1 Wahl einer Betonranddehnung ε_c und einer dazugehörigen Stahldehnung ε_s

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

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

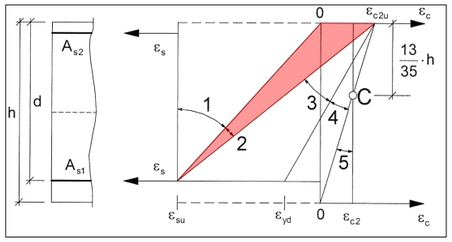


Abbildung: zulässige Dehnungsverteilungen

Beispiel: ε_{c2} = −3,5‰ ε_{s1} = −9,02‰

2 Ermittlung des Beiwerts k_a:

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

für $|\varepsilon_{c2}| \leq 2{,}0‰$: $k_a = \frac{8 - |\varepsilon_c|}{4 \bullet (6 - |\varepsilon_c|)}$

für $|\varepsilon_{c2}| \geq 2{,}0‰$: $k_a = \frac{|\varepsilon_c| \bullet (3 \bullet |\varepsilon_c| - 4) + 2}{2 \bullet |\varepsilon_{c2}| \bullet (3 \bullet |\varepsilon_c| - 2)}$

Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰: $k_a = \frac{|-3{,}5| \bullet (3 \bullet |-3{,}5| - 4) + 2}{2 \bullet |-3{,}5| \bullet (3 \bullet |-3{,}5| - 2)} = 0{,}416$

3 Ermittlung des Völligkeitsbeiwerts α_V:

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

für $|\varepsilon_{c2}| \leq 2{,}0‰$: $\alpha_V = \frac{1}{12} \bullet |\varepsilon_{c2}| \bullet (6 - |\varepsilon_{c2}|)$

für $|\varepsilon_{c2}| \geq 2{,}0‰$: $\alpha_V = \frac{3 \bullet |\varepsilon_c| - 2}{3 \bullet |\varepsilon_{c2}|}$

Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰: $\alpha_V = \frac{3 \bullet |-3{,}5| - 2}{3 \bullet |-3{,}5|} = 0{,}81$

4 Ermittlung Lagefaktor der Neutralachse (ξ)

Der dimensionslose Beiwert ξ kann mittels Strahlensatz ermittelt werden:

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

Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰ und ε_{s1} = −9,02‰: $\xi = \frac{|-3{,}5|}{|-3{,}5| + |9{,}02|} = 0{,}2796$

5 Ermittlung Hebelarmfaktor (ζ)

Der dimensionslose Faktor ζ kann geometrisch bestimmt werden:

aus: $z = d - k_a \bullet x = d - k_a \bullet \xi \bullet d = (1 - k_a \bullet \xi) \bullet d = \zeta \bullet d \rightarrow \zeta = (1 - k_a \bullet \xi)$

Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰ und ε_{s1} = −9,02‰: $\zeta = (1 - 0{,}416 \bullet 0{,}2796) = 0{,}884$

6 Ermittlung Momentenbeiwert (μ_{Eds})

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

Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰ und ε_{s1} = −9,02‰: $\mu_{Eds} = 0{,}81 \bullet 0{,}2796 \bullet (1 - 0{,}416 \bullet 0{,}2796) = 0{,}2$

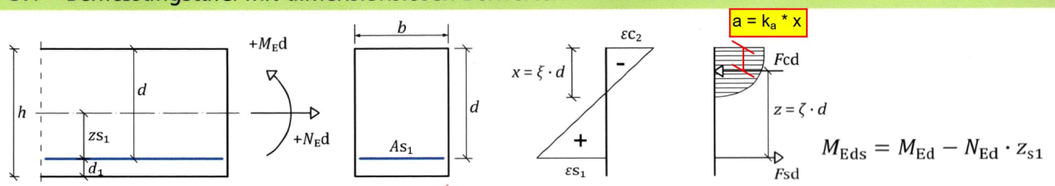
7 Ermittlung Bewehrungsgrad (ω)

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

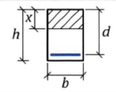
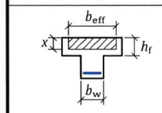
Beispiel für ε_{c2} = −3,5‰ und ε_{s1} = −9,02‰: $\mu_{Eds} = \frac{0{,}2}{0{,}884} = 0{,}2263$

3. Bemessung für Biegung mit / ohne Normalkraft

3.1 Bemessungstafel mit dimensionslosen Beiwerten



$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}$$

Bemessungsfall	Nulllinie	Richtwert μ_{Eds}	erf. A_S [cm²]	Bemerkung
	-	$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	$A_{s1} = \frac{1}{\sigma_{sd}}(\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed})$	-
	$x \leq h_f$	$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$		Berechnung von b_{eff} siehe 3.2

μ_{Eds}	ω	$\xi = x/d$	$\zeta = z/d$	ε_{c2} [‰]	ε_{s1} [‰]	σ_{sd} [1)] [N/mm²]	σ_{sd} [2)] [N/mm²]	ξ_{lim}
0,01	0,0101	0,030	0,990	-0,77	25,00	435	457	$\xi \leq 0{,}25$
0,02	0,0203	0,044	0,985	-1,15	25,00	435	457	
0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46	25,00	435	457	
0,04	0,0410	0,066	0,976	-1,76	25,00	435	457	
0,05	0,0515	0,076	0,971	-2,06	25,00	435	457	
0,06	0,0621	0,086	0,967	-2,37	25,00	435	457	
0,07	0,0728	0,097	0,962	-2,68	25,00	435	457	
0,08	0,0836	0,107	0,956	-3,01	25,00	435	457	
0,09	0,0946	0,118	0,951	-3,35	25,00	435	457	
0,10	0,1057	0,131	0,946	-3,50	23,29	435	455	
0,11	0,1170	0,145	0,940	-3,50	20,71	435	452	
0,12	0,1285	0,159	0,934	-3,50	18,55	435	450	
0,13	0,1401	0,173	0,928	-3,50	16,73	435	449	
0,14	0,1518	0,188	0,922	-3,50	15,16	435	447	
0,15	0,1638	0,202	0,916	-3,50	13,80	435	446	
0,16	0,1759	0,217	0,910	-3,50	12,61	435	445	
0,17	0,1882	0,232	0,903	-3,50	11,56	435	444	
0,18	0,2007	0,248	0,897	-3,50	10,62	435	443	
0,19	0,2134	0,264	0,890	-3,50	9,78	435	442	$\xi \leq 0{,}45$
0,20	0,2263	0,280	0,884	-3,50	9,02	435	441	
0,21	0,2395	0,296	0,877	-3,50	8,33	435	441	
0,22	0,2528	0,312	0,870	-3,50	7,71	435	440	
0,23	0,2665	0,329	0,863	-3,50	7,13	435	440	
0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,50	6,60	435	439	
0,25	0,2946	0,364	0,849	-3,50	6,12	435	439	
0,26	0,3091	0,382	0,841	-3,50	5,67	435	438	
0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,50	5,25	435	438	
0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,50	4,86	435	437	
0,29	0,3546	0,438	0,818	-3,50	4,49	435	437	
0,30	0,3706	0,458	0,810	-3,50	4,15	435	437	$\xi \leq 0{,}617$
0,31	0,3869	0,478	0,801	-3,50	3,82	435	436	
0,32	0,4038	0,499	0,793	-3,50	3,52	435	436	
0,33	0,4211	0,520	0,784	-3,50	3,23	435	436	
0,34	0,4391	0,542	0,774	-3,50	2,95	435	436	
0,35	0,4576	0,565	0,765	-3,50	2,69	435	435	
0,36	0,4768	0,589	0,755	-3,50	2,44	435	435	
0,37	0,4968	0,614	0,745	-3,50	2,20	435	435	
0,38	0,5177	0,640	0,734	-3,50	1,97	395	395	unwirtschaftlich
0,39	0,5396	0,667	0,723	-3,50	1,75	350	350	
0,40	0,5627	0,695	0,711	-3,50	1,54	307	307	

1) Bilineare Arbeitslinie des Betonstahls mit horizontalem Verlauf des oberen Astes.
2) Bilineare Arbeitslinie des Betonstahls mit Berücksichtigung des Festigkeitsanstiegs über die Streckgrenze hinaus.