

Tipp 20/12

Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer von Stahlbeton- und Spannbetonstützen nach DIN EN 1992-1-2:2010-12 [1] in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 [2] und DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09 [3]

In [1], Abschnitt 5.3 werden zwei Nachweisverfahren – Methode A und B – für Stahlbeton- und Spannbetonstützen angeboten. Entsprechend [3] darf die Methode B in Deutschland nicht angewandt werden. Somit steht als Nachweisverfahren nur noch die Methode A zur Verfügung.

Die Methode A kann für vorwiegend druckbeanspruchte Stahlbeton- und Spannbetonstützen angewandt werden. Zur Vereinfachung für den Anwender sind in [1], Tabelle 5.2a für verschiedene Brandbeanspruchungen, Stützenabmessungen und Ausnutzungsgrad im Brandfall die entsprechenden Feuerwiderstandsklassen R 30 bis R 240 angegeben. Diese Werte gelten jedoch nur bei Einhaltung der folgenden Randbedingungen.

- Ersatzlänge $l_{0,fi}$ der Stütze

bei Rechteckstütze	$l_{0,fi} \leq 3,0 \text{ m}$
bei Rundstütze	$l_{0,fi} \leq 2,5 \text{ m}$
- Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung im Brandfall $e = \frac{M_{0,Ed,fi}}{N_{Ed,fi}}$
- Bewehrungsquerschnitt $A_s < 0,04 * A_c$

Werden diese Randbedingungen und die in Tabelle 5.2a angegebenen Werte eingehalten, kann die entsprechende Feuerwiderstandsklasse nach Tabelle 5.2a angenommen werden.

Alternativ zu der Anwendung der Tabelle 5.2a darf die Branddauer R nach [1], Abschnitt 5.3.2 (4) berechnet werden. Durch [3] wurde auch klargestellt, dass hier mit dem Begriff Branddauer in [1] eigentlich die Feuerwiderstandsdauer der Stütze gemeint ist. Somit kann die Feuerwiderstandsdauer R einer überwiegend druckbeanspruchten Stahlbeton- und Spannbetonstütze nach der folgenden Gleichung bestimmt werden.

$$R = 120 * \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8} \quad [\text{min}]$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- | | |
|---------------|--|
| $R_{\eta,fi}$ | Anteil der Stützensauslastung im Brandfall an der Feuerwiderstandsdauer |
| R_a | Anteil des Achsabstands der Bewehrung an der Feuerwiderstandsdauer |
| R_l | Anteil der Ersatzstützenlänge im Brandfall an der Feuerwiderstandsdauer |
| R_b | Anteil der Stützenabmessung an der Feuerwiderstandsdauer |
| R_n | Anteil der Anzahl der Bewehrungsstäbe in der Stütze an der Feuerwiderstandsdauer |

Der Anteil $R_{\eta,fi}$ der Stützensauslastung im Brandfall an der Feuerwiderstandsdauer darf mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$R_{\eta,fi} = 83 * \left[1 - \mu_{fi} * \frac{1 + \omega}{\frac{0,85}{\alpha_{cc}} + \omega} \right]$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Größen berücksichtigt.

- μ_{fi} Ausnutzungsgrad im Brandfall
- ω mechanischer Bewehrungsgrad bei Normaltemperatur
- α_{cc} Abminderungsbeiwert für die Betondruckfestigkeit

Der Ausnutzungsgrad μ_{fi} im Brandfall ist nach [1], Abschnitt 5.3.2 (3) durch die Gleichung $\mu_{fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}}$

zu ermitteln. Dabei sind der Bemessungswert der einwirkenden Längskraft im Brandfall $N_{Ed,fi}$ und der Bemessungswert der Stützentragfähigkeit bei Normaltemperatur N_{Rd} zu verwenden.

Der mechanische Bewehrungsgrad ω bei Normaltemperatur kann grundsätzlich mit Hilfe der Gleichung

$\omega = \frac{A_s * f_{yd}}{A_c * f_{cd}}$ berechnet werden. Hierbei ist zu beachten, dass nach [3] für das Querschnittsverhältnis

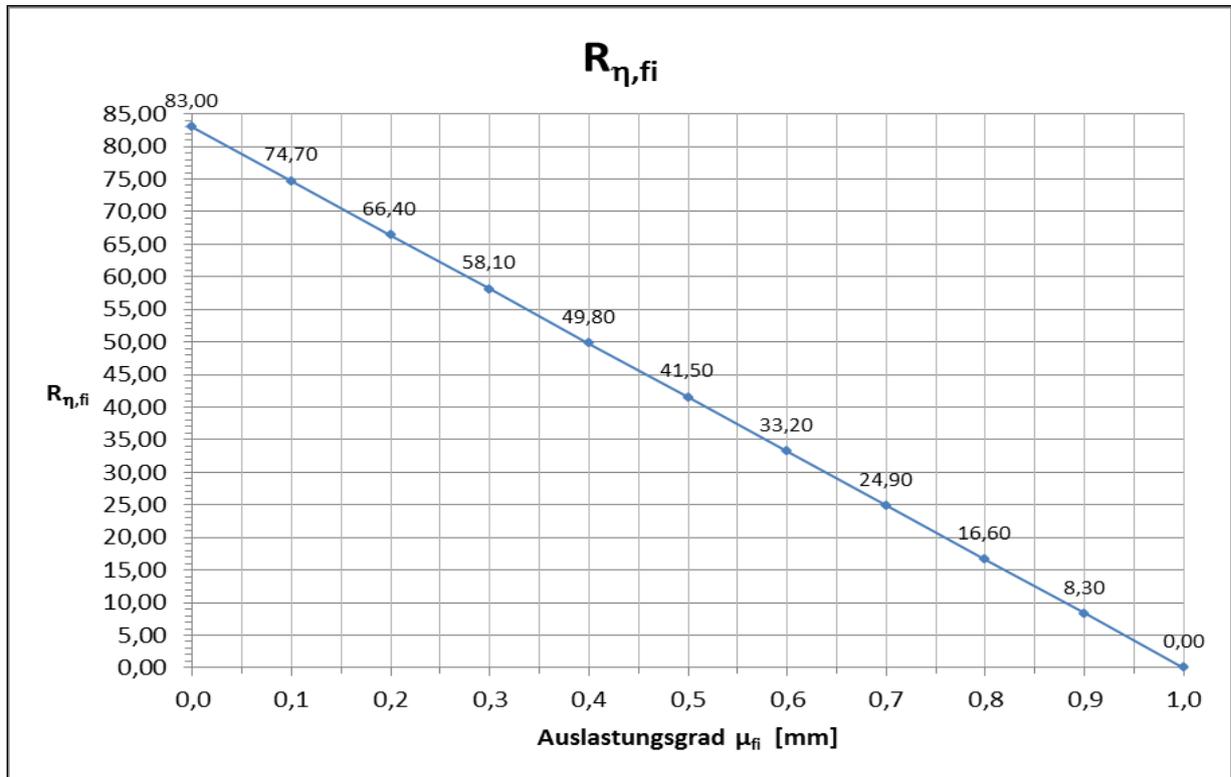
der Betonstahlbewehrung und des Betons das Verhältnis $\frac{A_s}{A_c} < 0,04$ einzuhalten ist.

Der Abminderungsfaktor α_{cc} für die Betondruckfestigkeit ist [4] zu entnehmen. Unter Beachtung der Vorgaben aus [5] ergibt sich somit grundsätzlich $\alpha_{cc} = 0,85$.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben vereinfacht sich die Gleichung zur Berechnung des Anteils $R_{\eta,fi}$ der Stützensauslastung im Brandfall an der Feuerwiderstandsdauer wie folgt.

$$R_{\eta,fi} = 83 * [1 - \mu_{fi}]$$

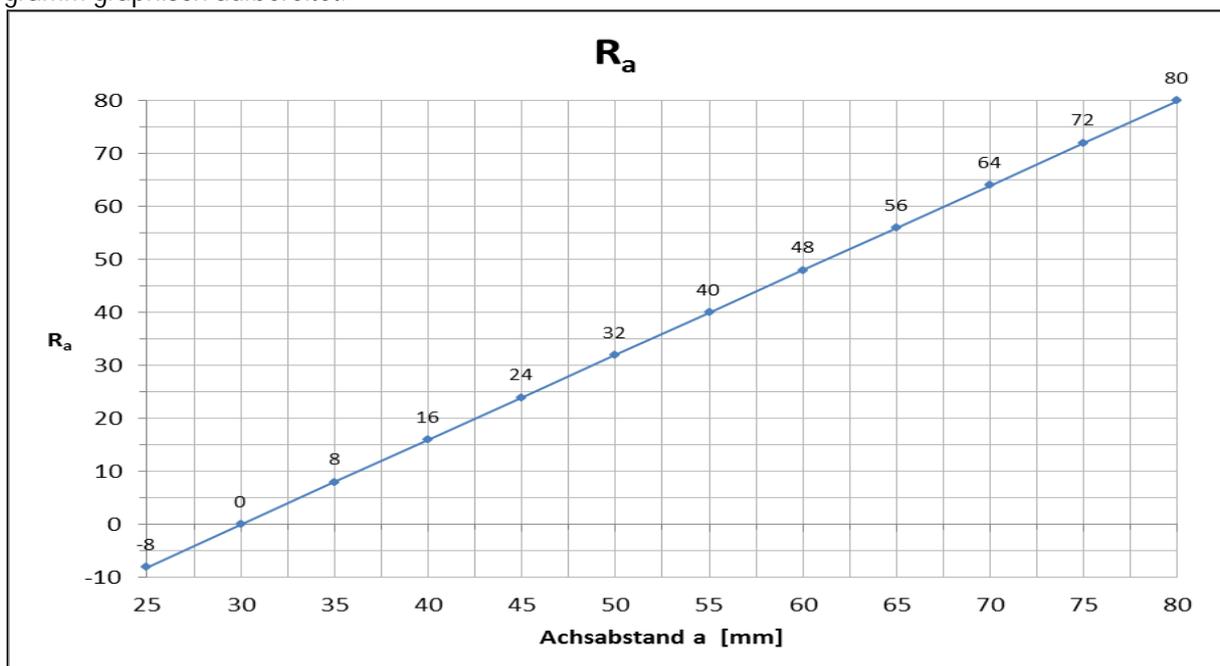
Für die Auslastung $0 \leq \mu_{fi} \leq 1$ wurde somit der Anteil $R_{\eta,fi}$ berechnet und die Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Der Anteil R_a des Achsabstands der Bewehrung an der Feuerwiderstandsdauer darf für Achsabstände $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$ mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$R_a = 1,6 \cdot (a - 30)$$

In diese Gleichung geht nur der Achsabstand a der Bewehrung ein. Für die oben angegebenen Anwendungsgrenzen wurde diese Gleichung ausgewertet und die Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.

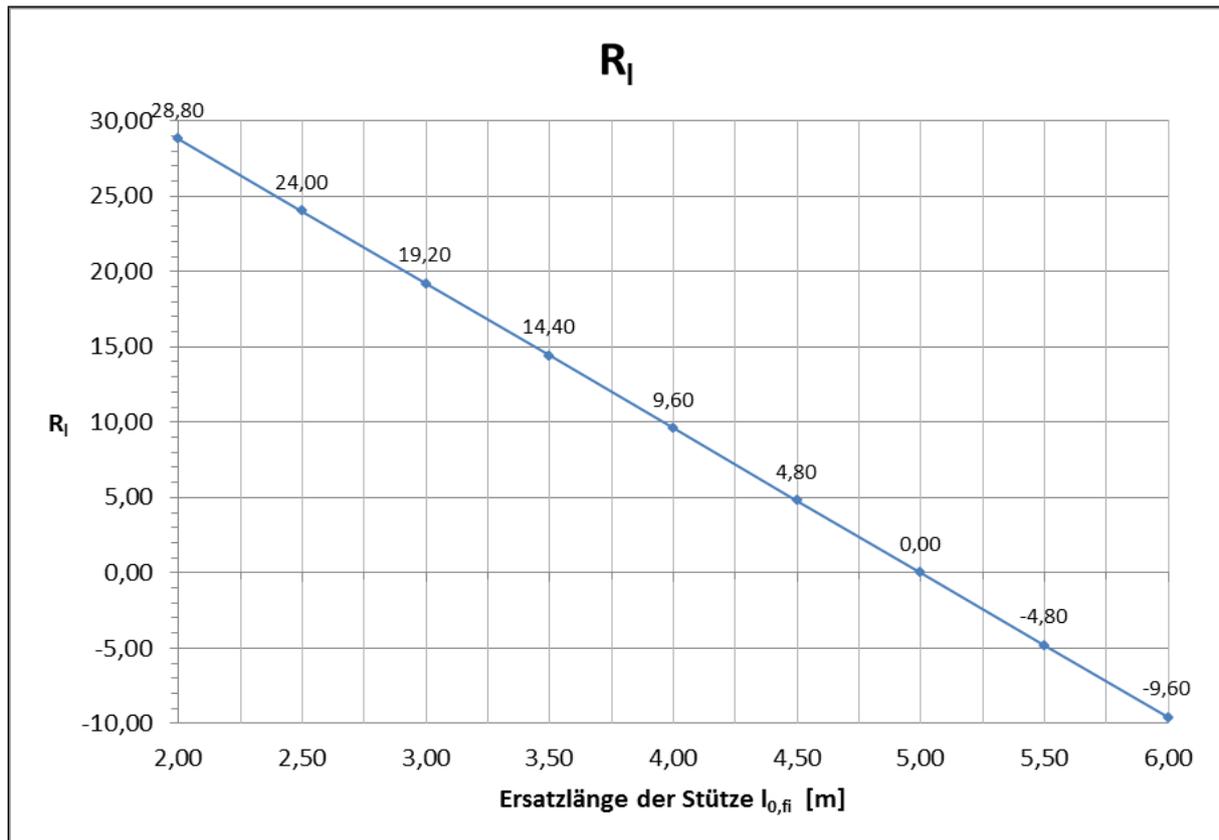


Der Anteil R_I der Ersatzstützenlänge im Brandfall an der Feuerwiderstandsdauer kann mit der folgenden Gleichung bestimmt werden.

$$R_I = 9,6 * (5 - l_{0,fi})$$

Dies Gleichung gilt grundsätzlich für Stützenlängen $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, wobei der R_I -Wert für $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$ auf der sicheren Seite liegend auch für Ersatzstützenlängen $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ angesetzt werden darf. Die Ersatzstützenlänge $l_{0,fi}$ darf entsprechend [1], Abschnitt 5.3.2 (2), Anmerkung 2 grundsätzlich mit der Stützenlänge l_0 bei Normaltemperatur gleichgesetzt werden. Für Stützen in innen liegenden Geschossen kann die Ersatzstützenlänge als $l_{0,fi} = 0,5 * l$, wobei l die Stützenlänge zwischen den Einspannstellen ist, angenommen werden. Für Stützen in den obersten Geschossen ist eine Annahme $0,5 * l \leq l_{0,fi} \leq 0,7 * l$ zulässig.

Für $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$ wurden die R_I -Werte ermittelt und die Ergebnisse in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet. Es ist jedoch zu beachten, dass nach [3] die Anwendung für Rechteckstützen nur bis zu einer Stützenlänge $l \leq 6,0 \text{ m}$ und für Rundstützen nur bis zu einer Stützenlänge von $l \leq 5,0 \text{ m}$ zulässig ist.



Der Anteil R_b der Stützenabmessung an der Feuerwiderstandsdauer ergibt sich aus der folgenden Gleichung.

$$R_b = 0,09 * b'$$

Dabei ist die Ersatzbreite b' für Rechteck- und Rundstützen unterschiedlich zu berechnen.

- für Rechteckstützen $b' = \frac{2 * A_c}{b + h}$ mit $h \leq 1,5 * b$

- für Rundstützen $b' = \varnothing_{col}$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Abmessungen berücksichtigt.

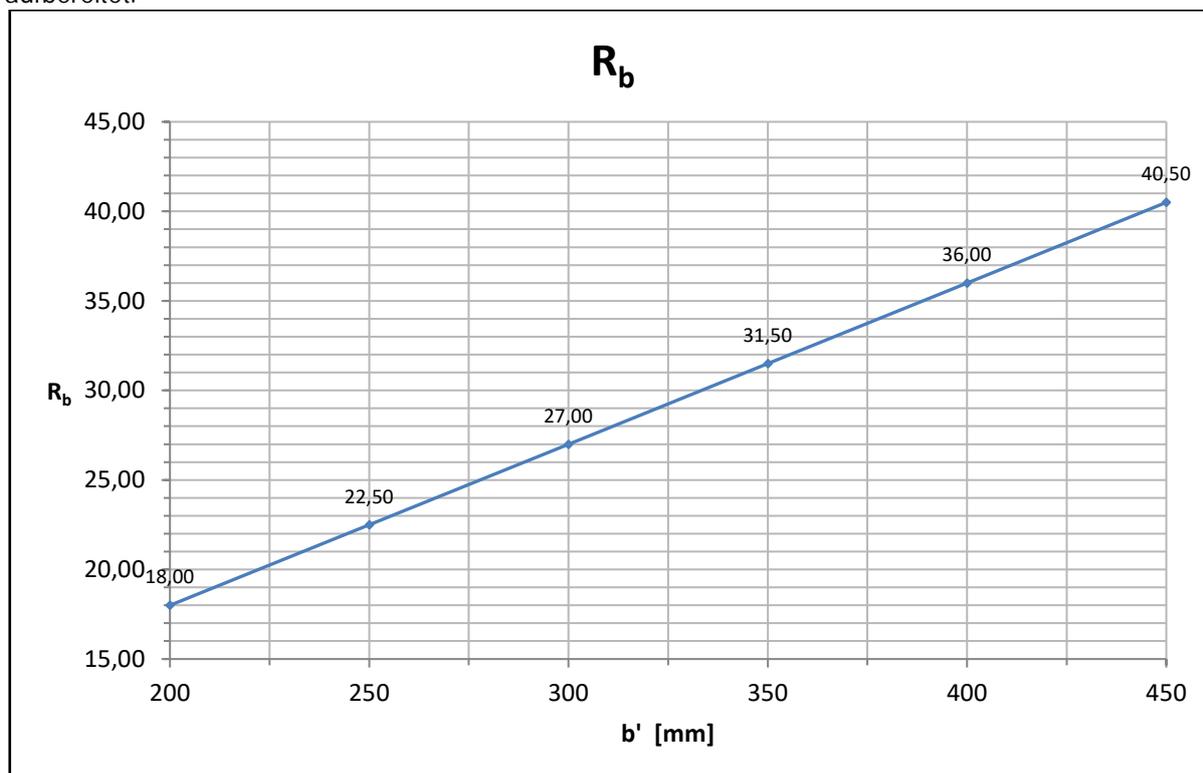
A_c Betonquerschnittsfläche der Rechteckstütze

b Breite der Rechteckstütze

h Tiefe der Rechteckstütze

\varnothing_{col} Durchmesser der Rundstütze in mm

Die Anwendung dieser Gleichung ist auf $200 \text{ mm} \leq b' \leq 450 \text{ mm}$ beschränkt. Unter Beachtung dieser Beschränkung wurde der Anteil R_b ermittelt und die Ergebnisse sind im folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Der Anteil R_n der Anzahl der Bewehrungsstäbe in der Stütze an der Feuerwiderstandsdauer ist durch zwei Fixwerte vorgegeben. Für Stützen mit vier Bewehrungsstäben, also Stützen bei denen nur Eckstäbe vorhanden sind, ist $R_n = 0$ anzunehmen. Werden mehr als vier Bewehrungsstäbe in der Stütze eingebaut, darf $R_n = 12$ angenommen werden.

Mit Hilfe dieser Diagramme können einfach und sehr schnell die jeweiligen Werte der Anteile an der Feuerwiderstandsdauer ermittelt werden. Mit Hilfe dieser Anteile ist eine Berechnung der Feuerwiderstandsdauer R für vorwiegend druckbeanspruchte Stahlbeton- und Spannbetonstützen möglich. Dabei sind jedoch die entsprechenden Anwendungsgrenzen zu beachten.

Literatur:

- [1] DIN EN 1992-1-2:2010-12 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [2] DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [3] DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Änderung A1
- [4] 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
- [5] 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

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamnt
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 4266-3500
Telefax 03342 4266-7608
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>