben.

Die Bodenpressung σ_0 wird in der Regel aus dem Eigengewicht der Bodenplatte ermittelt. Sollen weitere Flächenlasten für der Ermittlung von σ_0 berücksichtigt werden, können diese als Flächenlasten im Kapitel „Belastungen“ eingegeben werden.

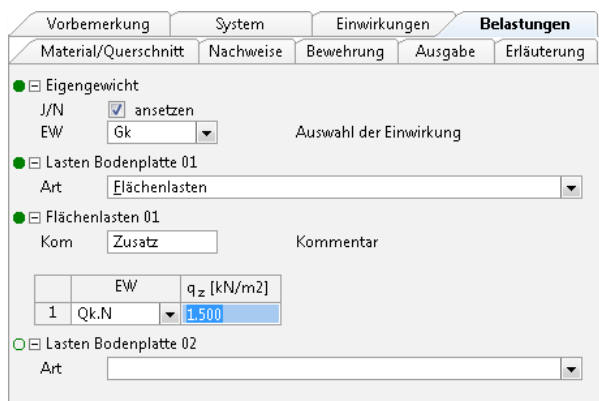


Bild 4. Flächenlasten zur Ermittlung von σ_0

Verminderter Zwang bei Wänden

Die Zwangsschnittgrößen in Wänden können durch die Anordnung von Sollrissfugen reduziert werden. Die rechnerischen Zwangsspannungen sind am Wandfuß am größten und bauen sich über die Wandhöhe nach oben ab. Aufgrund der Verbindung der Wand mit der Sohlplatte kann die Wand am Fuß jedoch nicht reißen ohne dass die Bodenplatte aufreißt. Da die Bodenplatte ein höheres Betonalter und meist einen größeren Querschnitt aufweist, kann davon ausgegangen werden, dass dieser Fall nicht eintreten wird.

Lohmeyer [3] empfiehlt daher, die Zwangsspannungen nicht am Wandfuß, sondern in 1/4 der Wandhöhe zu ermitteln und der weiteren Berechnung zugrunde zu legen.

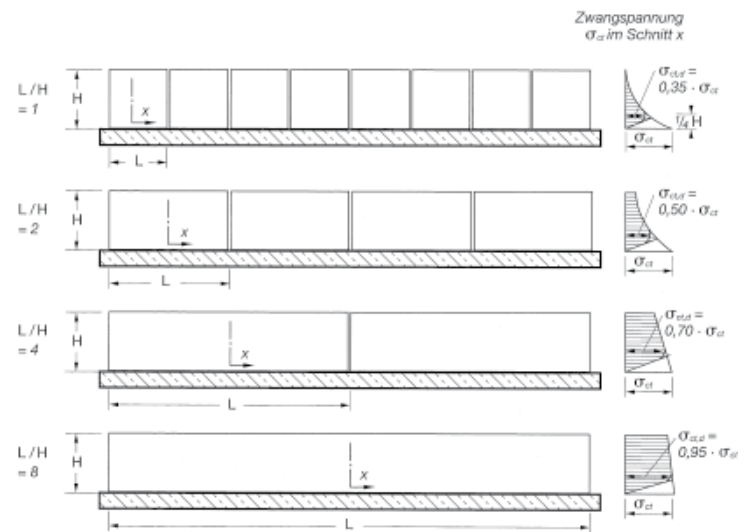


Bild 5. Spannungsverlauf in Wänden nach Lohmeyer [3]

Die Spannung in 1/4 der Wandhöhe errechnet sich zu:

$$\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} \cdot \sigma_{ct} \quad (5)$$

mit

- $k_{ct,d}$ Umrechnungsbeiwert nach Lohmeyer, Tafel 4.11 [3]
- σ_{ct} rechnerische Betonzugspannung am Wandfuß

L/H	$k_{ct,d}$
≤ 1	0,35
≤ 2	0,50
≤ 3	0,60
≤ 4	0,70
≤ 6	0,85
≤ 8	0,95
> 8	1,00

Tabelle 5. Beiwerte nach Lohmeyer [3]

Die Spannungen am Wandfuß können unterschiedliche Ursachen haben. In der Regel resultieren die maßgebenden Spannungen aus der Temperaturdifferenz zwischen Fundament und Wand, während der Hydratation. Liegen die Zeitpunkte des Betonierens von Bodenplatte und Wand weit auseinander, können auch Schwinddifferenzen maßgebend werden. Der obere Grenzwert für die maximale Zugspannung am Wandfuß ist die Betonzugfestigkeit zum betrachteten Zeitpunkt. Im Kapitel „Nachweise“ kann zwischen den beiden Ursachen für die Zwangsspannung und dem oberen Grenzwert gewählt werden.

Bild 6. Eingaben zur Zwangursache bei Wänden

Soll die Zwangsspannung zum Zeitpunkt der Hydratation rechnerisch ermittelt werden, so gilt nach Lohmeyer [3] folgender Zusammenhang:

$$\sigma_{ct} = k \cdot \alpha_T \cdot E_{c,t} \cdot \Delta T_{b,W-F} \tag{6}$$

mit

- k Beiwert für die Gleitfähigkeit des Bauteils $k = 1,0$ bei Wänden auf Fundamentplatten
- α_T Temperaturdehnzahl des Betons $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} [1/K]$
- $E_{c,t}$ E-Modul zum Zeitpunkt des Entstehens der Betonzugspannungen
- $\Delta T_{b,W-F}$ Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Bauteiltemperatur der Wand und der Temperatur der Fundamentplatte

Die Ermittlung der Temperaturdifferenz wird in Lohmeyer, Kapitel 4.4.2.2 [3] ausführlich beschrieben. Hierfür werden u.a. Eingangswerte wie die Frischbetontemperatur, die Temperaturerhöhung während der Hydratation oder der Zementgehalt des Betons benötigt. Sofern hierfür alle Eingangswerte vorliegen, kann die Temperaturdifferenz direkt eingegeben werden. Da diese Werte aber normalerweise zum Zeitpunkt der Planung nicht bekannt sind, bietet das Modul S054 auch die Möglichkeit, die Grenzwerte nach Heft 466 [4] einzusetzen.

Dort werden folgende Bandbreiten für die Temperaturdifferenzen angegeben:

Temperaturdifferenzen während der Hydratation	
$\Delta T_{b,W-F} = 10 - 15K$	für dünne Bauteile ($h \leq 30cm$)
$\Delta T_{b,W-F} = 15 - 25K$	für mäßig dicke Bauteile ($30cm < h \leq 60cm$)
$\Delta T_{b,W-F} = 20 - 40K$	für massige Bauteile ($h > 60cm$)

Tabelle 6. Temperaturdifferenzen zwischen Bodenplatte und Wand nach Heft 466 [4]

Die unteren Grenzen gelten hierbei für Zemente mit niedriger und langsamer Wärmeentwicklung. Bei Zementen mit hoher Wärmeentwicklung muss mit den oberen Grenzen gerechnet werden. Sofern im Modul S054 die Option nach Heft 466 gewählt wurde, werden automatisch in Abhängigkeit der Zementsorte und der Bauteilabmessungen die Temperaturdifferenzen nach Tabelle 6 zum Ansatz gebracht.

Der Elastizitätsmodul zum Zeitpunkt des Entstehens der Betonzugspannungen wird in Modul S054 nach Müller/Reinhardt [5] wie folgt abgeschätzt:

$$E_{c,t} = E_c \cdot \sqrt{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)} \tag{7}$$

mit

- E_c Elastizitätsmodul nach 28 Tagen
- t Betonalter in Tagen. In Modul S054 werden die oberen Grenzwerte der wählbaren Zeitspannen eingesetzt
- s Beiwert zur Berücksichtigung der Zementsorte
- h Höhe der Bodenplatte

Beiwert s			
Festigkeitsklasse des Zements	32,5 N	32,5 R 42,5 N	42,5 R 52,5 N 52,5 R
Beiwert s	0,38	0,25	0,20

Tabelle 7. Beiwert s zur Ermittlung des E-Moduls $E_{c,t}$

Resultieren die Betonzugspannungen aus Dehnungsdifferenzen (z.B. aus Schwinden) errechnen sie sich zu:

$$\sigma_{ct} = \Delta \epsilon \cdot E_{c,t} \tag{8}$$

Die Dehnungsdifferenz ist ein Eingabewert. Der Elastizitätsmodul zum betrachteten Zeitpunkt wird wie bei der Eingabe über Temperaturdifferenzen nach Müller/Reinhardt [5] berechnet.

Nachweis der Rissbreiten unter Last

Der Nachweis der Rissbreiten unter Last erfolgt nach DIN 1045-1, 11.2.4 [1]. Unter Bezugnahme auf die Hinweise zu DIN 1045-1, 11.2.3 (2) in Heft 525 [7] wird auf die Anwendung von DIN 1045-1 [1], Tabelle 20 bewusst verzich-

tet, da die dort angegebenen Grenzdurchmesser nur für die Erstrissbildung gelten. Bei Rissen aus Last kann jedoch von einem abgeschlossenen Rissbild ausgegangen werden, so dass die jeweils ersten Terme in den Gleichungen (136) und (137) der DIN 1045-1 zutreffendere Ergebnisse liefern.

Aus den Gleichungen (135) und (136) wird der maximale Rissabstand unter gegebener Rissweite ermittelt. Dazu ist es erforderlich, aus dem Spannungs-Dehnungszustand im Zustand II die Stahlspannung abzuleiten.

Mit dem maximalen Rissabstand und der Stahlspannung als Eingangswerten lässt sich Gleichung (137) wie folgt umformen:

$$\lim d_s = \frac{3,6 \cdot \text{eff} \rho}{s_{r,max}} \geq \frac{3,6 \cdot f_{ct,eff}}{s_{r,max} \cdot \sigma_s} \quad (9)$$

Sofern der Durchmesser der gewählten Bewehrung kleiner oder gleich dem Grenzdurchmesser ist, ist der Rissbreitennachweis unter Last eingehalten.

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Neben maßstabsgetreuen Skizzen werden die Schnittkräfte, Spannungen und Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und Einstellungen des Anwenders tabellarisch ausgegeben.

Dipl.-Ing. Sascha Heuß
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe August 2008.
- [2] DAfStb: Heft 555, Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Ausgabe 2006.
- [3] Lohmeyer, Ebeling: Weiße Wannen einfach und sicher. 9. Auflage. Ausgabe 2009. Verlag Bau+Technik GmbH. Düsseldorf.
- [4] DAfStb: Heft 466, Grundlagen und Bemessungshilfen für die Rißbreitenbeschränkung im Stahlbeton und Spannbeton. Ausgabe 1996.
- [5] Müller, H.; Reinhardt, H.W.: Beton. Betonkalender 2009, Teil 1, Seiten 3-149. Ernst & Sohn. Berlin.
- [6] DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Ausgabe März 2001.
- [7] DAfStb: Heft 525, Erläuterungen zur DIN 1045-1. 2. überarbeitete Auflage, Ausgabe 2010.

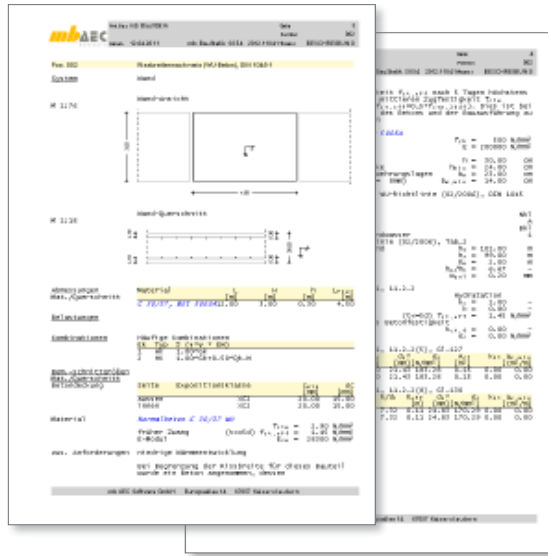


Bild 7. Ausgabe „Wand“

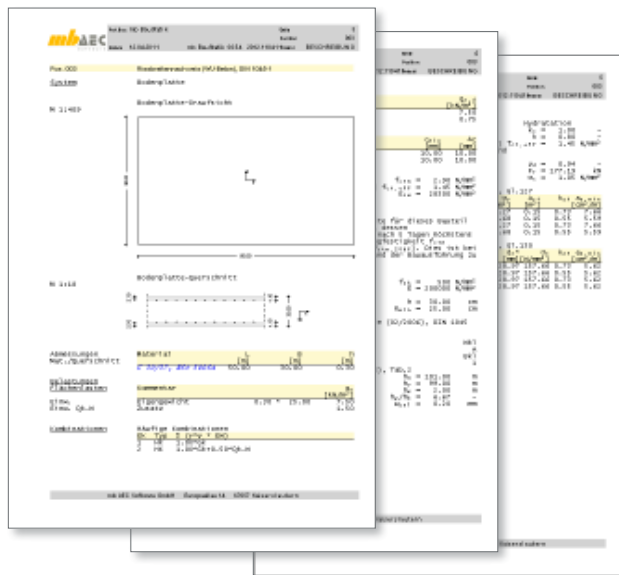


Bild 8. Ausgabe „Bodenplatte“

mbAEC Angebote BauStatik 2011

S054 Rissbreitennachweis (WU-Beton), DIN 1045-1 (08/08) 290,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5-er Paket 890,- EUR
bestehend aus:

5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach freier Wahl

(ausgenommen: S018, S408, S409, S755, S756, S928)

Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenzen, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf DVD. Betriebssystem Windows XP (32) / Windows Vista (32/64) / Windows 7 (32/64) – Stand: Mai 2011

Preisliste siehe www.mbaec.de