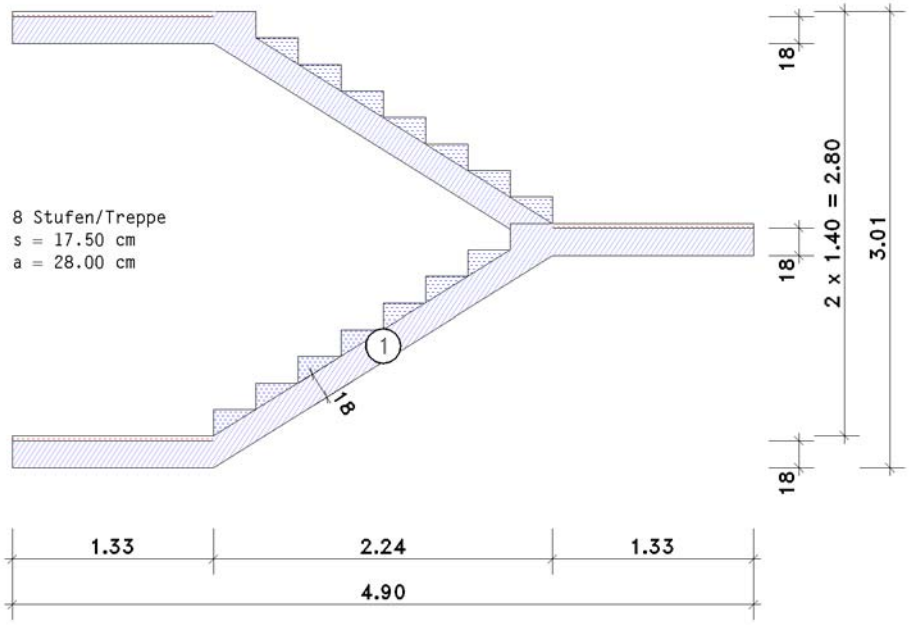
Treppe aus Stahlbeton

4H-BTN58 Version: 4/2011-2n

Bemessung nach DIN 1045-1

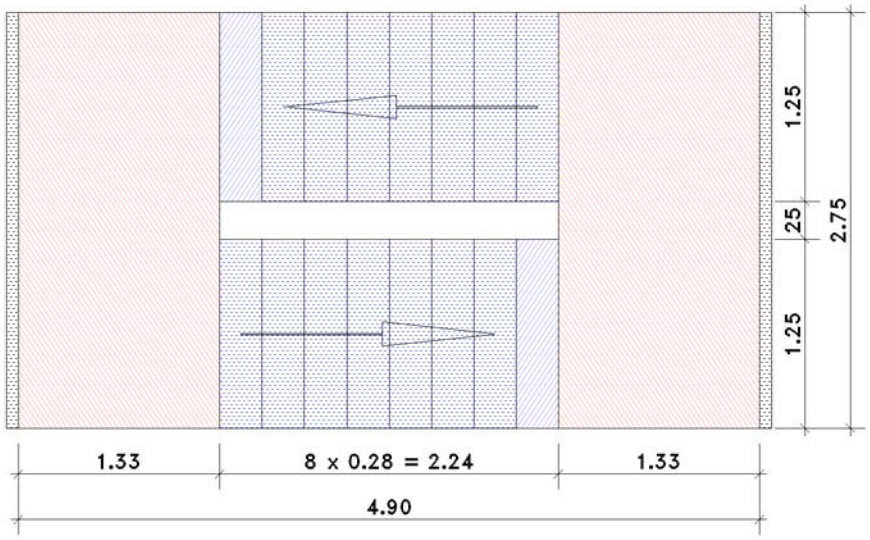
Ansicht

Maßstab 1:50



Draufsicht

Maßstab 1:50



Die Auflagerkanten der Podestplatten sind durchnummeriert.

Die berechneten Treppenlauf- und Podestplatten sind gekennzeichnet.

Abmessungen:

Treppenhaushöhe H = 2.800 m
Treppenhausbreite B = 2.750 m
Treppenhauslänge L = 4.900 m
Treppenlauf: 2 x 8 Stufen (3 Podeste), Breite b_L = 125.0 cm, Höhe eines Stockwerks H_1 = 140.0 cm
Lauflänge (auf den Grundriss projiziert) l_L = 224.0 cm, Dicke Treppenplatte d_L = 18.0 cm
Stufenhöhe s = 17.50 cm, Stufenbreite a = 28.00 cm (α = 32.01° $\Rightarrow$ $l = l_L/\cos\alpha$ = 264.2 cm)
Podeste: Längen links l_{Pl} = 133.0 cm, rechts l_{Pr} = 133.0 cm
Antritt (unten): Lastabtrag einseitig, Dicke d_{Pu} = 18.0 cm, Ausgleichsdicke Δd_{Pu} = 3.2 cm
Abtritt (oben): Lastabtrag einseitig, Dicke d_{Po} = 18.0 cm, Ausgleichsdicke Δd_{Po} = 3.2 cm
Zwischenpodeste: Lastabtrag einseitig, Dicke d_{Pz} = 18.0 cm, Ausgleichsdicke Δd_{Pz} = 3.2 cm
Bei biegesteifem Anschluss ist eine Ausgleichsschicht erforderlich, um Treppenlauf- und Podestplattendicke geometrisch anzupassen.
Anschluss Treppenlauf an Podest:
Antritt (unten) biegefest, Abtritt (oben) biegefest, Zwischenpodest biegefest

Baustoffe:

Betonfestigkeitsklasse B25
Betonstahl BSt 420

Belastung auf den Treppenlauf:

ständige Lasten (auf den Grundriss projiziert)

Wichte Stahlbetonplatte γ_P = 25.0 kN/m³		5.31 kN/m²
Wichte Treppenstufen γ_S = 23.0 kN/m³		2.01 kN/m²
zusätzliche Lasten (z.B. Putz, Belag)		1.50 kN/m²
Σ ständige Lasten	g_k =	8.82 kN/m²
veränderliche Lasten	q_k =	3.50 kN/m²

Belastung auf das untere Podest:

ständige Lasten

Wichte Stahlbetonplatte γ_P = 25.0 kN/m³		4.50 kN/m²
zusätzliche Lasten (z.B. Putz, Belag)		1.20 kN/m²
Σ ständige Lasten	g_k =	5.70 kN/m²
veränderliche Lasten	q_k =	3.50 kN/m²

Belastung auf das obere Podest:

ständige Lasten

Wichte Stahlbetonplatte γ_P = 25.0 kN/m³		4.50 kN/m²
zusätzliche Lasten (z.B. Putz, Belag)		1.20 kN/m²
Σ ständige Lasten	g_k =	5.70 kN/m²
veränderliche Lasten	q_k =	3.50 kN/m²

Belastung auf das Zwischenpodest:

ständige Lasten

Wichte Stahlbetonplatte γ_P = 25.0 kN/m³		4.50 kN/m²
zusätzliche Lasten (z.B. Putz, Belag)		1.50 kN/m²
Σ ständige Lasten	g_k =	6.00 kN/m²
veränderliche Lasten	q_k =	3.50 kN/m²

Stahlbetonnachweise:

Treppenlauf:

Abkürzungen: o = oben, u = unten

Achsabstände: r_o = 2.00 cm, r_u = 2.00 cm

Podeste:

Abkürzungen: o = oben, u = unten

Antritt (unten): Achsabstände r_o = 2.0 cm, r_u = 2.0 cm
Abtritt (oben): Achsabstände r_o = 2.0 cm, r_u = 2.0 cm
Zwischenpodeste: Achsabstände r_o = 2.0 cm, r_u = 2.0 cm

Biege- und Schubbemessung

Mindestbewehrung für Platten
Schubbewehrung B500
innerer Hebelarm $z = 0.9 \cdot d \leq 2 \cdot c_{v,D}$ mit $c_{v,D}$ = 2.0 cm
Mindestwert min V_{Rdct} nicht unterschreiten
Druckstrebenwinkel minimal

Rissnachweis

Verfahren nach Norm (Berechnung der Rissbreite)
Ø der rissvert. Längsbewehrung: d_{so} = 14 mm, d_{su} = 14 mm
Verbund zwischen Bewehrung und Beton: gut
rechnerische Rissbreite: w_{ko} = 0.40 mm, w_{ku} = 0.40 mm
Mindestbewehrung: Erstrissbildung aus zentrischem Zwang bei direkter Belastung
Beiwert zur Erfassung des Betrachtungszeitpunkt: k_{zt} = 0.50 (Zwang)
Langsam erhärtender Beton (Mindestbewehrung wird reduziert)
Rissbildung aus Lastbeanspruchung: ja
Beiwert zur Erfassung des Betrachtungszeitpunkt: k_{zt0} = 1.00 (Last)

Spannungsnachweis

zulässige Betondruckspannung zul $\sigma_c = fak_{\sigma c} \cdot f_{ck}$ = $0.600 \cdot f_{ck}$ = -12.0 N/mm²
zulässige Stahlzugspannung zul $\sigma_s = fak_{\sigma s} \cdot f_{yk}$ = $0.800 \cdot f_{yk}$ = 336.0 N/mm²

Nachweis der Biegeschlankheit (Treppenlauf) / charakt. Durchbiegungen (Podestplatte)

Materialdaten

Beton	f_{ck} MN/m²	α -	ε_{c2} ‰	ε_{c2u} ‰	n_c -	E_{cm} MN/m²	f_{ctm} MN/m²
B25	20.0	0.850	-2.00	-3.50	2.00	30000.0	2.210

Bewehrung	f_{yk} MN/m²	f_{tk} MN/m²	ε_{su} ‰	E_s MN/m²
BSt 420	420.0	420.0	5.00	210000.0

Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit $f_{cd} = \alpha_c f_{ck} / \gamma_c$
Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze ε_{c2}, Bruchdehnung ε_{c2u}
Betonspannungen $\sigma_c = f_{cd} (1-(1-\varepsilon_c/\varepsilon_{c2})^n)$ für $0 \geq \varepsilon_c > \varepsilon_{c2}$ und $\sigma_c = f_{cd}$ für $\varepsilon_{c2} \geq \varepsilon_c > \varepsilon_{c2u}$
Elastizitätsmodul E_{cm}, Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit f_{ctm}

Bemessungswert der Streckgrenze $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
Bemessungswert der Zugfestigkeit $f_{td} = f_{tk} / \gamma_s$
Stahlbruchdehnung ε_{su}, Elastizitätsmodul E_s

Lastzusammenstellung

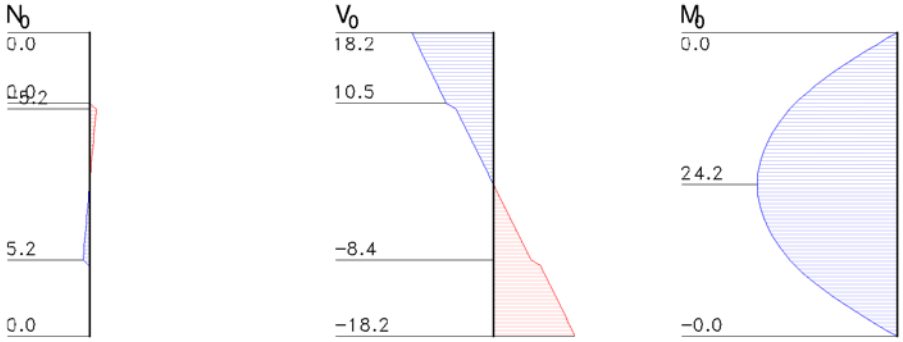
Treppenlauf 1 (unten)

Eigengewicht Treppenlauf (ohne zusätzliche Lasten): g_L = 7.32 kN/m²
unteres Podest: g_{Pu} = 4.50 kN/m²
Zwischenpodest: g_{Pz} = 4.50 kN/m²

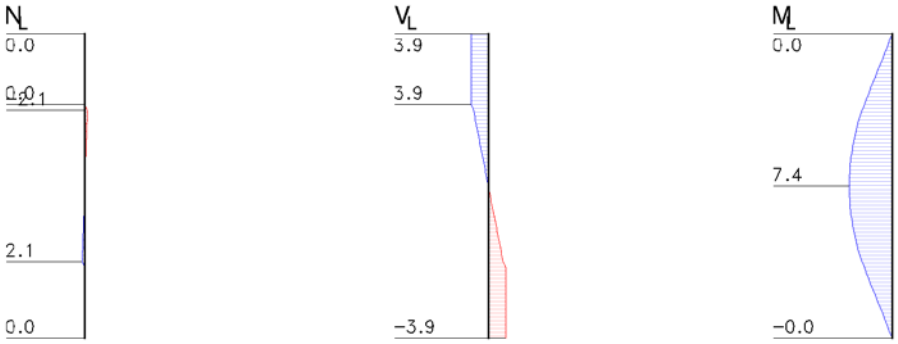
Erhöhungsfaktor der Podestlasten: λ_{fak} = 1.100
Spannweite des Treppenlaufs: l = 264.2 cm

Charakteristische Schnittgrößen [kN/m, kNm/m]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links

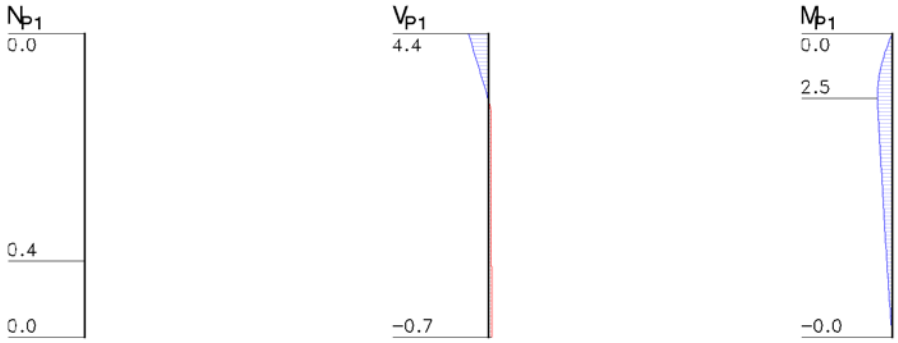
aus ständiger Einwirkung (Volllast)



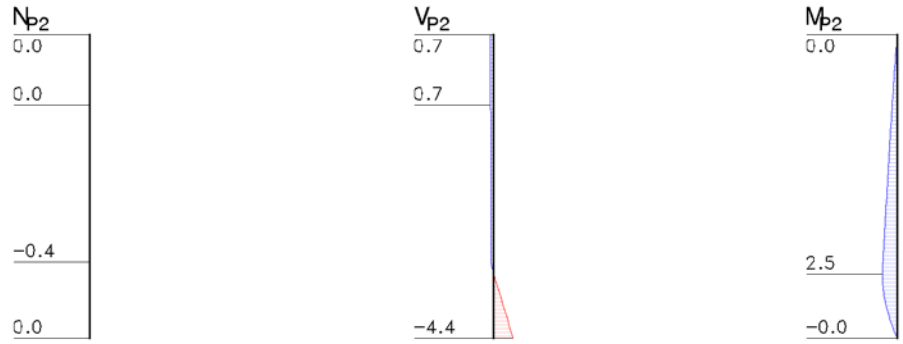
aus veränderlicher Einwirkung auf dem Treppenlauf



aus veränderlicher Einwirkung auf dem unteren Podest



aus veränderlicher Einwirkung auf dem Zwischenpodest



Charakteristische Schnittgrößen

s m	N_0 kN/m	V_0 kN/m	M_0 kNm/m	$N_{(L)}$ kN/m	$V_{(L)}$ kN/m	$M_{(L)}$ kNm/m	$N_{(P1)}$ kN/m	$V_{(P1)}$ kN/m	$M_{(P1)}$ kNm/m	$N_{(P2)}$ kN/m	$V_{(P2)}$ kN/m	$M_{(P2)}$ kNm/m
0.000	0.00	18.22	0.00	0.00	3.92	0.00	0.00	4.43	0.00	0.00	0.69	0.00
1.125	0.00	11.16	16.53	0.00	3.92	4.41	0.00	0.09	2.54	0.00	0.69	0.78
1.330	-5.24	8.38	18.68	-2.08	3.32	5.21	0.37	-0.59	2.48	-0.37	0.59	0.92
2.651	0.00	-0.00	24.21	0.00	-0.00	7.41	0.37	-0.59	1.70	-0.37	0.59	1.70
3.972	5.24	-8.38	18.68	2.08	-3.32	5.21	0.37	-0.59	0.92	-0.37	0.59	2.48
4.074	0.00	-10.52	17.64	0.00	-3.92	4.81	0.00	-0.69	0.85	0.00	0.30	2.53
4.176	0.00	-11.16	16.53	0.00	-3.92	4.41	0.00	-0.69	0.78	0.00	-0.09	2.54
5.302	0.00	-18.22	-0.00	0.00	-3.92	-0.00	0.00	-0.69	-0.00	0.00	-4.43	-0.00

Auflagerkräfte (charakteristisch)
unten (Lager A) und oben (Lager B)

A_{V0} kN/m	B_{V0} kN/m	$A_{V(L)}$ kN/m	$B_{V(L)}$ kN/m	$A_{V(P1)}$ kN/m	$B_{V(P1)}$ kN/m	$A_{V(P2)}$ kN/m	$B_{V(P2)}$ kN/m
18.22	18.22	3.92	3.92	4.43	0.69	0.69	4.43

Extremale Auflagerkräfte (charakteristisch)
unten (Lager A) und oben (Lager B)

min A_V kN/m	max A_V kN/m	min B_V kN/m	max B_V kN/m
18.22	27.26	18.22	27.26

Stahlbetonbemessung

Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden mit der Spannungsdehnungslinie für den Beton nach 9.1.6 (Gleichung 65) mit fcd = α fck / γc = 11.3 MN/m2 und der Spannungsdehnungslinie für die Bewehrung nach 9.2.4 (Bild 27) mit fyd = fyk / γs = 365.2 MN/m2 und ftd = ftk / γs = 365.2 MN/m2 geführt ! Materialsicherheitsbeiwerte: γc = 1.50 γs = 1.15.
Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden mit der Spannungsdehnungslinie für den Beton nach 9.1.5 (Gleichung 62) mit fc = fcm = 28.0 MN/m2 und der Spannungsdehnungslinie für die Bewehrung nach 9.2.3 (Bild 26) mit fy = fyk, ft = ftk und εuk = εsu geführt !

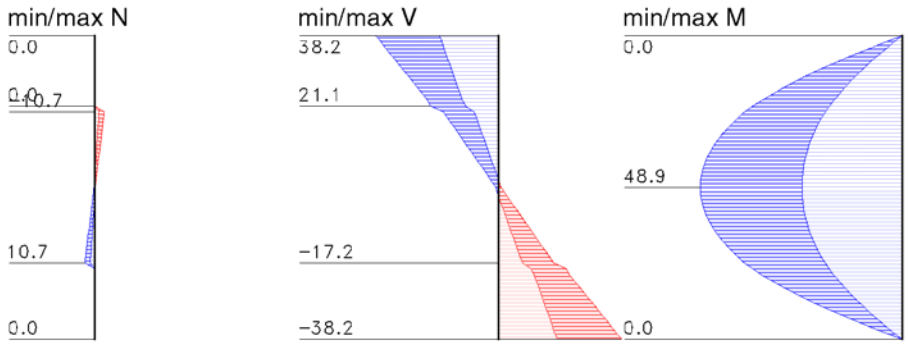
Treppenlauf 1 (unten)

Nachweis 1: Biege- und Schubbemessung

Extremierungsvorschrift (GZT)

Einw.	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
1	1.00	1.00	1.35	1.00
2	1.00	0.70	1.50	0.00

Extremale Bemessungsgrößen [kN/m, kNm/m]
in der Grafik gilt: oben – Podest unten links



Extremale Bemessungsgrößen

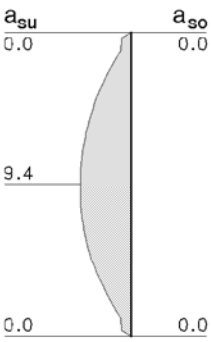
s m	min N kN/m	min V kN/m	min M kNm/m	max N kN/m	max V kN/m	max M kNm/m
0.000	0.00	18.22	0.00	0.00	38.15	0.00
1.330	-10.74	7.49	18.68	-4.68	17.18	38.15
2.651	-0.55	-0.88	24.21	0.55	0.88	48.91

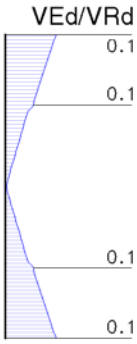
s m	min N kN/m	min V kN/m	min M kNm/m	max N kN/m	max V kN/m	max M kNm/m
3.972	4.68	-17.18	18.68	10.74	-7.49	38.15
5.302	0.00	-38.15	0.00	0.00	-18.22	0.00

Extremale Auflagerkräfte (Bemessung)
unten (Lager A) und oben (Lager B)

min Av kN/m	max Av kN/m	min Bv kN/m	max Bv kN/m
18.22	38.15	18.22	38.15

Bewehrung [cm²/m, MN/m²]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links





Bewehrung

s m	a_{so} cm²/m	a_{su} cm²/m	a_{sb} cm²/m²	V_{Ed} kN/m	V_{Rdmx} kN/m	V_{Ed}/V_{Rd}
0.000	0.00	0.00	0.00	38.15	306.00	0.125
0.409	0.00	2.60	0.00	32.33	306.00	0.106
1.940	0.00	8.65	0.00	9.66	306.00	0.032
2.651	0.00	9.37	0.00	0.88	306.00	0.003
5.302	0.00	0.00	0.00	38.15	306.00	0.125

Maximale Bewehrung (NW 1)

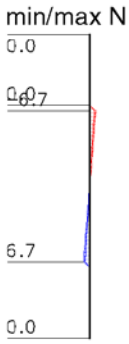
Bewehrung unten: a_{su} = 9.37 cm²/m bei s = 2.651 m
Schubausnutzung: V_{Ed}/V_{Rdmx} = 0.125 bei s = 5.302 m

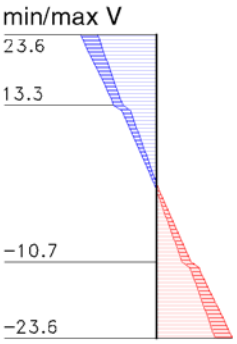
Nachweis 2: Rissnachweis

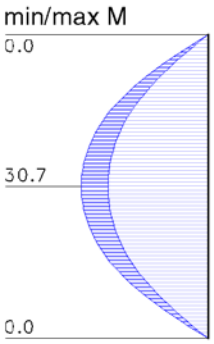
Extremierungsvorschrift (GZG, quasiständige EWK)

Einw.	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.60	0.60	1.00	0.00

Extremale Bemessungsgrößen [kN/m, kNm/m]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links







Extremale Bemessungsgrößen

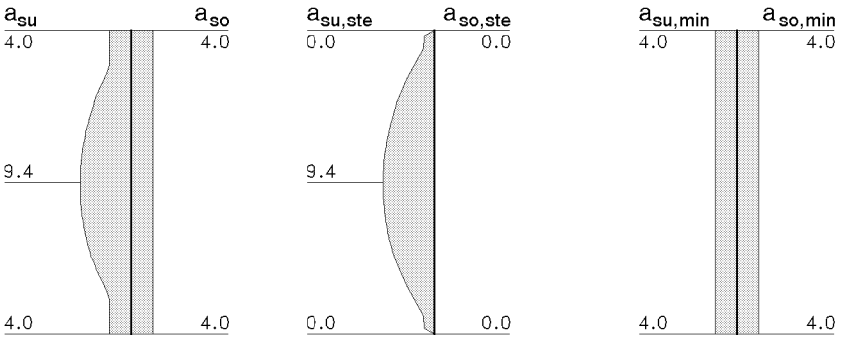
s m	min N kN/m	min V kN/m	min M kNm/m	max N kN/m	max V kN/m	max M kNm/m
0.000	0.00	18.22	0.00	0.00	23.64	0.00
1.330	-6.70	8.02	18.68	-5.01	10.72	23.85
2.651	-0.22	-0.35	24.21	0.22	0.35	30.70

s m	min N kN/m	min V kN/m	min M kNm/m	max N kN/m	max V kN/m	max M kNm/m
3.972	5.01	-10.72	18.68	6.70	-8.02	23.85
5.302	0.00	-23.64	0.00	0.00	-18.22	0.00

Extremale Auflagerkräfte (Bemessung)
unten (Lager A) und oben (Lager B)

min Av kN/m	max Av kN/m	min Bv kN/m	max Bv kN/m
18.22	23.64	18.22	23.64

Bewehrung [cm²/m, MN/m²]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links



Bewehrung

s m	a_{so} cm²/m	a_{su} cm²/m	$a_{so,ste}$ cm²/m	$a_{su,ste}$ cm²/m	$a_{so,min}$ cm²/m	$a_{su,min}$ cm²/m
0.000	3.99	3.99	0.00	0.00	3.99	3.99
0.102	3.99	3.99	0.00	1.86	3.99	3.99
2.651	3.99	9.37	0.00	9.37	3.99	3.99
5.302	3.99	3.99	0.00	0.00	3.99	3.99

Maximale Bewehrung (NW 2)

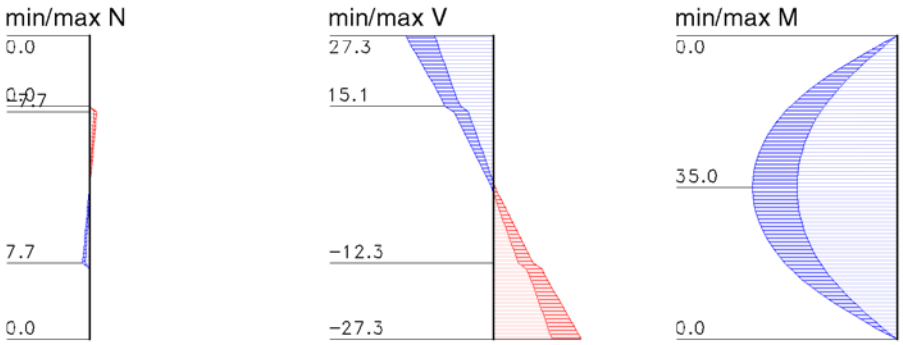
Bewehrung oben: a_{so} = 3.99 cm²/m bei s = 0.000 m
Bewehrung unten: a_{su} = 9.37 cm²/m bei s = 2.651 m

Nachweis 3: Spannungsnachweis

Extremierungsvorschrift (GZG, seltene EWK)

Einw.	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	0.70	1.00	0.00

Extremale Bemessungsgrößen [kN/m, kNm/m]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links



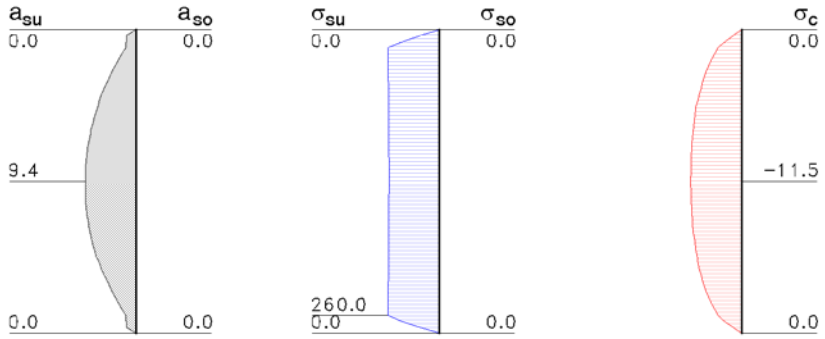
Extremale Bemessungsgrößen

s m	min N kN/m	min V kN/m	min M kNm/m	max N kN/m	max V kN/m	max M kNm/m
0.000	0.00	18.22	0.00	0.00	27.26	0.00
1.330	-7.68	7.79	18.68	-4.87	12.29	27.30
2.651	-0.37	-0.59	24.21	0.37	0.59	35.03
3.972	4.87	-12.29	18.68	7.68	-7.79	27.30
5.302	0.00	-27.26	0.00	0.00	-18.22	0.00

Extremale Auflagerkräfte (Bemessung)
unten (Lager A) und oben (Lager B)

min Av kN/m	max Av kN/m	min Bv kN/m	max Bv kN/m
18.22	27.26	18.22	27.26

Bewehrung [cm²/m, MN/m²]
Die Spannungen beziehen sich auf die ermittelte Bewehrung dieses Nachweises a_s. in der Grafik gilt: oben = Podest unten links



Bewehrung

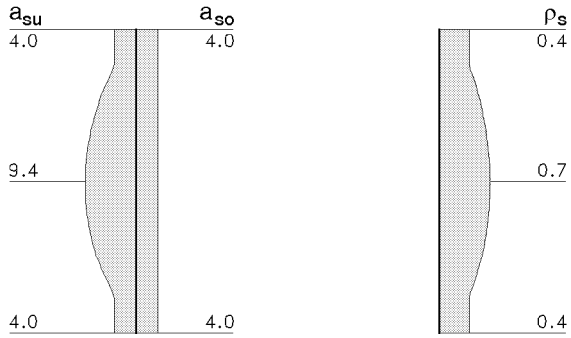
s m	a_{so} cm²/m	a_{su} cm²/m	σ_{so} MN/m²	σ_{su} MN/m²	σ_c MN/m²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.102	0.00	1.86	0.00	95.51	-1.96
0.307	0.00	1.97	0.00	260.00	-5.33
2.651	0.00	9.37	0.00	255.16	-11.51
5.302	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Maximale Bewehrung (NW 3)

Bewehrung oben: a_{so} = 0.00 cm²/m bei s = 0.000 m
Bewehrung unten: a_{su} = 9.37 cm²/m bei s = 2.651 m
Stahlzugspannungen unten: σ_{su} = 260.00 MN/m² bei s = 0.307 m
Betondruckspannungen: σ_c = -11.51 MN/m² bei s = 2.651 m

Zusammenfassung

Bewehrung [cm²/m, %]
in der Grafik gilt: oben = Podest unten links



Bewehrung

s m	a_{so} cm²/m	a_{su} cm²/m	ρ_s %	a_{sb} cm²/m²
0.000	3.99	3.99	0.443	0.00
2.651	3.99	9.37	0.742	0.00
5.302	3.99	3.99	0.443	0.00

Maximale Bewehrung

Bewehrung oben: A_{so} = 3.99 cm²/m bei s = 0.000 m
Bewehrung unten: A_{su} = 9.37 cm²/m bei s = 2.651 m
Bewehrungsgrad: ρ_s = 0.74% bei s = 2.651 m
Schubausnutzung: V_{Ed}/V_{Rdmx} = 0.125 bei s = 5.302 m

Nachweis der Biegeschlankheit

l_i/h = 33.1 < 35.0 = zul l_i/h ok.