

1 Wahl einer Betonranddehnung ε_c und einer dazugehörigen Stahldehnung ε_s

Die Wahl der Betonranddehnungen kann innerhalb des Bereichs 2 und 3 (rot markiert) frei getroffen werden, also zwischen der maximalen Betonranddehnung ($\varepsilon_{c2u} = -3,5\%$) und der maximalen Stahldehnung ($\varepsilon_{su} = 25\%$).

In der Tabelle wurden die Dehnungen so gewählt, dass sich der μ_{Eds} -Wert in Schritten von 0,01 ergibt.

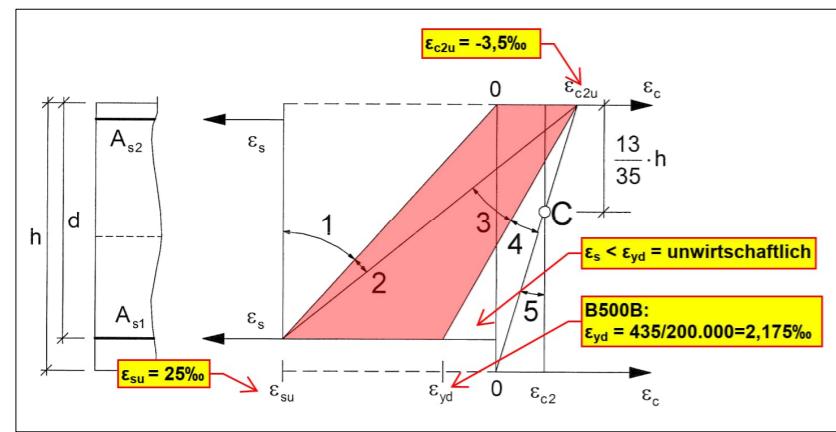


Abbildung: zulässige Dehnungsverteilungen

Beispiel: $\varepsilon_{c2} = -3,5\%$ $\varepsilon_{s1} = -9,02\%$

2 Ermittlung des Beiwerts k_a :

Der Beiwert k_a beschreibt die Lage der Betondruckkraft ($a = k_a \cdot x$)

$$\text{für } |\varepsilon_{c2}| \leq 2,0\%: \quad k_a = \frac{8 \cdot |\varepsilon_c|}{4 \cdot (6 - |\varepsilon_c|)}$$

$$\text{für } |\varepsilon_{c2}| \geq 2,0\%: \quad k_a = \frac{|\varepsilon_c| \cdot (3 \cdot |\varepsilon_c| - 4) + 2}{2 \cdot |\varepsilon_{c2}| \cdot (3 \cdot |\varepsilon_c| - 2)}$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\%: \quad k_a = \frac{[-3,5] \cdot (3 \cdot [-3,5] - 4) + 2}{2 \cdot [-3,5] \cdot (3 \cdot [-3,5] - 2)} = 0,416$$

3 Ermittlung des Völligkeitsbeiwerts α_v :

Der Völligkeitsbeiwert α_v beschreibt das Verhältnis der tatsächlichen Druckkraft zur idealisierten rechteckigen Druckkraft.

$$\text{für } |\varepsilon_{c2}| \leq 2,0\%: \quad \alpha_v = \frac{1}{12} \cdot |\varepsilon_{c2}| \cdot (6 - |\varepsilon_{c2}|)$$

$$\text{für } |\varepsilon_{c2}| \geq 2,0\%: \quad \alpha_v = \frac{3 \cdot |\varepsilon_c| - 2}{3 \cdot |\varepsilon_{c2}|}$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\%: \quad \alpha_v = \frac{3 \cdot [-3,5] - 2}{3 \cdot [-3,5]} = 0,81$$

4 Ermittlung Lagefaktor der Neutralachse (ξ)

Der dimensionslose Beiwert ξ kann mittels Strahlensatz ermittelt werden:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{|\varepsilon_{c2}|}{|\varepsilon_{c2}| + |\varepsilon_{s1}|}$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\% \text{ und } \varepsilon_{s1} = -9,02\%: \quad \xi = \frac{[-3,5]}{[-3,5] + [-9,02]} = 0,2796$$

5 Ermittlung Hebelarmfaktor (ζ)

Der dimensionslose Faktor ζ kann geometrisch bestimmt werden:

$$\text{aus: } z = d - k_a \cdot x = d - k_a \cdot \xi \cdot d = (1 - k_a \cdot \xi) \cdot d = \zeta \cdot d \rightarrow \zeta = (1 - k_a \cdot \xi)$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\% \text{ und } \varepsilon_{s1} = -9,02\%: \quad \zeta = (1 - 0,416 \cdot 0,2796) = 0,884$$

6 Ermittlung Momentenbeiwert (μ_{Eds})

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \alpha_v \cdot \xi \cdot (1 - k_a \cdot \xi)$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\% \text{ und } \varepsilon_{s1} = -9,02\%: \quad \mu_{Eds} = 0,81 \cdot 0,2796 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,2796) = 0,2$$

7 Ermittlung Bewehrungsgrad (ω)

$$\omega = \frac{\mu_{Eds}}{\zeta}$$

$$\text{Beispiel für } \varepsilon_{c2} = -3,5\% \text{ und } \varepsilon_{s1} = -9,02\%: \quad \mu_{Eds} = \frac{0,2}{0,884} = 0,2263$$

3. Bemessung für Biegung mit / ohne Normalkraft

3.1 Bemessungstafel mit dimensionslosen Beiwerten

Bemessungsfall	Nulllinie	Richtwert μ_{Eds}	erf. A_s [cm ²]				Bemerkung
			$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	$A_s = \frac{1}{\sigma_{sd}} (\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed})$			
	$x \leq h_f$	$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$					Berechnung von b_{eff} siehe 3.2
			μ_{Eds}	ω	$\xi = x/d$	$\zeta = z/d$	$\varepsilon_{c2} [\%]$
			0,01	0,0101	0,030	0,990	-0,77
			0,02	0,0203	0,044	0,985	-2,15
			0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46
			0,04	0,0410	0,066	0,976	-1,76
			0,05	0,0515	0,076	0,971	-2,06
			0,06	0,0621	0,086	0,967	-2,37
			0,07	0,0728	0,097	0,962	-2,68
			0,08	0,0836	0,107	0,956	-3,01
			0,09	0,0946	0,118	0,951	-3,35
			0,10	0,1057	0,131	0,946	-3,50
			0,11	0,1170	0,145	0,940	-3,50
			0,12	0,1285	0,159	0,934	-3,50
			0,13	0,1401	0,173	0,928	-3,50
			0,14	0,1518	0,188	0,922	-3,50
			0,15	0,1638	0,202	0,916	-3,50
			0,16	0,1759	0,217	0,910	-3,50
			0,17	0,1882	0,232	0,903	-3,50
			0,18	0,2007	0,248	0,897	-3,50
			0,19	0,2134	0,264	0,890	-3,50
			0,20	0,2263	0,280	0,884	-3,50
			0,21	0,2395	0,296	0,877	-3,50
			0,22	0,2528	0,312	0,870	-3,50
			0,23	0,2665	0,329	0,863	-3,50
			0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,50
			0,25	0,2946	0,364	0,849	-3,50
			0,26	0,3091	0,382	0,841	-3,50
			0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,50
			0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,50
			0,29	0,3546	0,438	0,818	-3,50
			0,30	0,3706	0,458	0,810	-3,50
			0,31	0,3869	0,478	0,801	-3,50
			0,32	0,4038	0,499	0,793	-3,50
			0,33	0,4211	0,520	0,784	-3,50
			0,34	0,4391	0,542	0,774	-3,50
			0,35	0,4576	0,565	0,765	-3,50
			0,36	0,4768	0,589	0,755	-3,50
			0,37	0,4968	0,614	0,745	-3,50
			0,38	0,5177	0,640	0,734	-3,50
			0,39	0,5396	0,667	0,723	-3,50
			0,40	0,5627	0,695	0,711	-3,50

1) Bilineare Arbeitslinie des Betonstahls mit horizontalem Verlauf des oberen Astes.

2) Bilineare Arbeitslinie des Betonstahls mit Berücksichtigung des Festigkeitsanstiegs über die Streckgrenze hinaus.