Tipp 15/09

Schwingbreite von Betonstahl nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 [1] in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 [2]

Nach [1], Abschnitt 6.8.4 dürfen für den Nachweis der Ermüdung von Beton- und Spannstahl Ermüdungsfestigkeitskurven (Wöhlerlinien) angesetzt werden. Der grundsätzliche Verlauf dieser Wöhlerlinien ist in [1], Bild 6.30 als doppelt logarithmische Funktion dargestellt. Entsprechend dieses Verlaufs ergibt sich für die Ermittlung der aufnehmbaren Schwingbreite $\Delta\sigma_{Rsk,x}$ bei einer bestimmten Lastspielzahl N_x folgende Gleichung.

$$\Delta\sigma_{Rsk,x} = \Delta\sigma_{Rsk}^* * \left(\frac{N^*}{N_x}\right)^{\frac{1}{k_i}}$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Parameter berücksichtigt.

$\Delta\sigma_{Rsk,x}$	aufnehmbare Spannungsschwingbreite bei einer beliebigen Lastspielzahl N_x
$\Delta\sigma_{Rsk}^*$	aufnehmbare Spannungsschwingbreite bei der Lastspielzahl im Übergang von der Zeitstandfestigkeit in die Dauerstandfestigkeit des Materials
N^*	Lastspielzahl im Übergang von der Zeitstandfestigkeit in die Dauerstandfestigkeit des Materials
N_x	beliebige Lastspielzahl
k_i	Spannungsexponent k_1 oder k_2 in Abhängigkeit von der Standfestigkeit des Materials

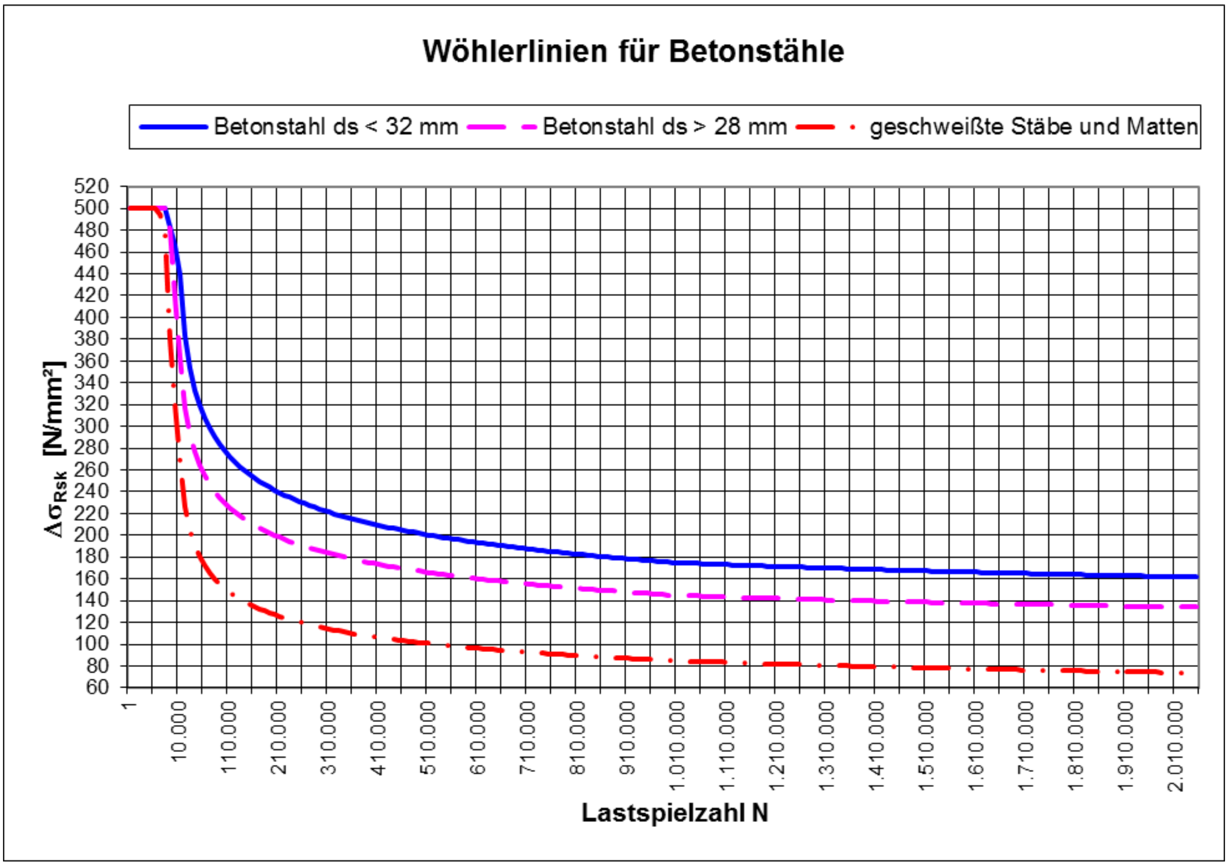
Weiterhin wird durch [2] auf die Tabellen 6.3DE und 6.4DE hingewiesen. In diesen Tabellen werden die Parameter der Ermüdungsfestigkeitskurven für Beton- bzw. Spannstahl angegeben. Dabei ist zu beachten, dass mechanische Verbindungen nicht in dieser Tabelle aufgeführt werden, da sie grundsätzlich über Zulassungen bzw. Zustimmungen im Einzelfall geregelt werden.
Für einige in der Baupraxis relevante Arten der Betonstahlbewehrung ergeben sich nach der Tabelle 6.3DE die folgenden Parameter

	1	2	3		4
	Betonstahlbewehrung	N^*	Spannungsexponent		$\Delta\sigma_{Rsk}^*$ [N/mm²]
			k_1	k_2	
1	gerade Stäbe mit Ø ≤ 28 mm	10^6	5	9 a)	175
2	gerade Stäbe mit 32 mm ≤ Ø ≤ 40 mm	10^6	5	9 a)	145 b)
3	gebogene Stäbe mit Ø ≤ 28 mm und D ≥ 25 * Ø	10^6	5	9 a)	175
4	geschweißte Stäbe und Betonstahlmatten	10^6	4	5	85

a) In korrosiven Umgebungsbedingungen (XC2, XC3, XC4, XS, XD) sind weitere Überlegungen anzustellen. Wenn keine genaueren Erkenntnisse vorliegen, ist für k_2 ein reduzierter Wert $5 \le k_2 \le 9$ anzusetzen.
b) Gilt nur für hochduktile Betonstahl B 500 B.

Eine Auswertung der obigen Gleichung für die verschiedenen Betonstahlbewehrungen unter Berücksichtigung der tabellierten Parameter führt zu den folgenden graphischen Verläufen. Diese Verläufe werden nicht doppelt logarithmisch dargestellt und die Bezeichnungen in der Legende dieser Graphik stehen für die folgenden Betonstahlbewehrungen

- Betonstahl ds < 32 mm — gerade Stäbe mit Ø ≤ 28 mm und gebogene Stäbe mit Ø ≤ 28 mm und D ≥ 25 * Ø
- Betonstahl ds > 28 mm — gerade Stäbe mit 32 mm ≤ Ø ≤ 40 mm
- geschweißte Stäbe und Matten — geschweißte Stäbe und Betonstahlmatten



Somit kann für jede beliebige Lastspielzahl $1 \leq N_x \leq 2.050.000$ die zugehörige aufnehmbare Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{Rsk,x}$ abgelesen werden.

Im Abschnitt 6.8.5 (3) von [1] ist für die Ermittlung des Widerstands gegen Ermüdung für Betonstahl die folgende Gleichung angegeben.

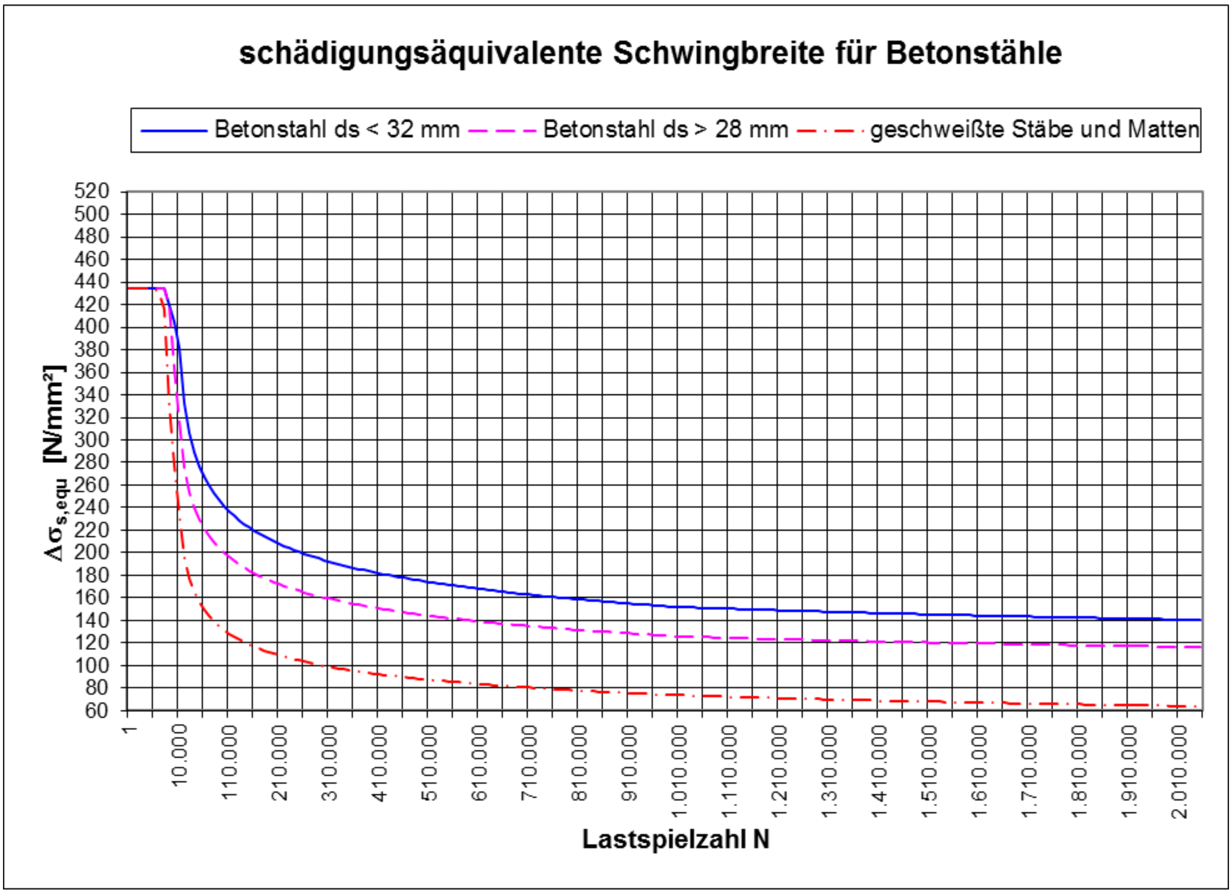
$$\gamma_{F,fat} * \Delta\sigma_{S,equ}(N^*) \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)}{\gamma_{S,fat}}$$

Entsprechend [2] ist für den Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung $\gamma_{F,fat} = 1{,}0$ anzusetzen. Außerdem ist ebenfalls nach [2] für den Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl beim Nachweis gegen Ermüdung $\gamma_{S,fat} = 1{,}15$ anzunehmen.

Unter Beachtung dieser Vorgaben kann die obige Gleichung nach der schädigungsäquivalenten Schwingbreite $\Delta\sigma_{S,equ}(N^*)$ bei der Anzahl der Lastwechsel N^* umgestellt werden. Wird nun auch noch die Lastspielzahl N^* durch eine beliebige Lastspielzahl N_x ersetzt, so ergibt sich für eine beliebige Lastspielzahl N_x die folgende Bemessungsgleichung für die schädigungsäquivalente Schwingbreite.

$$\Delta\sigma_{S,equ}(N_x) = \frac{\Delta\sigma_{Rsk}(N_x)}{1{,}15}$$

Somit kann aus dem Diagramm der Wöhlerlinien für verschiedene Betonstähle sehr einfach das folgende Diagramm für die schädigungsäquivalenten Schwingbreiten für Lastspielzahlen im Bereich $1 \le N_x \le 2.050.000$ abgeleitet werden.



Durch diese Auswertung kann sehr schnell die schädigungsäquivalente Schwingbreite $\Delta\sigma_{S,equ}(N_x)$ in Abhängigkeit einer beliebigen Lastspielzahl $1 \le N_x \le 2.050.000$ ermittelt werden.

Literatur:

[1]	DIN EN 1992-1-1:2011-01	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
[2]	DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
[3]	DIN 488-1:2009-08	Betonstahl –Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamt
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 / 4266-3501
Telefax 03342 / 4266-7608
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de
www.lbv.brandenburg.de