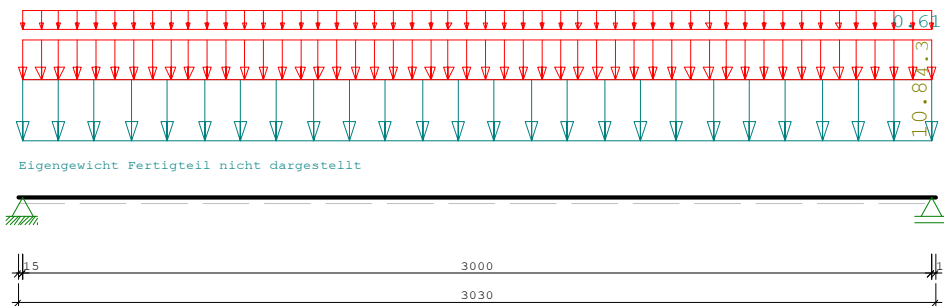
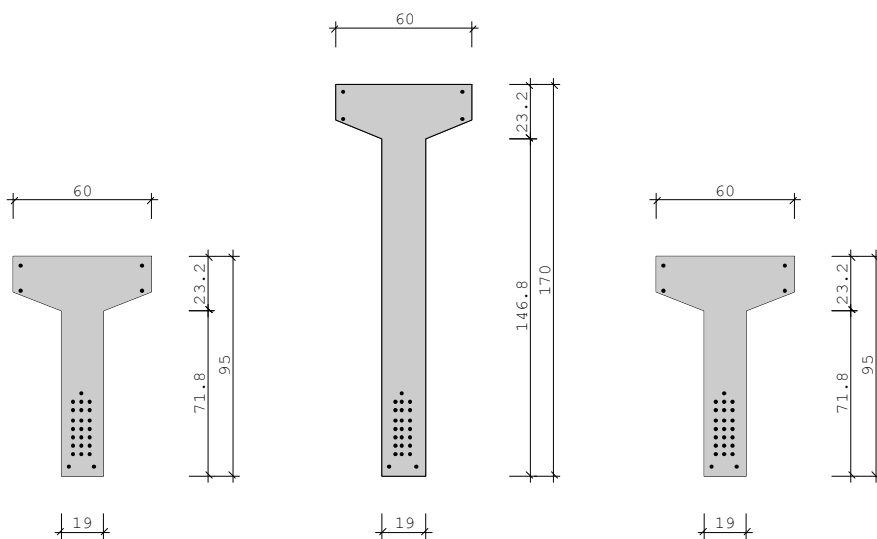
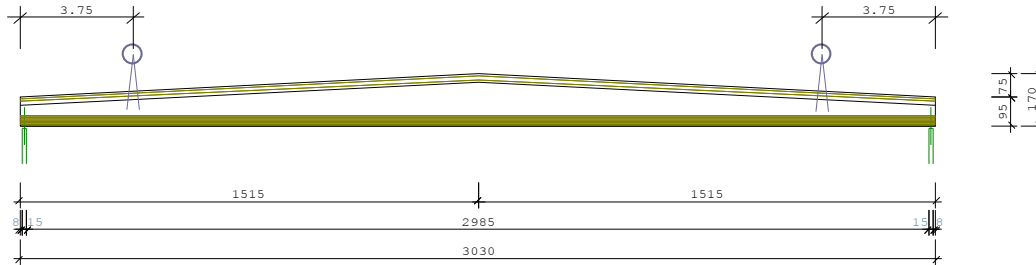


Position: B8_FDB-Ref1

Spannbettbinder B8 01/2022 (Frilo alpha)



System:

Satteldachbinder

Grundeinstellungen:

Lastkombinatorik: DIN EN 1990/NA:2010-12 + EN 1990:2002/AC:2010
GZT: Nachweise für Tragsicherheit (STR)
ständige/vorübergehende Bemessungssituation mit Gleichung 6.10

Bemessungsnorm: DIN EN 1992-1-1/NA C1:2012-06 + EN 1992-1-1:2004 /AC:2010
Vorspannung mit sofortigen Verbund mit Wärmebehandlung im Spannbett

Systemgeometrie:

Gesamtlänge L = 30.30 m Stützweite L1 = 30.00 m
 Überstand links L0 = 0.15 m rechts L2 = 0.15 m
 Abstand First L3 = 15.15 m
 Binderhöhe :
 links H1 = 95.0 cm First H2 = 170.0 cm
 rechts H3 = 95.0 cm
 Verhältnis Spannweite zu Binderhöhe:
 L1/H2 = 17.65

Montageaufhängung, Abstand vom Binderanfang bzw. Binderende:
 Haken L8 = 3.75 m rechts L9 = 3.75 m

Querschnitt Fertigteil:

Querschnittsschichten von oben nach unten				
Nr	Breite [cm]	Abstand [cm]	Bemerkung	
1	60.0	0.0		
2	60.0	15.0		
3	19.0	23.2	Steganfang	
4	19.0	170.0	Stegende	
Obergurthöhe über Binderlänge konstant				

Material:

Spannstahl

SpSt 1500/1770 Litze 7 Drähte

$d_d = 4.1 \text{ mm}$ $d_p = 12.3 \text{ mm}$
 $E_p = 195000 \text{ N/mm}^2$ $A_p = 0.930 \text{ cm}^2$
 $f_{p0.1k} = 1500 \text{ N/mm}^2$ $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_{uk} = 35.0 \text{ ‰}$ $\epsilon_{ud} = 25.0 \text{ ‰} + \epsilon_p^{(0)}$

Teilsicherheitsbeiwerte:
 $\gamma_s = 1.15$

Beiwerte Vorspannung:

charakt. Wert $r_{sup} = 1.05$ $r_{inf} = 0.95$
 Bemessungswert $\gamma_{p,max} = 1.00$ $\gamma_{p,min} = 1.00$

Rissbreitennachweis

Vergl. Durchm. $d_{pv} = 7.20 \text{ mm}$ $\xi = 0.60 \text{ (Tab. 6.2)}$

Relaxation (aus Zulassung)				
σ_{p0}/f_{pk}	10 h	200 h	1000 h	1000000 h
0.60	0.3	0.6	0.8	2.8
0.70	0.8	1.6	2.0	7.0
0.80	2.0	4.0	5.0	14.0
Verluste in % in Abhängigkeit von Zeit und Beanspruchung				

zulässige Spannungen:

im Spannbett $\sigma_p \leq 1150.5 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 0.65 \cdot f_{pk} \text{)}$
 maximale Spannbettspannung bei Wärmebehandlung laut Zulassung
 nach Lös. d. Verank. $\sigma_p \leq 1275.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 0.85 \cdot f_{p0.1k} \text{)}$
 seltene LK $\sigma_p \leq 1350.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 0.65 \cdot f_{pk} \text{)}$
 q.ständ.LK $\sigma_p \leq 1150.5 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 0.65 \cdot f_{pk} \text{)}$

Übertragungslänge

$\eta_{p1} = 2.85$ $\eta_1 = 1.00$
 $\alpha_1 = 1.00$ $\alpha_2 = 0.19$
 $\sigma_{pm0} = 886 \text{ N/mm}^2$
 PT: $f_{ctdt} = 1.66 \text{ N/mm}^2$ $f_{bpt} = 4.73 \text{ N/mm}^2$
 $l_{pt} = 0.44 \text{ m}$

Eintragungslänge:

$d = 0.91 \text{ m}$ $l_{disp} = 1.01 \text{ m}$

Betonstahl:

	Längsbewehrung		Bügelbewehrung	
	B 500 B		B 500 B	
$E_s =$	200000 N/mm ²	$E_s =$	200000 N/mm ²	
$f_{yk} =$	500 N/mm ²	$f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$f_{tk} =$	540 N/mm ²	$f_{tk} =$	540 N/mm ²	
$\epsilon_{uk} =$	50.0 ‰	$\epsilon_{uk} =$	50.0 ‰	
$\epsilon_{ud} =$	25.0 ‰	$\epsilon_{ud} =$	25.0 ‰	

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_s = 1.15$ $\gamma_s = 1.15$

zulässige Spannungen im GZG:

$\sigma_s \leq 400 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_s \leq 400 \text{ N/mm}^2 \text{ (} 0.80 \cdot f_{yk} \text{)}$

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

	oben		unten
Betonangriff	W0		W0
Bewehrungskorrosion	XC1		XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20		C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8 \text{ mm}$		
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 20 \text{ mm}$		$d_{s,l} = 16 \text{ mm}$
Spannstahl	$d_p = 12.3 \text{ mm}$	Litze , $\sigma_p^{(0)} \leq 1000 \text{ N/mm}^2$	
Vorhaltemaß	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$	*2	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ *2
Bügel	$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$		$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20 \text{ mm}$		$c_{nom,b} = 20 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 20 \text{ mm}$	*5	$c_{min,l} = 16 \text{ mm}$ *5
Betondeckung	$c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$		$c_{nom,l} = 28 \text{ mm}$ *1
Spannstahl :	$c_{min,p} = 31 \text{ mm}$	*5	$c_{min,p} = 31 \text{ mm}$ *5
Betondeckung	$c_{nom,p} = 41 \text{ mm}$		$c_{nom,p} = 41 \text{ mm}$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 22 \text{ mm}$		$c_{v,b} = 20 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.20 \text{ mm}$		$w_{max} = 0.20 \text{ mm}$
Dekompression	nicht erf.		nicht erf.

- *1: mit $c_{min,b}$
- *2: Qual.Sich.
- *5: Verbund maßgebend

Beton:

Fertigteil

C 50/60

$f_{ck} =$	50.00 N/mm ²	
$\alpha_{cc} =$	0.85	
$f_{ctk0.05} =$	2.85 N/mm ²	
$\alpha_{ct} =$	0.85	
$\gamma =$	25.00 kN/m ³	Wichte
$E_{cm} =$	37000 N/mm ²	
$\alpha_E =$	1.00	Beiwert E-Modul
$G_{cm} =$	14800 N/mm ²	

Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_c = 1.35$

zulässige Spannungen im GZG:

seltene LK	$\sigma_c \geq -30.00 \text{ N/mm}^2$
q.ständ.LK	$\sigma_c \geq -22.50 \text{ N/mm}^2$
Lösen der Verankerung $t = t_{OT}(\text{Lag}) = 5.1 \text{ d}$	
	$f_{cm(t)} = 44.43 \text{ N/mm}^2$
	$f_{ck(t)} = 36.43 \text{ N/mm}^2$
lin. Kriechen	$\sigma_c \geq -16.39 \text{ N/mm}^2 \text{ (} k_2=0.45 \text{)}$
Maximum	$\sigma_c \geq -25.50 \text{ N/mm}^2 \text{ (} k_6=0.70 \text{ nutzerdefiniert)}$

Kriechzahl und Schwindmass

mit Wärmebehandlung im Spannbett
 $T_{t0} = 60 \text{ °C}$ (bis zum Lösen der Verankerung)
 $\Delta \sigma_{p,r} = 4 \%$ vorweggenommener Relaxationsverlust laut Zulassung
 $t_{OT} = 5.1 \text{ d}$ (entsprechend Temperatur angepasstes Betonalter)
 Zementfestigkeitsklasse 42,5R;52,5
 $\rho = 0.5$ (Alterungsbeiwert)
 Bezugspunkt für t_0 ist der Beginn der Betonage des Fertigteil

Kriechabschnitt	t0 Tage	LF. %
Lagerung	1	70
Nutzung Ftl.	21	50

Zl.	Abschnitt	Teil- querschnitt	t0	t	α	t _{0,eff} B.9	β_{t0} B.5	β_H B.8	$\beta_{c(t,t0)}$ B.7	ϕ_{RH} B.3	β_{fcm} B.4	$\phi(t,t0)$ B.1
1	Lagerung	Ftl	1.0	21.0	1	10.2	0.59	475.4	0.38	1.24	2.21	0.62
2	Nutzung Ftl.	Ftl	21.0	26000.0	1	10.2	0.59	463.7	0.61	1.47	2.21	1.17

Zl.	A [cm ²]	U [cm]	h0 [cm]	$\beta_{ds}(t0,ts)$	$\beta_{ds}(t,ts)$ 3.10	β_{RH} B.12	$\epsilon_{cd,0}$ B.11	β_{as} 3.13	$\epsilon_{ca}/10e6$ 3.12	$\epsilon_{cs}(t,t0)$ [‰]
1	4013.10	446.8	179.7	0.000	0.172	1.02	402.5	0.60	100.00	0.121
2	4013.10	446.8	179.7	0.172	0.996	1.36	536.0	1.00	100.00	0.430

Lasten:

Eigengewicht

Binderanfang g11 = 6.47 kN/m
First g12 = 10.03 kN/m
Binderende g13 = 6.47 kN/m

Gesamtgewicht G = 250.1 kN
Betonvolumen V = 10.00 m³
Schalungsfläche A = 95.00 m²

Einheiten: Einzellast[kN] Einzelmoment[kNm] Linienlast[kN/m]												
Feld	Typ	g _{li}	q _{li}	Abst. a [m]	gre	qre	Länge [m]	Fakt	Ew.	Zus.	Alt.	Pos.
1	1	10.80	4.30					1.00	10	0	0	
1	1	0.00	0.61					1.00	9	0	0	

Lasttyp: 1 = Gleichlast, 2 = Einzellast bei a, 3 = Einzelmoment bei a
4 = Trapezlast von a, 5 = Dreieckslast über L

Einwirkungen:

Ew.	γ_Q	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Abh.	Kat.	Bezeichnung
9	1.50	0.60	0.20	0.00	0	W	Windlasten
10	1.50	0.50	0.20	0.00	0	S	Schnee bis NN +1000m

Spannglieder:

Abst(UK) > 4.8 cm Achsen horizontal > 3.7 cm vertikal > 3.7 cm

Lage Nr.	An- zahl	Fläche A _p [cm ²]	Abst. UK Y _p [cm]	Vorspannung $\sigma_p^{(0)}$ [N/mm ²]	<--- Abisolierungen --->			Typ
					Anz.	bis x1 [m]	ab x2 [m]	
1	3	2.79	8.5	1000	0			UK
2	3	2.79	12.3	1000	0			UK
3	3	2.79	16.1	1000	0			UK
4	3	2.79	19.9	1000	0			UK
5	3	2.79	23.7	1000	0			UK
6	3	2.79	27.5	1000	0			UK
7	3	2.79	31.3	1000	0			UK
8	1	0.93	35.1	1000	0			UK

x1 und x2 bezüglich des linken Binderanfanges
UK= parallel Unterkante, OK= parallel Oberkante
Die Berechnung der Verluste aus Kriechen, Schwinden und Relaxation erfolgt nach einem Verfahren von Abelein

Schlaffe Bewehrung:

Lage Nr.	Anzahl	Durchm. $\Phi_{s,l}$ [mm]	Fläche A_s [cm ²]	Abst. UK Y_s [cm]	wirksamer Bereich		Typ
					von xA [m]	bis xE [m]	
1	2	16	4.02	3.6	0.00	30.30	UK
2	2	20	6.28	166.2	0.00	30.30	OK
3	2	20	6.28	155.0	0.00	30.30	OK

xA und xE bezüglich des linken Bideranfanges
UK= parallel Unterkante, OK= parallel Oberkante

Oberflächenbewehrung nach Tab. NA.J.41 (B0 < D0) :

Steg (Z1/S3) $A_{sS} = 1.24 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Uwks <= XC4) (je Seite)
Obergurt (Z3/S1) $A_{sO} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Uwks <= XC4)

Einstellungen für Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

Auflagerbreite, Abstand Auflagerkante, Nutzhöhe an der Auflagerlinie
links $b_{Al} = 0.15 \text{ m}$ $a_l = 0.07 \text{ m}$ $d_{Al} = 0.92 \text{ m}$
rechts $b_{Ar} = 0.15 \text{ m}$ $a_r = 0.07 \text{ m}$ $d_{Ar} = 0.92 \text{ m}$
Für Schubbewehrung nicht maßgebende Bereiche um Auflager A und B:
 $x_{aRe} = 0.99 \text{ m}$ direkte Auflagerung (Auflagerbreite/2 + Nutzhöhe)
 $x_{bLi} = 0.99 \text{ m}$ direkte Auflagerung (Auflagerbreite/2 + Nutzhöhe)

Nachweis der Begrenzung der Verformung:

Durchhang $f \leq L/250$ Zuwachsdurchbiegung $|df| \leq L/500$
Kragarm links $f \leq 0.150 \text{ cm}$ $|df| \leq 0.075 \text{ cm}$
Feld $f \leq 12.000 \text{ cm}$ $|df| \leq 6.000 \text{ cm}$
Kragarm rechts $f \leq 0.150 \text{ cm}$ $|df| \leq 0.075 \text{ cm}$
quasi- ständige Kombination und wirksame Vorspannung (char. Wert)
Verformung infolge Schwinden berücksichtigt
Zugversteifung: Bauteilsteifigkeit, seltene Kombination

ERGEBNISSE (Zusammenfassung)

Auflagerkräfte (t = Unendlich):

Einheiten: alle [kN] G:ständ., Q:veränd., V: Summe

Auflagerpunkt	<-----char. Werte----->			<---GZT(PT)--->	
	G	min Q	max Q	min V	max V
A (links)	287.01	0.00	73.65	287.01	492.45
B (rechts)	287.01	0.00	73.65	287.01	492.45

maximales Feldmoment im Einbauzustand (char. Wert):

MF = = 2763.72 kNm bei x = = 15.15 m

nicht erfüllte Nachweise:

Nachweisgröße	Extremwert	Ausnutzung	x [m]
Zuwachsdurchbieg. (Nut.)	$ df = 7.177 \text{ cm}$	1.20	16.83
Ftl.: Drucksp. $t_0(\text{Lag})$	$\sigma_c = -28.68 \text{ N/mm}^2$	1.12	3.75
Kippen Einbauzustand (Stiglat)	$\eta = 1.69$	1.19	

Warnung

Ftl.: lin. Krie. $t_0(\text{Lag})$ $\sigma_c = -26.66 \text{ N/mm}^2$ $x = 0.40 \text{ m}$
 $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}(t) = -16.39 \text{ N/mm}^2$
überprop. Kriechen durch vergrößerte Kriechzahl berücksichtigt ($f_k = 1.53$)

Erforderliche Schubbewehrung:

Stütze A: $a_{sw} = 7.11 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stütze B: $a_{sw} = 7.11 \text{ cm}^2/\text{m}$

Spaltzugbewehrung

links Verlegelänge = 0.76 m $A_s = 5.9 \text{ cm}^2$
 $ab \ x = 0.00 \text{ m}$
rechts Verlegelänge = 0.76 m $A_s = 5.9 \text{ cm}^2$
 $ab \ x = 30.30 \text{ m}$

Nachweis der Verankerung

links: Zugkraftdeckung im Verankerungsbereich Ausn = 0.49
rechts: Zugkraftdeckung im Verankerungsbereich Ausn = 0.49

Übersicht krit. Schnitte

gewähltes Grundraster: 10 Schnitte

Nachweisgröße		Extremwert		Ausnutzung	x [m]	
Tragf. Biegung unten	$\eta =$	1.14		0.88	19.53	
Tragf. Biegung oben	$\eta =$	9.27		0.11	3.75	
Zugkraftdeckung unten	$\eta =$	1.14		0.88	10.10	
Zugkraftdeckung oben	$\eta =$	9.27		0.11	3.75	
Ftl.: Drucksp. t0(Lag)	$\sigma_c =$	-28.68	N/mm ²	1.12	3.75	!
Ftl.: Drucksp. selt.LK	$\sigma_c =$	-23.96	N/mm ²	0.80	3.75	
Spannstahlspannung	$\sigma_p, Q_k =$	944.7	N/mm ²	0.82	11.15	
Spannstahlspannung	$\sigma_p, S_k =$	1074.1	N/mm ²	0.80	19.19	
Betonstahlspannung	$\sigma_s =$	167.1	N/mm ²	0.42	10.81	
Riss MinAs+AsDuk unten A	AsMin =	6.5	cm ²	0.68	15.15	
Riss.MinAs+AsDuk oben A	AsMin =	10.6	cm ²	0.84	30.22	
Rissbreite unten	wk =	0.04	mm	0.21	20.54	
Rissbreite oben	wk =	0.03	mm	0.17	3.75	
Durchhang oben	fo =	-2.110	cm	0.18	13.47	
Durchhang unten	fu =	8.417	cm	0.70	16.83	
Zuwachsdurchbieg. (Nut.)	df =	7.177	cm	1.20	16.83	!
Ftl.: Schubbeweh.(Steg)	asw =	7.11	cm ² /m	1.00	1.14	
Druckstrebentragfähigkeit	$\eta =$	2.64		0.38	30.08	

---- Nachweis nicht erforderlich
 **** Nachweis nicht geführt
 Ftl.: Fertigteil Erg.: Ortbetonergänzung
 EZ : Einbauzustand BZ : Bauzustand
 AsDuk:Duktilitätsbewehrung

Grenze lineares Kriechen, informativ:		Extremwert		Ausnutzung	x [m]
Ftl.: lin. Krie. t0(Lag)	$\sigma_c =$	-26.66	N/mm ²	1.63	0.40
Ftl.: Drucksp. q-st.LK	$\sigma_c =$	-19.60	N/mm ²	0.87	1.14

Zugspannungen Zustand I, informativ:		Extremwert		Ausnutzung	x [m]
Ftl.: Zugspann. (Ez)	$\sigma_t =$	10.17	N/mm ²	2.50	10.14
Ftl.: Zugspann. (Bz)	$\sigma_t =$	3.90	N/mm ²	1.54	0.40

Schnittkräfte GZT [kN,kNm]

x [m]	Bemessungssit. ständ./vorübergeh.				aus Vorspannung (Spannbettzustand)					
	Min My	Max My	Min Qz	Max Qz	Lag.tA Nv	Lag.tA Mv	Nut.tE Nv	Nut.tE Mv	Vsp Grd	
0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.15	-0.10	-0.07	-1.3	-1.0	-832.6	-314.08	-198.4	-121.53	2.63	
0.15	-0.09	0.47	-1.1	491.1	-844.9	-318.77	-204.9	-123.95	2.63	
0.40	-0.60	121.76	-3.0	483.5	-1964.2	-754.61	-886.5	-386.34	2.54	
1.01	-3.85	411.04	-7.7	464.9	-1964.2	-787.75	-1213.0	-564.90	2.64	
1.02	-3.93	415.69	-7.7	464.6	-1964.2	-788.29	-1213.8	-565.83	2.62	
1.14	-4.91	471.22	-8.7	460.9	-1964.2	-794.79	-1225.4	-578.16	2.39	
3.37	-44.01	1422.22	-26.6	391.7	-1964.2	-914.72	-1336.9	-761.12	1.10	
3.75	-54.74	1568.80	98.8	379.8	-1964.2	-935.00	-1350.5	-789.72	1.04	
6.73	206.89	2559.25	75.8	284.5	-1964.2	-1092.73	-1411.6	-988.69	0.80	
10.10	416.26	3331.67	47.4	173.3	-1964.2	-1268.75	-1442.6	-1180.86	0.73	
11.15	461.39	3495.12	37.9	138.0	-1964.2	-1323.17	-1446.8	-1234.15	0.73	
13.47	525.17	3723.41	16.2	58.6	-1964.2	-1442.84	-1449.5	-1341.50	0.74	
15.15	539.15	3772.72	-0.3	0.3	-1964.2	-1529.05	-1447.0	-1410.70	0.77	
16.83	525.18	3723.41	-58.6	-16.2	-1964.2	-1442.84	-1449.5	-1341.50	0.74	
20.20	416.27	3331.67	-173.3	-47.4	-1964.2	-1268.75	-1442.6	-1180.86	0.73	
23.57	206.91	2559.25	-284.5	-75.8	-1964.2	-1092.73	-1411.6	-988.69	0.80	
26.55	-54.71	1568.80	-379.8	29.8	-1964.2	-935.00	-1350.5	-789.72	1.04	
26.93	-43.99	1422.22	-391.7	26.6	-1964.2	-914.72	-1336.9	-761.12	1.10	
29.28	-3.92	415.69	-464.6	7.7	-1964.2	-788.29	-1213.8	-565.83	2.62	
29.29	-3.84	411.04	-464.9	7.7	-1964.2	-787.75	-1213.0	-564.90	2.64	
30.08	-0.18	34.23	-489.0	1.6	-1230.2	-466.48	-412.4	-201.16	2.32	

x [m]	Bemessungssit. ständ./vorübergeh.				aus Vorspannung (Spannbettzustand)					
	Min My	Max My	Min Qz	Max Qz	Lag.tA Nv	Lag.tA Mv	Nut.tE Nv	Nut.tE Mv	Vsp Grd	
30.15	-0.09	0.47	-491.1	1.1	-844.9	-318.77	-204.9	-123.95	2.63	
30.15	-0.10	-0.07	1.0	1.3	-832.6	-314.08	-198.4	-121.53	2.63	
30.22	-0.03	-0.02	0.5	0.7	-447.3	-167.89	6.7	-47.07	2.63	
30.30	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	

Schnittkräfte GZG

x [m]	<-seltene Lk->		<-häufige Lk->		<q.-ständ. Lk->	
	Min My	Max My	Min My	Max My	Min My	Max My
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
0.15	-0.07	0.32	-0.07	0.26	-0.07	0.24
0.40	-0.52	88.25	-0.52	74.09	-0.52	70.89
1.01	-3.35	297.96	-3.35	250.27	-3.35	239.49
1.02	-3.41	301.33	-3.41	253.10	-3.41	242.20
1.14	-4.27	341.59	-4.27	286.93	-4.27	274.59
3.37	-38.27	1031.12	-38.27	867.02	-38.27	829.94
3.75	-47.60	1137.42	-47.60	956.56	-47.60	915.69
6.73	214.02	1855.78	214.02	1562.52	214.02	1496.25
10.10	423.39	2416.17	423.39	2036.53	423.39	1950.74
11.15	468.52	2534.78	468.52	2137.06	468.52	2047.19
13.47	532.31	2700.47	532.31	2277.66	532.31	2182.13
15.15	546.28	2736.27	546.28	2308.09	546.28	2211.34
16.83	532.31	2700.47	532.31	2277.66	532.31	2182.13
20.20	423.40	2416.17	423.40	2036.53	423.40	1950.74
23.57	214.04	1855.78	214.04	1562.52	214.04	1496.25
26.55	-47.57	1137.42	-47.57	956.56	-47.57	915.69
26.93	-38.25	1031.12	-38.25	867.02	-38.25	829.94
29.28	-3.41	301.33	-3.41	253.10	-3.41	242.20
29.29	-3.34	297.96	-3.34	250.27	-3.34	239.49
30.08	-0.16	24.80	-0.16	20.81	-0.16	19.91
30.15	-0.07	0.32	-0.07	0.26	-0.07	0.24
30.15	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
30.22	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x[m]	<Tragf. Biegung->			<-----Zugkraftdeckung----->				
	η_{un} =M _{Rd} /M _{Ed}	η_{ob} =M _{Rd} /M _{Ed}	η_{un} =T _{Rd} /T _{Ed}	σ/σ_R [N/mm ²]	aI [cm]	η_{ob} =T _{Rd} /T _{Ed}	σ/σ_R [N/mm ²]	aI [cm]
0.00	---	---	---	0.00#	---	---	0.00#	---
0.08	---	---	---	0.00#	---	555.68	0.00#	43.0
0.15	---	---	---	0.00#	---	463.54	0.00#	43.2
0.15	---	---	2.06	0.00#	76.8	462.19	0.00#	43.2
0.20	84.92	---	2.46	0.00#	77.0	363.65	0.00#	43.3
0.40	17.44	694.99	3.75	0.00#	77.8	156.08	4.15*!	43.8
0.60	9.95	311.04	3.76	0.00#	78.6	102.44	4.18*!	44.3
0.80	7.06	176.16	3.30	0.00#	79.4	72.77	4.20*!	44.8
1.00	5.49	113.50	2.96	0.00#	80.3	54.58	4.23*!	45.3
1.01	5.44	111.30	2.95	0.00#	80.3	53.89	4.23*!	45.3
1.02	5.38	109.16	2.93	0.00#	80.3	53.22	4.23*!	45.3
1.20	4.53	80.22	2.70	1.74#	81.4	42.48	4.26*!	45.8
1.40	3.89	59.32	2.48	1.34#	83.4	33.67	4.29*!	46.3
1.60	3.44	46.17	2.29	1.24#	85.4	26.46	4.33*!	46.8
1.80	3.09	36.71	2.13	1.15#	87.6	21.79	4.37*!	47.3
3.37	1.85	11.28	1.55	7.26*!	110.9	10.55	4.76*!	51.1
3.75	1.71	9.27	1.50	8.91*!	119.4	9.27	4.88*!	71.7
6.73	1.25	---	1.21	17.02*!	81.9	---	0.02#	---
10.10	1.14	---	1.14	19.15*!	70.7	---	0.00#	---
13.47	1.18	---	1.17	17.20*!	79.0	---	0.00#	---
16.83	1.18	---	1.17	17.20*!	79.0	---	0.00#	---
20.20	1.14	---	1.14	19.15*!	70.7	---	0.00#	---
23.57	1.25	---	1.21	17.02*!	81.9	---	0.02#	---
26.55	1.71	9.28	1.50	8.91*!	119.4	9.28	4.87*!	52.1
26.93	1.85	11.28	1.55	7.26*!	110.9	10.87	4.76*!	51.1
28.50	3.09	36.75	2.13	1.15#	87.6	21.81	4.37*!	47.3

x[m]	<Tragf. Biegung->			<-----Zugkraftdeckung----->				
	η_{un} = M_{Rd}/M_{Ed}	η_{ob} = M_{Rd}/M_{Ed}	η_{un} = T_{Rd}/T_{Ed}	σ/σ_R [N/mm ²]	al [cm]	η_{ob} = T_{Rd}/T_{Ed}	σ/σ_R [N/mm ²]	al [cm]
28.70	3.44	46.22	2.29	1.24#	85.4	26.48	4.33*!	46.8
28.90	3.89	59.41	2.48	1.34#	83.4	33.71	4.29*!	46.3
29.10	4.53	80.35	2.70	1.74#	81.4	42.53	4.26*!	45.8
29.28	5.38	109.37	2.93	0.00#	80.3	53.30	4.23*!	45.3
29.29	5.44	111.51	2.95	0.00#	80.3	53.97	4.23*!	45.3
29.30	5.49	113.71	2.96	0.00#	80.3	54.65	4.23*!	45.3
29.50	7.06	176.56	3.30	0.00#	79.4	72.88	4.20*!	44.8
29.70	9.95	311.92	3.76	0.00#	78.6	102.62	4.18*!	44.3
29.90	17.44	697.45	3.75	0.00#	77.8	156.42	4.15*!	43.8
30.10	84.92	---	2.46	0.00#	77.0	364.63	0.00#	43.3
30.15	---	---	2.06	0.00#	76.8	463.51	0.00#	43.2
30.15	---	---	---	0.00#	---	464.86	0.00#	43.2
30.22	---	---	---	0.00#	---	557.40	0.00#	43.0
30.30	---	---	---	0.00#	---	---	0.00#	---

---- Nachweis nicht erforderlich
 **** Nachweis nicht geführt
 #:Hauptzugspannung σ #!: $\sigma > f_{ctk0.05}$
 *:Randzugspannung σ_R #!: $\sigma_R > f_{ctk0.05}$

Betonspannungen Fertigteil

x [m]	$\sigma_{c,1}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,2}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,Sk}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,Qk}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,Sk}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,BZ}$ [N/mm ²]
0.08	-5.90	-5.90	-4.82	-4.82	1.20	1.00
0.15	-10.96	-10.96	-9.54	-9.54	1.81	1.84
0.15	-11.12	-11.12	-9.69	-9.68	1.83	1.86
0.32	-24.62	-25.59	-17.96	-17.96	2.87	3.65
0.40	-26.66	-28.07	-18.67	-18.67	2.82	3.90
0.53	-25.95	-28.04	-20.84	-19.22	2.25	3.68
1.01	-23.61	-27.98	-21.49	-18.05	0.59	2.92
1.02	-23.57	-27.98	-21.50	-18.03	0.55	2.90
1.14	-22.57	-27.97	-21.74	-19.60	0.18	2.73
1.17	-22.48	-27.97	-21.77	-19.53	0.08	2.69
3.37	-17.20	-28.48	-23.63	-15.24	1.27	4.91
3.75	-16.51	-28.68	-23.96	-14.66	2.45	5.01
6.73	-12.62	-18.69	-17.26	-11.19	8.40	2.51
10.10	-10.49	-15.32	-16.41	-11.14	10.17	1.26
13.47	-9.79	-13.72	-15.08	-10.14	9.03	1.04
15.15	-9.79	-13.37	-13.60	-9.03	7.81	1.18
16.83	-9.79	-13.72	-15.08	-10.14	9.03	1.04
20.20	-10.49	-15.32	-16.41	-11.14	10.17	1.26
23.57	-12.62	-18.69	-17.26	-11.19	8.40	2.51
26.55	-16.51	-28.68	-23.96	-14.66	2.45	5.01
26.93	-17.20	-28.48	-23.63	-15.24	1.27	4.91
29.13	-22.48	-27.97	-21.77	-19.53	0.08	2.69
29.16	-22.57	-27.97	-21.74	-19.60	0.18	2.73
29.28	-23.57	-27.98	-21.50	-18.03	0.55	2.90
29.29	-23.61	-27.98	-21.49	-18.05	0.59	2.92
29.77	-25.95	-28.04	-20.84	-19.22	2.25	3.68
29.90	-26.66	-28.07	-18.67	-18.67	2.82	3.90
29.98	-24.62	-25.59	-17.96	-17.96	2.87	3.65
30.15	-11.12	-11.12	-9.69	-9.68	1.83	1.86
30.15	-10.96	-10.96	-9.54	-9.54	1.81	1.84
30.22	-5.90	-5.90	-4.82	-4.82	1.20	1.00

---- Nachweis nicht erforderlich
 **** Nachweis nicht geführt
 $\sigma_{c,1}$: Nachweise Druckspannung und überprop. Kriechen mit Frühfestigkeit (Lagerung)
 $\sigma_{c,2}$: Nachweise Druckspannung mit Frühfestigkeit (Montage)
 $\sigma_{c,Sk}$: Nachweise Druckspannung seltene Lastkombination
 $\sigma_{c,Qk}$: Nachweise überprop. Kriechen quasi- ständ. Lastkombination
 $\sigma_{t,Sk}$: Zugspannungen Einbauzustand seltene Lastkombination (informativ)
 $\sigma_{t,BZ}$: Zugspannungen Bauzustand (informativ)

Nachweis der Begrenzung der Verformung:

Durchhang $f \leq L/250$ Zuwachsdurchbiegung $|df| \leq L/500$
 Kragarm links $f \leq 0.150$ cm $|df| \leq 0.075$ cm
 Feld $f \leq 12.000$ cm $|df| \leq 6.000$ cm
 Kragarm rechts $f \leq 0.150$ cm $|df| \leq 0.075$ cm
 quasi- ständige Kombination und wirksame Vorspannung (char. Wert)
 Verformung infolge Schwinden berücksichtigt
 Zugversteifung: Bauteilsteifigkeit, seltene Kombination

x [m]	Lagerung		Nutzung		df [cm]
	ftA [cm]	ftE [cm]	ftA [cm]	ftE [cm]	
0.00	0.048	0.051	-0.010	-0.129	-0.119
3.37	-1.021	-1.091	0.220	2.772	2.553
6.73	-1.611	-1.664	0.714	5.580	4.866
10.10	-1.940	-1.968	1.080	7.545	6.465
13.47	-2.091	-2.110	1.240	8.417	7.177
16.83	-2.091	-2.110	1.240	8.417	7.177
20.20	-1.940	-1.968	1.080	7.545	6.465
23.57	-1.611	-1.664	0.714	5.580	4.866
26.93	-1.021	-1.091	0.220	2.772	2.553
30.30	0.048	0.051	-0.010	-0.129	-0.119

$|df| = ftE(Nut) - ftA(Nut)$

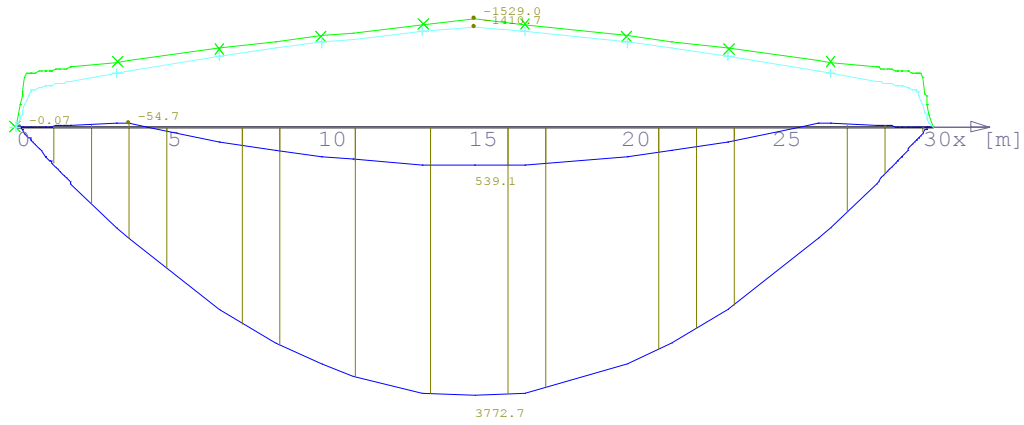
Querkrafttragfähigkeit

x [m]	V _{Ed} [kN]	V _{Ed,red} [kN]	cot Θ	z [cm]	asw,Steg [cm ² /m]	η =V _{Rd,max} /V _{Ed}
0.08	0.7	----	1.00	57.6	2.48	---
0.22	486.6	----	1.85*	69.7	7.11	2.64
0.23	485.9	----	1.85*	69.8	7.11	2.65
1.01	437.5	----	1.85*	74.3	7.11	3.14
1.02	436.9	----	1.85*	74.4	7.11	3.14
1.14	429.9	429.9	1.85	75.1	7.11	3.22
3.37	309.8	309.8	2.28	85.9	3.64	4.56
3.75	291.4	291.4	2.41	87.9	3.17	4.79
6.73	160.8	160.8	1.46	102.4	2.48	13.33
10.10	34.8	34.8	1.00	119.2	2.48	55.92
13.47	77.6	77.6	1.00	135.4	2.48	39.13
15.15	130.1	130.1	1.00	143.6	2.48	24.76
16.83	77.6	77.6	1.00	135.4	2.48	39.13
20.20	34.8	34.8	1.00	119.2	2.48	55.93
23.57	160.8	160.8	1.46	102.4	2.48	13.33
26.55	291.4	291.4	2.41	87.9	3.17	4.79
26.93	309.8	309.8	2.28	85.9	3.64	4.56
29.16	429.9	429.9	1.85	75.1	7.11	3.22
29.28	436.9	----	1.85*	74.4	7.11	3.14
29.29	437.5	----	1.85*	74.3	7.11	3.14
30.08	486.6	----	1.85*	69.7	7.11	2.64
30.22	0.7	----	1.00	57.6	2.48	---

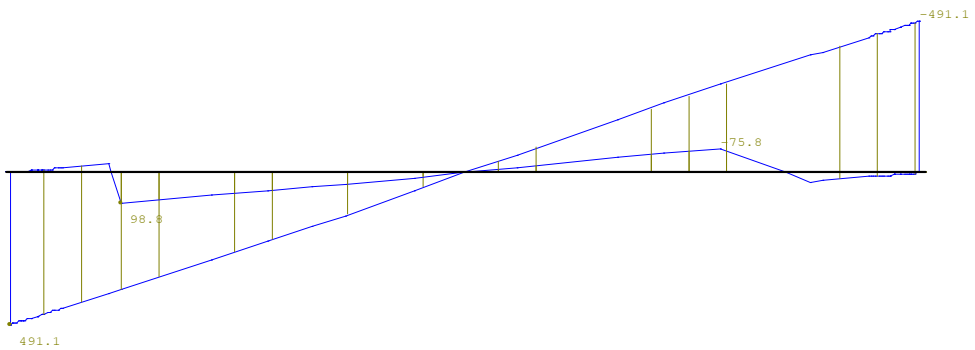
---- Nachweis nicht erforderlich
 **** Nachweis nicht geführt
 *: Übernahme vom letzten Bemessungsschnitt

Schnittkräfte

- max MEd aus äusseren Lasten (PT)
- min MEd aus äusseren Lasten (PT)
- × Moment aus Vorspannung, $t = t_A$ Lagerung
- + Moment aus Vorspannung, $t = t_E$ Nutzung

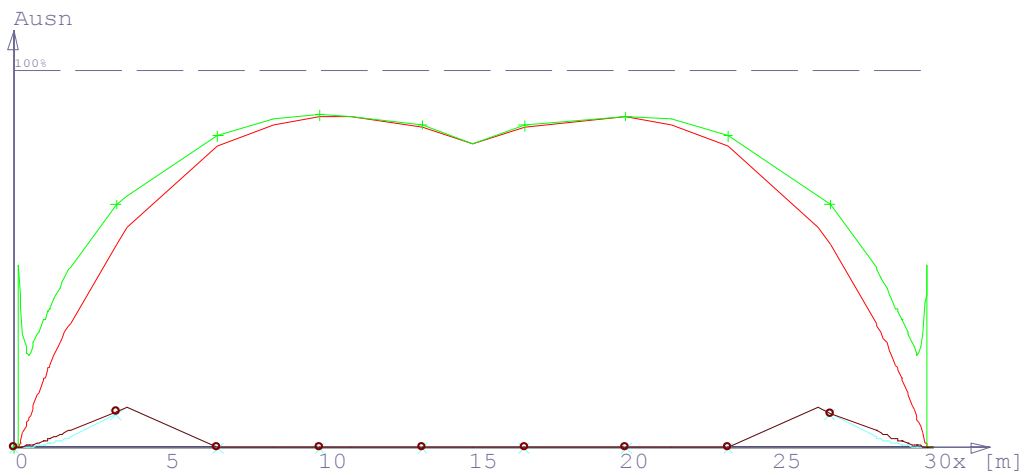


- max VEd aus äusseren Lasten (PT)
- min VEd aus äusseren Lasten (PT)



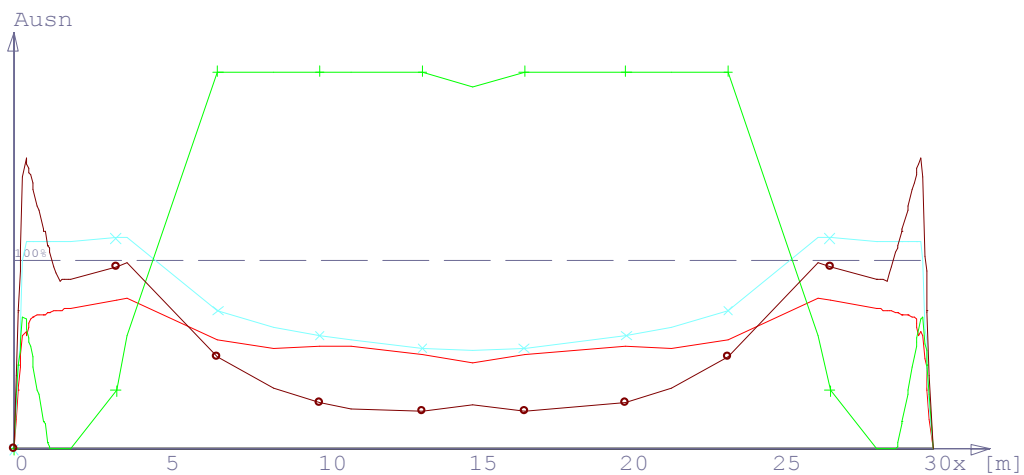
Biegetragfähigkeit (Bruchsicherheit)

—	Tragf. Biegung	unten	$\eta = 1,14$	$x=19,53$ m
x	Tragf. Biegung	oben	$\eta = 9,27$	$x= 3,75$ m
+	Zugkraftdeckung	unten	$\eta = 1,14$	$x=10,10$ m
o	Zugkraftdeckung	oben	$\eta = 9,27$	$x= 3,75$ m



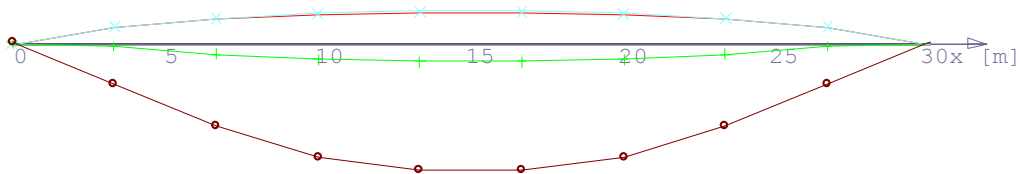
Betonrandspannungen Fertigteil

—	Ftl.: Drucksp.	selt.LK	$\sigma_c = -23,96$ N/mm ²	$x= 3,75$ m
x	Ftl.: Drucksp.	t0(Lag)	$\sigma_c = -28,68$ N/mm ²	$x= 3,75$ m
+	Ftl.: Zugspann.	(Ez)	> 100% Zustand II, nur informativ	
o	Ftl.: Zugspann.	(Bz)	> 100% Zustand II, nur informativ	



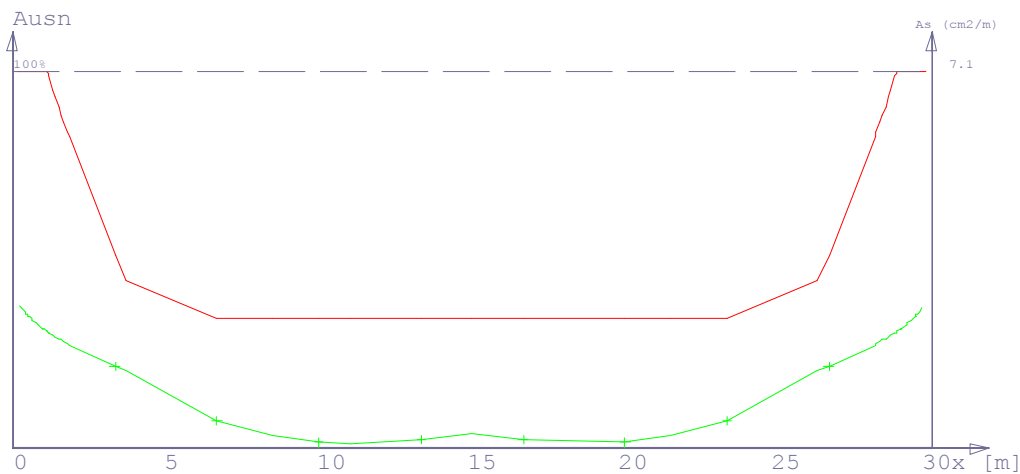
Verformung

- Durchhang t=tA Lagerung -2,09 cm
- × Durchhang t=tE Lagerung -2,11 cm
- + Durchhang t=tA Nutzung 1,24 cm
- Durchhang t=tE Nutzung 8,42 cm



Querkrafttragfähigkeit (Schubdeckung)

- Ftl.: Schubbeweh. (Steg) asw = 7,11 cm²/m x= 1,14 m
- + Druckstrebentragfähigkeit η = 2,64 x=30,08 m



gewählter Schnitt x = 11.00 m vom linken Auflager

Schnittkraftkombinationen aus äußerer Belastung
 LEw: vorherrschende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung)
 GZT-PT: ständige + vorübergeh. Bemessungssituation (Grundkombination)
 Montage mit γG= 1.15
 GZG-Sk : seltene (= charakteristische) Kombination
 GZG-Hk : häufige Kombination
 GZG-Qk : quasi-ständige Kombination

maximales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	1240.12	918.59	918.59	918.59
Lager./Montage	545.94	468.52	468.52	468.52
Nutzung	3495.12	2534.78	2137.06	2047.19
LEw	10	10	10	-

minimales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	918.56	918.59	918.59	918.59
Lager./Montage	461.39	468.52	468.52	468.52
Nutzung	2047.16	2047.19	2047.19	2047.19
LEw	-	-	-	-

maximale Querkraft: [kN]

	GZT-PT
Lagerung	51.6
Lager./Montage	44.3
Nutzung	138.0
LEw	10

Wirksame Spannglieder (Vorspannung Spannbettzustand für t=t0(Lag))

Lage Nr.	Anz.	Fläche Ap [cm²]	Abstand v.UK [cm]	Vorspannung		Spannkraft		Kurzzeit-Relaxation [N/mm²]
				max [N/mm²]	min [N/mm²]	max [kN]	min [kN]	
1	3	2.8	8.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
2	3	2.8	12.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
3	3	2.8	16.1	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
4	3	2.8	19.9	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
5	3	2.8	23.7	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
6	3	2.8	27.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
7	3	2.8	31.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
8	1	0.9	35.1	960.00	960.00	89.3	89.3	-40.00

Kriechverluste infolge Wärmebehandlung unberücksichtigt (nutzerdef.)

Schlaffe Bewehrung

Lage	Anzahl	Durchm. [mm]	Fläche [cm²]	UK [cm]
1	2	16	4.0	3.6
2	2	20	6.3	135.2
3	2	20	6.3	146.4

Querschnitt Fertigteil:

Querschnittsschichten von oben nach unten			
Nr	Breite [cm]	Abstand [cm]	Bemerkung
1	60.0	0.0	
2	60.0	15.0	
3	19.0	23.2	Steganfang
4	19.0	150.2	Stegende

Querschnittswerte

	brutto			ideell		
	Ac [cm²]	zu [cm]	Ic [cm⁴]	Ai [cm²]	zi [cm]	Ii [cm⁴]
Fertigteilquerschnitt	3636.9	89.2	8019344	3797.3	88.0	8768771

Schnittkräfte aus wirksamer Vorspannung (Mittelwerte, Spannbettzustand)

Kriechabschn.	N _{pm} ⁽⁰⁾		M _{pm} ⁽⁰⁾	
	tA [kN]	tE [kN]	tA [kNm]	tE [kNm]
Lager.	-1964.2	-1800.8	-1323.17	-1259.50
Nutzung	-1800.8	-1446.8	-1259.50	-1234.15

tA=Anfang, tE=Ende Kriechabschnitt

Spannstahl Relaxation			
Lage Nr.		Lager. $\Delta\sigma_{p,r1}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,r2}$ [N/mm ²]
1		-0.00	-0.00
2		-0.00	-0.00
3		-0.00	-0.00
4		-0.00	-0.00
5		-0.00	-0.00
6		-0.00	-0.00
7		-0.00	-0.00
8		-0.00	-0.00

Spannstahl, Verluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:			
Lage Nr.		Lager. $\Delta\sigma_{p,csr1^{(0)}}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,csr2^{(0)}}$ [N/mm ²]
1		-50.73	-65.54
2		-50.21	-67.67
3		-49.68	-69.80
4		-49.16	-71.94
5		-48.63	-74.07
6		-48.10	-76.20
7		-47.58	-78.34
8		-47.05	-80.47

Betonstahlspannung infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:			
Lage Nr.		Lager. $\Delta\sigma_{s,csr1^{(0)}}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{s,csr2^{(0)}}$ [N/mm ²]
1		-52.73	-64.40
2		-34.04	-140.16
3		-32.45	-146.60

Biegung mit Längskraft im GZT

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	z [cm]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]	η (>1.0)	
1	tA Lagerung	F	oben	121.9	708.99	M _{Ed} < 0	entf.	#1
2	tE Lagerung	F	unten	124.3	3979.74	1240.12	3.21	
3	tA Lager./Montage	F	oben	121.9	708.99	M _{Ed} < 0	entf.	#1
4	tE Lager./Montage	F	unten	124.3	3979.74	545.94	7.29	
5	tE Nutzung	F	oben	126.6	820.17	M _{Ed} < 0	entf.	
6	tE Nutzung	F	unten	124.0	3990.98	3495.12	1.14	

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 * f_{ck}$

Zwischenergebnisse : Bruchdehnungen und innere Kräfte										
Zl.	ϵ_c [‰]	ϵ_s [‰]	x [cm]	A _p [cm ²]	A _s [cm ²]	Z _p [kN]	Z _s [kN]	D _c [kN]	D _p [kN]	D _s [kN]
1	3.500	7.000	48.8	0.0	12.6	0.0	550.4	1721.5	-1306.8	165.9
2	3.500	23.400	19.1	20.5	4.0	3050.5	181.0	2889.1	0.0	357.1
3	3.500	7.000	48.8	0.0	12.6	0.0	550.4	1721.5	-1306.8	165.9
4	3.500	23.400	19.1	20.5	4.0	3050.5	181.0	2889.1	0.0	357.1
5	3.500	11.400	34.4	0.9	12.6	78.7	553.5	1665.2	-1173.9	162.6
6	3.500	24.200	18.5	20.5	4.0	3063.8	181.1	2814.8	0.0	436.2

Querkrafttragfähigkeit

Bemessungswert Querkraft						
Zl.	Kriechabschnitt	Kombination	$V_{Ed,0}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	dV [kN]	infolge
1	tA Lagerung	QMax	51.6	1240.10	-49.4	Vccd
2	tE Lagerung	QMax	51.6	1240.10	-49.4	Vccd
3	tA Lager./Montage	QMax	44.3	541.12	-21.6	Vccd
4	tE Lager./Montage	QMax	44.3	541.12	-21.6	Vccd
5	tA Nutzung	MMax	138.0	3495.12	-139.5	Vccd
6	tE Nutzung	MMax	138.0	3495.12	-139.5	Vccd

wirksamer Querschnitt									
Zl.	Quer-schnitt	Zug-zone	b_w [cm]	d [cm]	z [cm]	A_c [cm ²]	A_{sI} [cm ²]	σ_{cp} [N/mm ²]	V_{Rdc} [kN]
1	F	unten	19.0	146.6	124.3	3636.9	24.5	4.59	287.9
2	F	unten	19.0	146.6	124.3	3636.9	24.5	4.95	315.1
3	F	unten	19.0	146.6	124.3	3636.9	24.5	4.59	287.9
4	F	unten	19.0	146.6	124.3	3636.9	24.5	4.95	315.1
5	F	unten	19.0	146.6	124.0	3636.9	24.5	4.95	315.1
6	F	unten	19.0	146.6	124.0	3636.9	24.5	3.98	282.5

Schubbemessung $v_1 = 0.750$										
Zl.	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,red}$ [kN]	$V_{Rd,cc}$ [kN]	$\cot \Theta$	a_{sw} [cm ² /m]	Bemerk.	a_I [cm]	$V_{Rd,max}$ [kN]		
1	2.2	2.2	134.8	1.000	2.00	Min	73.3	2031.2		#1
2	2.2	2.2	169.4	1.000	2.48	Min	73.3	2787.9		
3	22.7	22.7	134.8	1.000	2.00	Min	73.3	2031.2		#1
4	22.7	22.7	169.4	1.000	2.48	Min	73.3	2787.9		
5	1.6	1.6	169.0	1.000	2.48	Min	73.3	2781.2		
6	1.6	1.6	176.7	1.000	2.48	Min	73.3	2781.2		

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 \cdot f_{ck}$

Nachweis der Begrenzung der Rissbreite im GZG

zul. Rissbreite: $w_k < 0.20$ mm, häufige Lastkombination

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	r_{sup} r_{inf}	$\max. \sigma_s$ [N/mm ²]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ [‰]	w_k [mm]
1	tA Lagerung	F	oben	1.05	Querschnitt überdrückt			
2	tE Lagerung	F	unten	0.95				
3	tA Lager./Montage	F	oben	1.05	keine Rissbildung			
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			
5	tE Nutzung	F	oben	1.05	Querschnitt überdrückt			
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	140.39	92.63	0.421	0.04

Schnittkräfte und Dehnungen								
Zl.	N_{ges} [kN]	M_{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			$\max. \sigma$ [N/mm ²]	X_{OI} [cm]	ϕ_{eff}	ϵ_c [‰]	X_{OII} [cm]	
1	-2062.4	-470.74	-2.09	189.1				
2	-1710.8	-277.94	-7.29	230.1				
3	-2062.4	-920.81	1.10	139.7				
4	-1710.8	-728.00	-11.81	142.2				
5	-1519.1	751.33	-9.33	108.9				
6	-1374.4	964.61	6.06	95.1	1.78	-0.797		75.7

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Zl.	$h_{c,ef}$ [cm]	A_{ceff} [cm ²]	ξ_1	A_p [cm ²]	A_s [cm ²]	$\rho_{p,ef}$ [%]	ρ_{tot} [%]
6	24.8	471.6	1.15	13.9	4.0	4.798	3.811

Risschnittkräfte und Dehnungen (Zustand II)								
Zl.	N _{ges} [kN]	M _{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			max. σ [N/mm ²]	XOI [cm]	φ _{eff}	ε _c [‰]	XOII [cm]	
3	-1710.8	-1208.33	4.07	120.7				
6	-1374.4	766.76	4.07	103.6				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite:

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	r _{sup} r _{inf}	σ _t [N/mm ²]	erf. As [cm ²]	vor. As [cm ²]
1	tA Lagerung	F	oben	1.05	-1.64	< -1.00 kein Nachweis	
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	-7.29	< -1.00 kein Nachweis	
3	tA Lager./Montage	F	oben	0.95	0.66	7.4	12.6
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	-11.81	< -1.00 kein Nachweis	
5	tE Nutzung	F	oben	1.05	-8.95	< -1.00 kein Nachweis	
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	10.05	<= 0 cm ²	

Zl.	D [mm]	xOIZ [cm]	A _p [cm ²]	ξ ₁	Steg				Gurt			
					k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]	k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]
3	20	29.5	0.0	0.00	0.80	0.13	561.4	1.0	0.80	0.55	783.1	6.3
6	16	46.6	5.6	1.15	0.80	0.29	884.7	3.4	--kein Gurt--			

xOIZ: Zugzone im Zustand I infolge Risschnittkräften

Duktilitätsbewehrung in der vorgedrückten Zugzone:

W _c [cm ³]	f _{ctm} [N/mm ²]	M _{cr} [kNm]	Z _s [cm]	erf. As [cm ²]	vor. As + A _p [cm ²]
89921	4.07	366.13	124.4	5.9	9.6

Spannungsnachweise GZG

Betonrandspannungen im Zustand I inf. Vorspannung, Kriechen, Schwinden u. Relaxation				
Zl.	infolge	σ _R Fertigteil		
		oben [N/mm ²]	unten [N/mm ²]	
1	Vsp Lösen Verankerung	4.22	-18.44	
2	ksr Lagerung	-0.02	1.07	
3	ksr Nutzung	0.75	1.19	

Tab. Betondruckspannungen

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _c Fertigteil	
				Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pk [N/mm ²]
1	tA Lagerung	F	--	-10.15	-10.15
2	tE Lagerung	F	--	-9.03	-9.03
3	tA Lager./Montage	F	--	-14.67	
4	tE Lager./Montage	F	--	-13.55	
5	tA Nutzung	F	++	-16.28	-11.05
6	tE Nutzung	F	++	-14.54	-9.83

Tab. Stahl- u. Betonzugspannungen

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _p	σ _s	σ _t	σ _p
				Sk,Pm [N/mm ²]	Sk,Pk [N/mm ²]	Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pm [N/mm ²]
1	tA Lagerung	F	+++	919.89	< 0	ZII	919.89
2	tE Lagerung	F	+++	877.13	< 0	ZII	877.13
3	tA Lager./Montage	F	----	905.59	3.82	1.10	
4	tE Lager./Montage	F	+++	862.83	< 0	1.08	
5	tA Nutzung	F	+++	1070.74	157.16	2.29	944.73
6	tE Nutzung	F	+++	1074.04	166.80	ZII	925.89

Pk= Vorspannung charakteristisch, Pm= Vorspannung Mittelwert, ZII: Zustand II

gewählter Schnitt x = 1.00 m vom linken Auflager

Schnittkraftkombinationen aus äußerer Belastung
LEw: vorherrschende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung)
GZT-PT: ständige + vorübergeh. Bemessungssituation (Grundkombination)
Montage mit $\gamma_G = 1.15$
GZG-Sk : seltene (= charakteristische) Kombination
GZG-Hk : häufige Kombination
GZG-Qk : quasi-ständige Kombination

maximales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	162.93	120.67	120.67	120.67
Lager./Montage	-4.35	-4.35	-4.35	-4.35
Nutzung	475.83	344.93	289.74	277.27
LEw	10	10	10	-

minimales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	120.65	120.67	120.67	120.67
Lager./Montage	-5.00	-4.35	-4.35	-4.35
Nutzung	277.25	277.27	277.27	277.27
LEw	-	-	-	-

maximale Querkraft: [kN]

	GZT-PT
Lagerung	158.5
Lager./Montage	-8.7
Nutzung	460.6
LEw	10

Wirksame Spannglieder (Vorspannung Spannbettzustand für t=t0(Lag))

Lage Nr.	Anz.	Fläche A_p [cm ²]	Abstand v.UK [cm]	Vorspannung		Spannkraft		Kurzzeit-Relaxation [N/mm ²]
				max [N/mm ²]	min [N/mm ²]	max [kN]	min [kN]	
1	3	2.8	8.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
2	3	2.8	12.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
3	3	2.8	16.1	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
4	3	2.8	19.9	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
5	3	2.8	23.7	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
6	3	2.8	27.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
7	3	2.8	31.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
8	1	0.9	35.1	960.00	960.00	89.3	89.3	-40.00

Kriechverluste infolge Wärmebehandlung unberücksichtigt (nutzerdef.)

Schlaffe Bewehrung

Lage	Anzahl	Durchm. [mm]	Fläche [cm ²]	UK [cm]
1	2	16	4.0	3.6
2	2	20	6.3	85.7
3	2	20	6.3	96.9

Querschnitt Fertigteil:

Querschnittsschichten von oben nach unten				
Nr	Breite [cm]	Abstand [cm]	Bemerkung	
1	60.0	0.0		
2	60.0	15.0		
3	19.0	23.2	Steganfang	
4	19.0	100.7	Stegende	

Querschnittswerte

	brutto			ideell		
	A_c [cm ²]	z_u [cm]	I_c [cm ⁴]	A_i [cm ²]	z_i [cm]	I_i [cm ⁴]
Fertigteilquerschnitt	2696.3	62.2	2560641	2856.7	61.1	2848818

Schnittkräfte aus wirksamer Vorspannung (Mittelwerte, Spannbettzustand)

Kriechabschn.	$N_{pm}^{(0)}$		$M_{pm}^{(0)}$		ϕ_{Fak} Fbt
	tA [kN]	tE [kN]	tA [kNm]	tE [kNm]	
Lager.	-1964.2	-1712.0	-795.34	-704.89	1.29
Nutzung	-1712.0	-1226.0	-704.89	-579.05	1.00

tA=Anfang, tE=Ende Kriechabschnitt
 ϕ_{Fak} : Erhöhungsfaktor Kriechzahl (nichtlineares Kriechen: > 1.0)

Spannstahl Relaxation			
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{p,r1}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,r2}$ [N/mm ²]	
1	-0.00	-0.00	
2	-0.00	-0.00	
3	-0.00	-0.00	
4	-0.00	-0.00	
5	-0.00	-0.00	
6	-0.00	-0.00	
7	-0.00	-0.00	
8	-0.00	-0.00	

Spannstahl, Verluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:			
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{p,csr1}^{(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,csr2}^{(0)}$ [N/mm ²]	
1	-99.32	-156.86	
2	-95.80	-153.87	
3	-92.28	-150.88	
4	-88.75	-147.88	
5	-85.23	-144.89	
6	-81.71	-141.90	
7	-78.19	-138.91	
8	-74.66	-135.92	

Betonstahlspannung infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:			
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{s,csr1}^{(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{s,csr2}^{(0)}$ [N/mm ²]	
1	-106.53	-164.84	
2	-28.48	-98.55	
3	-17.83	-89.51	

Biegung mit Längskraft im GZT

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	z [cm]	M_{Rd} [kNm]	M_{Ed} [kNm]	η (>1.0)	
1	tA Lagerung	F	oben	72.7	435.85	$M_{Ed} < 0$	entf.	#1
2	tE Lagerung	F	unten	75.4	2262.88	162.93	13.89	
3	tA Lager./Montage	F	oben	72.7	435.85	5.00	87.20	#1
4	tE Lager./Montage	F	unten	75.4	2262.88	$M_{Ed} < 0$	entf.	
5	tA Nutzung	F	oben	77.1	538.67	$M_{Ed} < 0$	entf.	
6	tE Nutzung	F	unten	75.1	2247.95	475.83	4.72	

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 \cdot f_{ck}$

Zwischenergebnisse : Bruchdehnungen und innere Kräfte										
Zl.	ϵ_c [%o]	ϵ_s [%o]	X [cm]	A_p [cm ²]	A_s [cm ²]	Z_p [kN]	Z_s [kN]	Dc [kN]	Dp [kN]	Ds [kN]
1	3.500	3.600	47.8	0.0	12.6	0.0	547.3	1685.0	-1314.5	165.9
2	3.500	15.400	18.0	20.5	4.0	2877.0	178.5	2739.3	0.0	334.7
3	3.500	3.600	47.8	0.0	12.6	0.0	547.3	1685.0	-1314.5	165.9
4	3.500	15.400	18.0	20.5	4.0	2877.0	178.5	2739.3	0.0	334.7
5	3.500	6.200	35.0	0.9	12.6	82.6	549.4	1692.9	-1227.2	162.6
6	3.500	16.200	17.3	20.5	4.0	2882.1	178.5	2634.7	0.0	383.1

Quertragfähigkeit

Bemessungswert Querkraft							
Zl.	Kriechabschnitt	Kombination	$V_{Ed,0}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	dV [kN]	infolge	
1	tA Lagerung	QMax	158.5	162.91	-10.7	Vccd	
2	tE Lagerung	QMax	158.5	162.91	-10.7	Vccd	
3	tA Lager./Montage	QMax	-8.7	-5.00	0.0	-----	
4	tE Lager./Montage	QMax	-8.7	-5.00	0.0	-----	
5	tA Nutzung	QMax	460.6	475.80	-31.4	Vccd	
6	tE Nutzung	QMax	460.6	475.80	-31.4	Vccd	

wirksamer Querschnitt										
Zl.	Quer-schnitt	Zug-zone	b_w [cm]	d [cm]	z [cm]	A_c [cm ²]	A_{sI} [cm ²]	σ_{cp} [N/mm ²]	V_{Rdc} [kN]	
1	F	unten	19.0	97.1	75.4	2696.3	24.5	4.59	210.1	
2	F	unten	19.0	97.1	75.4	2696.3	24.5	6.30	260.0	
3	F	oben	19.0	91.3	72.7	2696.3	12.6	4.59	179.7	
4	F	oben	19.0	91.3	72.7	2696.3	12.6	6.30	224.7	
5	F	unten	19.0	97.1	75.1	2696.3	24.5	6.30	260.0	
6	F	unten	19.0	97.1	75.1	2696.3	24.5	4.55	221.3	

Schubbemessung $v_1 = 0.750$										
Zl.	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,red}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	cot θ	asw [cm ² /m]	Bemerk.	aI [cm]	$V_{Rd,max}$ [kN]		
1	147.8	147.8	70.6	2.248	2.00	Min	84.8	915.7	#1	
2	147.8	147.8	96.1	1.820	2.48	Min	68.7	1428.3		
3	8.7	8.7	68.0	1.000	2.00	Min	45.6	1188.1	#1	
4	8.7	8.7	92.6	1.000	2.48	Min	45.6	1630.8		
5	429.3	429.3	95.7	1.907	6.89	Var	71.7	1386.0		
6	429.3	429.3	104.3	1.852	7.09	Var	69.6	1408.8		

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 * f_{ck}$

Nachweis der Begrenzung der Rissbreite im GZG

zul.Rissbreite: $w_k < 0.20$ mm, häufige Lastkombination

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	r_{sup} r_{inf}	max. σ_s [N/mm ²]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ [%o]	w_k [mm]	
1	tA Lagerung	F	oben	1.05	keine Rissbildung				
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt				
3	tA Lager./Montage	F	oben	1.05	59.09	80.63	0.177	0.01	
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt				
5	tA Nutzung	F	oben	1.05	keine Bew. i. ZZ < 4 cm				
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt				

Schnittkräfte und Dehnungen								
Zl.	N _{ges} [kN]	M _{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			max. σ [N/mm ²]	XOI [cm]	φ _{eff}	ε _c [%]	XOII [cm]	
1	-2062.4	-714.43	2.71	89.9				
2	-1626.4	-548.97	-17.46	90.6				
3	-2062.4	-839.45	4.45	85.6	0.00	-0.756		69.7
4	-1626.4	-673.99	-20.14	85.1				
5	-1797.5	-462.86	0.14	99.8	0.80	-0.698		101.6
6	-1164.7	-260.36	-9.66	105.7				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Zl.	h _{c,ef} [cm]	A _{ceff} [cm ²]	ξ ₁	A _p [cm ²]	A _s [cm ²]	ρ _{p,ef} [%]	ρ _{tot} [%]
3	10.3	620.5	1.29	0.0	6.3	1.013	1.013
5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.000	0.000

Risschnittkräfte und Dehnungen (Zustand II)

Zl.	N _{ges} [kN]	M _{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			max. σ [N/mm ²]	XOI [cm]	φ _{eff}	ε _c [%]	XOII [cm]	
1	-1626.4	-702.30	4.07	84.2				
3	-1626.4	-702.30	4.07	84.2				
5	-1164.7	-586.08	4.07	80.9				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite:

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	r _{sup} r _{inf}	σ _t [N/mm ²]	erf. A _s [cm ²]	vor. A _s [cm ²]
1	tA Lagerung	F	oben	0.95	1.94	4.8	12.6
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	-17.46	< -1.00 kein Nachweis	
3	tA Lager./Montage	F	oben	0.95	3.68	4.8	12.6
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	-20.14	< -1.00 kein Nachweis	
5	tA Nutzung	F	oben	0.95	-0.28	6.3	12.6
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	-8.48	< -1.00 kein Nachweis	

Zl.	D [mm]	xOIZ [cm]	A _p [cm ²]	ξ ₁	Steg				Gurt			
					k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]	k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]
1	20	16.5	0.0	0.00	0.80	0.00	313.8	0.0	0.80	0.58	557.5	4.8
3	20	16.5	0.0	0.00	0.80	0.00	313.8	0.0	0.80	0.58	557.5	4.8
5	20	19.8	0.0	0.00	0.80	0.00	376.0	0.0	0.80	0.65	668.0	6.3

xOIZ: Zugzone im Zustand I infolge Risschnittkräften

Duktilitätsbewehrung in der vorgedrückten Zugzone:

W _c [cm ³]	f _{ctm} [N/mm ²]	M _{cr} [kNm]	Z _s [cm]	erf. A _s [cm ²]	vor. A _s + A _p ' [cm ²]
41199	4.07	167.75	81.4	4.1	8.7

Spannungsnachweise GZG

Betonrandspannungen im Zustand I inf. Vorspannung, Kriechen, Schwinden u. Relaxation				
Zl.	infolge	σ _r Fertigteil		
		oben [N/mm ²]	unten [N/mm ²]	
1	Vsp Lösen Verankerung	4.18	-23.93	
2	ksr Lagerung	-0.37	2.82	
3	ksr Nutzung	-0.05	4.40	

Tab. Betondruckspannungen						
Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _c Fertigteil		
				Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pk [N/mm ²]	
1	tA Lagerung	F	--	-22.54	-22.54	#1
2	tE Lagerung	F	--	-19.57	-19.57	
3	tA Lager./Montage	F	--	-27.97*		
4	tE Lager./Montage	F	--	-21.75		
5	tA Nutzung	F	--	-14.37	-14.37	
6	tE Nutzung	F	+	-8.99	-9.93	

#1: wegen σ_c > 0.45* f_{ck}(t) erhöhte Kriechzahl

Tab. Stahl- u. Betonzugspannungen							
Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _p	σ _s	σ _t	σ _p
				Sk,Pm [N/mm ²]	Sk,Pk [N/mm ²]	Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pm [N/mm ²]
1	tA Lagerung	F	----	891.33	9.52	2.71*	891.33
2	tE Lagerung	F	-+--	825.67	< 0	2.32	825.67
3	tA Lager./Montage	F	----	903.55	59.09	ZII	
4	tE Lager./Montage	F	----	803.92	55.21	ZII	
5	tA Nutzung	F	+++	836.45	< 0	ZII	833.20
6	tE Nutzung	F	+++	715.55	< 0	ZII	712.29

Pk= Vorspannung charakteristisch, Pm= Vorspannung Mittelwert, ZII: Zustand II

gewählter Schnitt x = 3.60 m vom linken Auflager

Schnittkraftkombinationen aus äußerer Belastung
LEw: vorherrschende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung)
GZT-PT: ständige + vorübergeh. Bemessungssituation (Grundkombination)
Montage mit γ_G= 1.15
GZG-Sk : seltene (= charakteristische) Kombination
GZG-Hk : häufige Kombination
GZG-Qk : quasi-ständige Kombination

maximales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	543.37	402.48	402.48	402.48
Lager./Montage	-47.60	-47.60	-47.60	-47.60
Nutzung	1568.80	1137.42	956.56	915.69
LEw	10	10	10	-

minimales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	402.45	402.48	402.48	402.48
Lager./Montage	-54.74	-47.60	-47.60	-47.60
Nutzung	915.67	915.69	915.69	915.69
LEw	-	-	-	-

maximale Querkraft: [kN]

	GZT-PT
Lagerung	133.8
Lager./Montage	114.3
Nutzung	379.8
LEw	10

Wirksame Spannglieder (Vorspannung Spannbettzustand für t=t0(Lag))

Lage Nr.	Anz.	Fläche Ap [cm ²]	Abstand v.UK [cm]	Vorspannung		Spannkraft		Kurzzeit-Relaxation [N/mm ²]
				max [N/mm ²]	min [N/mm ²]	max [kN]	min [kN]	
1	3	2.8	8.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
2	3	2.8	12.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
3	3	2.8	16.1	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
4	3	2.8	19.9	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
5	3	2.8	23.7	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
6	3	2.8	27.5	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
7	3	2.8	31.3	960.00	960.00	267.8	267.8	-40.00
8	1	0.9	35.1	960.00	960.00	89.3	89.3	-40.00

Kriechverluste infolge Wärmebehandlung unberücksichtigt (nutzerdef.)

Schlaife Bewehrung

Lage	Anzahl	Durchm. [mm]	Fläche [cm ²]	UK [cm]
1	2	16	4.0	3.6
2	2	20	6.3	98.6
3	2	20	6.3	109.8

Querschnitt Fertigteil:

Querschnittsschichten von oben nach unten				
Nr	Breite [cm]	Abstand [cm]	Bemerkung	
1	60.0	0.0		
2	60.0	15.0		
3	19.0	23.2	Steganfang	
4	19.0	113.6	Stegende	

Querschnittswerte

	brutto			ideell		
	Ac [cm ²]	Zu [cm]	Ic [cm ⁴]	Ai [cm ²]	Zi [cm]	Ii [cm ⁴]
Fertigteilquerschnitt	2940.8	69.3	3618822	3101.3	68.2	4006279

Schnittkräfte aus wirksamer Vorspannung (Mittelwerte, Spannbettzustand)

Kriechabschn.	N _{pm} ⁽⁰⁾		tA [kNm]	M _{pm} ⁽⁰⁾		φFak Fbt
	tA [kN]	tE [kN]		tA [kNm]	tE [kNm]	
Lager.	-1964.2	-1770.3	-935.00	-867.95	1.00	
Nutzung	-1770.3	-1350.5	-867.95	-789.72	1.00	

tA=Anfang, tE=Ende Kriechabschnitt

φFak: Erhöhungsfaktor Kriechzahl (nichtlineares Kriechen: > 1.0)

Spannstahl Relaxation

Lage Nr.	Lager. Δσ _{p,r1} [N/mm ²]	Nutzung Δσ _{p,r2} [N/mm ²]
1	-0.00	-0.00
2	-0.00	-0.00
3	-0.00	-0.00
4	-0.00	-0.00
5	-0.00	-0.00
6	-0.00	-0.00
7	-0.00	-0.00
8	-0.00	-0.00

Spannstahl, Verluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:

Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{p,csr1(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,csr2(0)}$ [N/mm ²]
1	-67.63	-106.82
2	-66.08	-107.33
3	-64.53	-107.84
4	-62.98	-108.34
5	-61.43	-108.85
6	-59.88	-109.36
7	-58.33	-109.86
8	-56.78	-110.37

Betonstahlspannung infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:

Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{s,csr1(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{s,csr2(0)}$ [N/mm ²]
1	-71.41	-108.89
2	-31.70	-121.88
3	-27.02	-123.41

Biegung mit Längskraft im GZT

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	z [cm]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]	η (>1.0)	
1	tA Lagerung	F	oben	85.7	507.57	M _{Ed} < 0	entf.	#1
2	tE Lagerung	F	unten	88.2	2685.65	543.37	4.94	
3	tA Lager./Montage	F	oben	85.7	507.57	54.74	9.27	#1
4	tE Lager./Montage	F	unten	88.2	2685.65	M _{Ed} < 0	entf.	
5	tE Nutzung	F	oben	90.3	621.79	M _{Ed} < 0	entf.	
6	tE Nutzung	F	unten	87.9	2679.19	1568.80	1.71	

#1: fck(t)= 0.73 * fck

Zwischenergebnisse : Bruchdehnungen und innere Kräfte

Zl.	ε _c [‰]	ε _s [‰]	x [cm]	A _p [cm ²]	A _s [cm ²]	Z _p [kN]	Z _s [kN]	D _c [kN]	D _p [kN]	D _s [kN]
1	3.500	4.600	47.4	0.0	12.6	0.0	548.2	1673.2	-1317.1	165.9
2	3.500	17.800	18.1	20.5	4.0	2929.1	179.3	2751.8	0.0	338.3
3	3.500	4.600	47.4	0.0	12.6	0.0	548.2	1673.2	-1317.1	165.9
4	3.500	17.800	18.1	20.5	4.0	2929.1	179.3	2751.8	0.0	338.3
5	3.500	8.200	32.8	0.9	12.6	78.1	550.6	1589.9	-1104.1	162.7
6	3.500	18.600	17.4	20.5	4.0	2938.2	179.4	2658.6	0.0	403.1

Querkrafttragfähigkeit

Bemessungswert Querkraft

Zl.	Kriechabschnitt	Kombination	V _{Ed,0} [kN]	M _{Ed} [kNm]	dV [kN]	infolge
1	tA Lagerung	QMax	133.8	543.35	-30.5	V _{ccd}
2	tE Lagerung	QMax	133.8	543.35	-30.5	V _{ccd}
3	tA Lager./Montage	QMax	114.3	-54.74	0.0	-----
4	tE Lager./Montage	QMax	114.3	-54.74	0.0	-----
5	tA Nutzung	QMax	379.8	1568.78	-88.4	V _{ccd}
6	tE Nutzung	QMax	379.8	1568.78	-88.4	V _{ccd}

wirksamer Querschnitt

Zl.	Querschnitt	Zugzone	b _w [cm]	d [cm]	z [cm]	A _c [cm ²]	A _{sl} [cm ²]	σ _{cp} [N/mm ²]	V _{Rdc} [kN]
1	F	unten	19.0	110.0	88.2	2940.8	24.5	4.59	230.7
2	F	unten	19.0	110.0	88.2	2940.8	24.5	6.02	279.5
3	F	oben	19.0	104.2	85.7	2940.8	12.6	4.59	199.1
4	F	oben	19.0	104.2	85.7	2940.8	12.6	6.02	243.1
5	F	unten	19.0	110.0	87.9	2940.8	24.5	6.02	279.5
6	F	unten	19.0	110.0	87.9	2940.8	24.5	4.59	243.8

Schubbemessung $v_1 = 0.750$									
Zl.	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,red}$ [kN]	$V_{Rd,cc}$ [kN]	$\cot \theta$	a_{sw} [cm ² /m]	Bemerk.	a_l [cm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	
1	103.3	103.3	86.8	1.343	2.00	Min	59.3	1381.3	#1
2	103.3	103.3	114.2	1.088	2.48	Min	55.0	1972.1	
3	114.3	114.3	84.3	1.530	2.00	Min	65.6	1282.4	#1
4	114.3	114.3	110.9	1.239	2.48	Min	53.1	1878.6	
5	291.4	291.4	113.8	2.408	3.17	Var	105.8	1396.6	
6	291.4	291.4	121.8	2.413	3.16	Var	106.0	1394.6	

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 \cdot f_{ck}$

Nachweis der Begrenzung der Rissbreite im GZG

zul. Rissbreite: $w_k < 0.20$ mm, häufige Lastkombination

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	r_{sup} r_{inf}	$\max. \sigma_s$ [N/mm ²]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ [‰]	w_k [mm]
1	tA Lagerung	F	oben	1.05	Querschnitt überdrückt			
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			
3	tA Lager./Montage	F	oben	1.05	90.97	124.13	0.273	0.03
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			
5	tE Nutzung	F	oben	1.05	Querschnitt überdrückt			
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			

Schnittkräfte und Dehnungen

Zl.	N_{ges} [kN]	M_{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			$\max. \sigma$ [N/mm ²]	XOI [cm]	ϕ_{eff}	ϵ_c [‰]	XOII [cm]	
1	-2062.4	-579.28	-0.09	114.2				
2	-1681.8	-422.08	-12.61	119.7				
3	-2062.4	-1029.35	5.01	94.1	0.00	-0.775		69.2
4	-1681.8	-872.15	-20.27	93.1				
5	-1418.0	86.48	-5.55	257.2				
6	-1283.0	206.32	-0.62	125.7				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Zl.	$h_{c,ef}$ [cm]	A_{ceff} [cm ²]	ξ_1	A_p [cm ²]	A_s [cm ²]	$\rho_{p,ef}$ [%]	ρ_{tot} [%]
3	14.8	887.8	1.29	0.0	6.3	0.708	0.708

Risschnittkräfte und Dehnungen (Zustand II)

Zl.	N_{ges} [kN]	M_{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			$\max. \sigma$ [N/mm ²]	XOI [cm]	ϕ_{eff}	ϵ_c [‰]	XOII [cm]	
1	-1681.8	-838.38	4.07	94.1				
3	-1681.8	-838.38	4.07	94.1				
6	-1283.0	482.24	4.07	79.7				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite:

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	r_{sup} r_{inf}	σ_t [N/mm ²]	erf. A_s [cm ²]	vor. A_s [cm ²]
1	tA Lagerung	F	oben	0.95	-0.64	6.2	12.6
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	-12.61	< -1.00 kein Nachweis	
3	tA Lager./Montage	F	oben	0.95	4.45	6.2	12.6
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	-20.27	< -1.00 kein Nachweis	
5	tE Nutzung	F	oben	1.05	-4.62	< -1.00 kein Nachweis	
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	2.45	<= 0 cm ²	

Zl.	D [mm]	x0IZ [cm]	A _p [cm ²]	ξ ₁	Steg				Gurt			
					k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]	k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]
1	20	19.5	0.0	0.00	0.80	0.00	369.7	0.0	0.80	0.64	656.7	6.2
3	20	19.5	0.0	0.00	0.80	0.00	369.7	0.0	0.80	0.64	656.7	6.2
6	16	33.8	5.6	1.15	0.80	0.24	642.7	2.0	--kein Gurt--			

x0IZ: Zugzone im Zustand I infolge Risschnittkräften

Duktilitätsbewehrung in der vorgedrückten Zugzone:

W _c [cm ³]	f _{ctm} [N/mm ²]	M _{cr} [kNm]	Z _s [cm]	erf. A _s [cm ²]	vor. A _s + A _p ' [cm ²]
52204	4.07	212.56	92.9	4.6	8.7

Spannungsnachweise GZG

Betonrandspannungen im Zustand I inf. Vorspannung, Kriechen, Schwinden u. Relaxation			
Zl.	infolge	σ _R Fertigteil	
		oben [N/mm ²]	unten [N/mm ²]
1	Vsp Lösen Verankerung	4.26	-22.25
2	ksr Lagerung	-0.13	1.77
3	ksr Nutzung	0.47	2.69

Tab. Betondruckspannungen

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _c Fertigteil		#1
				Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pk [N/mm ²]	
1	tA Lagerung	F	--	-16.51	-16.51	#1
2	tE Lagerung	F	--	-14.66	-14.66	
3	tA Lager./Montage	F	--	-28.68*		
4	tE Lager./Montage	F	--	-23.96		
5	tA Nutzung	F	++	-8.97	-6.45	
6	tE Nutzung	F	++	-8.52	-6.01	

#1: wegen σ_c > 0.45 * f_{ck}(t) erhöhte Kriechzahl

Tab. Stahl- u. Betonzugspannungen

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _p Sk,Pm [N/mm ²]	σ _s Sk,Pk [N/mm ²]	σ _t Sk,Pk [N/mm ²]	σ _p Qk,Pm [N/mm ²]
2	tE Lagerung	F	---	852.87	< 0	ZII	852.87
3	tA Lager./Montage	F	----	902.53	90.97	ZII	
4	tE Lager./Montage	F	----	823.73	89.34	ZII	
5	tA Nutzung	F	+++	884.86	< 0	ZII	875.21
6	tE Nutzung	F	+++	789.90	< 0	2.45	775.38

Pk= Vorspannung charakteristisch, Pm= Vorspannung Mittelwert, ZII: Zustand II

gewählter Schnitt x = 0.08 m vom linken Auflager

Schnittkraftkombinationen aus äußerer Belastung
LEw: vorherrschende veränderliche Einwirkung (Leiteinwirkung)
GZT-PT: ständige + vorübergeh. Bemessungssituation (Grundkombination)
Montage mit γ_G= 1.15
GZG-Sk : seltene (= charakteristische) Kombination
GZG-Hk : häufige Kombination
GZG-Qk : quasi-ständige Kombination

maximales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	13.29	9.83	9.83	9.83
Lager./Montage	-0.17	-0.17	-0.17	-0.17
Nutzung	39.12	28.34	23.78	22.75
LEw	10	10	10	-

minimales Moment : [kNm]

	GZT-PT	GZG-Sk	GZG-Hk	GZG-Qk
Lagerung	9.80	9.83	9.83	9.83
Lager./Montage	-0.20	-0.17	-0.17	-0.17
Nutzung	22.73	22.75	22.75	22.75
LEw	-	-	-	-

maximale Querkraft: [kN]

	GZT-PT
Lagerung	166.7
Lager./Montage	-1.7
Nutzung	488.7
LEw	10

Wirksame Spannglieder (Vorspannung Spannbettzustand für t=t0(Lag))

Lage Nr.	Anz.	Fläche Ap [cm²]	Abstand v.UK [cm]	Vorspannung		Spannkraft		Kurzzeit-Relaxation [N/mm²]
				max [N/mm²]	min [N/mm²]	max [kN]	min [kN]	
1	3	2.8	8.5	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
2	3	2.8	12.3	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
3	3	2.8	16.1	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
4	3	2.8	19.9	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
5	3	2.8	23.7	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
6	3	2.8	27.5	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
7	3	2.8	31.3	628.58	410.32	175.4	114.5	-26.19
8	1	0.9	35.1	628.58	410.32	58.5	38.2	-26.19

Kriechverluste infolge Wärmebehandlung unberücksichtigt (nutzerdef.)

Schlaffe Bewehrung

Lage	Anzahl	Durchm. [mm]	Fläche [cm²]	UK [cm]
1	2	16	4.0	3.6
2	2	20	6.3	81.1
3	2	20	6.3	92.3

Querschnitt Fertigteil:

Querschnittsschichten von oben nach unten			
Nr	Breite [cm]	Abstand [cm]	Bemerkung
1	60.0	0.0	
2	60.0	15.0	
3	19.0	23.2	Steganfang
4	19.0	96.1	Stegende

Querschnittswerte

	brutto			ideell		
	Ac [cm²]	Zu [cm]	Ic [cm⁴]	Ai [cm²]	Zi [cm]	Ii [cm⁴]
Fertigteilquerschnitt	2609.7	59.6	2239971	2770.2	58.5	2496523

Schnittkräfte aus wirksamer Vorspannung (Mittelwerte, Spannbettzustand)

Kriech-abschn.	N _{pm} ⁽⁰⁾		M _{pm} ⁽⁰⁾		φ _{Fak} F _{bt}
	tA [kN]	tE [kN]	tA [kNm]	tE [kNm]	
Lager.	-1286.1	-733.0	-488.04	-286.73	1.01
Nutzung	-1122.9	-442.1	-439.25	-212.24	1.00

tA=Anfang, tE=Ende Kriechabschnitt
φ_{Fak}: Erhöhungsfaktor Kriechzahl (nichtlineares Kriechen: > 1.0)

Spannstahl Relaxation		
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{p,r1}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,r2}$ [N/mm ²]
1	-0.00	-0.00
2	-0.00	-0.00
3	-0.00	-0.00
4	-0.00	-0.00
5	-0.00	-0.00
6	-0.00	-0.00
7	-0.00	-0.00
8	-0.00	-0.00

Spannstahl, Verluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:		
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{p,csr1}^{(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{p,csr2}^{(0)}$ [N/mm ²]
1	-59.61	-148.12
2	-57.76	-144.76
3	-55.91	-141.39
4	-54.06	-138.03
5	-52.21	-134.66
6	-50.36	-131.30
7	-48.51	-127.94
8	-46.66	-124.57

Betonstahlspannung infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation:		
Lage Nr.	Lager. $\Delta\sigma_{s,csr1}^{(0)}$ [N/mm ²]	Nutzung $\Delta\sigma_{s,csr2}^{(0)}$ [N/mm ²]
1	-63.59	-156.37
2	-24.87	-85.96
3	-19.27	-75.79

Biegung mit Längskraft im GZT

Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	Zugzone	z [cm]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]	η (>1.0)	
1	tA Lagerung	F	oben	72.8	489.37	M _{Ed} < 0	entf.	#1
2	tE Lagerung	F	unten	69.7	2100.72	13.29	158.01	
3	tA Lager./Montage	F	oben	72.8	489.37	0.20	2470.80	#1
4	tE Lager./Montage	F	unten	69.7	2100.72	M _{Ed} < 0	entf.	
5	tA Nutzung	F	oben	70.7	544.50	M _{Ed} < 0	entf.	
6	tE Nutzung	F	unten	69.8	2083.11	39.12	53.25	

#1: f_{ck}(t) = 0.73 * f_{ck}

Zwischenergebnisse : Bruchdehnungen und innere Kräfte										
Zl.	ε _c [‰]	ε _s [‰]	x [cm]	A _p [cm ²]	A _s [cm ²]	Z _p [kN]	Z _s [kN]	D _c [kN]	D _p [kN]	D _s [kN]
1	3.500	6.000	34.0	0.9	12.6	60.5	549.3	1200.1	-756.5	165.9
2	3.500	14.600	17.9	20.5	4.0	2821.8	178.4	2727.2	0.0	330.9
3	3.500	6.000	34.0	0.9	12.6	60.5	549.3	1200.1	-756.5	165.9
4	3.500	14.600	17.9	20.5	4.0	2821.8	178.4	2727.2	0.0	330.9
5	3.500	8.600	26.7	6.5	12.6	435.6	551.5	1293.3	-476.4	162.5
6	3.500	15.400	17.1	20.5	4.0	2826.1	178.4	2618.2	0.0	370.7

Querkrafttragfähigkeit

Bemessungswert Querkraft						
Zl.	Kriechabschnitt	Kombination	$V_{Ed,0}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	dV [kN]	infolge
1	tA Lagerung	QMax	166.7	13.27	-0.9	Vccd
2	tE Lagerung	QMax	166.7	13.27	-0.9	Vccd
3	tA Lager./Montage	QMax	-1.7	-0.20	0.0	-----
4	tE Lager./Montage	QMax	-1.7	-0.20	0.0	-----
5	tA Nutzung	QMax	488.7	39.10	-2.8	Vccd
6	tE Nutzung	QMax	488.7	39.10	-2.8	Vccd

wirksamer Querschnitt									
Zl.	Quer-schnitt	Zug-zone	b_w [cm]	d [cm]	z [cm]	A_c [cm ²]	A_{sI} [cm ²]	σ_{cp} [N/mm ²]	V_{Rdc} [kN]
1	F	unten	19.0	92.5	69.7	2609.7	24.5	4.59	202.7
2	F	unten	19.0	92.5	69.7	2609.7	24.5	2.81	177.0
3	F	oben	19.0	86.7	72.8	2609.7	12.6	4.59	172.8
4	F	oben	19.0	86.7	72.8	2609.7	12.6	2.81	146.8
5	F	unten	19.0	92.5	69.8	2609.7	24.5	4.30	208.5
6	F	unten	19.0	92.5	69.8	2609.7	24.5	1.69	153.5

Schubbemessung $v_1 = 0.750$ Nachweis $V_{Rd,s}$ nicht erf., a_{sw} und $\cot \Theta$ vom letzten Bemessungsschnitt										
Zl.	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,red}$ [kN]	$V_{Rd,cc}$ [kN]	$\cot \Theta$	a_{sw} [cm ² /m]	Bemerk.	a_I [cm]	$V_{Rd,max}$ [kN]		
1	165.8	165.8	78.2	2.728	2.00	Min	95.1	736.5	#1	
2	165.8	165.8	104.6	2.209	2.48	Min	77.0	1175.4		
3	1.7	1.7	81.7	1.000	2.00	Min	43.4	1189.8	#1	
4	1.7	1.7	109.2	1.000	2.48	Min	43.4	1633.1		
5	485.9	485.9	98.0	1.743	9.19	Var	60.8	1351.3		
6	485.9	485.9	109.7	1.647	9.72	Var	57.5	1388.7		

#1: $f_{ck}(t) = 0.73 \cdot f_{ck}$

Nachweis der Begrenzung der Rissbreite im GZG

zul. Rissbreite: $w_k < 0.20$ mm, häufige Lastkombination

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	r_{sup} r_{inf}	$\max. \sigma_s$ [N/mm ²]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ [‰]	w_k [mm]
1	tA Lagerung	F	oben	1.05	keine Rissbildung			
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			
3	tA Lager./Montage	F	oben	1.05	keine Rissbildung			
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			
5	tA Nutzung	F	oben	1.05	keine Rissbildung			
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	Querschnitt überdrückt			

Schnittkräfte und Dehnungen								
Zl.	N_{ges} [kN]	M_{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			$\max. \sigma$ [N/mm ²]	X_{OI} [cm]	ϕ_{eff}	ϵ_c [‰]	X_{OII} [cm]	
1	-1350.4	-502.61	2.70	82.8				
2	-696.3	-262.57	-8.67	82.4				
3	-1350.4	-512.61	2.85	82.3				
4	-696.3	-272.57	-8.90	81.6				
5	-1179.0	-438.46	2.35	82.8				
6	-419.9	-177.84	-5.69	79.8				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Zl.	$h_{c,ef}$ [cm]	$A_{c,eff}$ [cm ²]	ξ_1	A_p [cm ²]	A_s [cm ²]	$\rho_{p,ef}$ [%]	ρ_{tot} [%]
-----	--------------------	-----------------------------------	---------	-----------------------------	-----------------------------	----------------------	---------------------

Risschnittkräfte und Dehnungen (Zustand II)								
Zl.	N _{ges} [kN]	M _{ges} [kNm]	Zustand I			Zustand II		
			max. σ [N/mm ²]	XOI [cm]	φ _{eff}	ε _c [‰]	XOII [cm]	
1	-696.3	-437.24	4.07	72.9				
3	-696.3	-437.24	4.07	72.9				
5	-419.9	-371.00	4.07	68.7				

XOI: Druckzonenhöhe im Zustand I XOII: Druckzonenhöhe im Zustand II

Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite:

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	Zug-zone	r _{sup} r _{inf}	σ _t [N/mm ²]	erf. As [cm ²]	vor. As [cm ²]
1	tA Lagerung	F	oben	0.95	1.44	6.5	12.6
2	tE Lagerung	F	unten	0.95	-8.67	< -1.00 kein Nachweis	
3	tA Lager./Montage	F	oben	0.95	1.59	6.5	12.6
4	tE Lager./Montage	F	unten	0.95	-8.90	< -1.00 kein Nachweis	
5	tA Nutzung	F	oben	0.95	1.18	7.5	12.6
6	tE Nutzung	F	unten	0.95	-5.58	< -1.00 kein Nachweis	

Zl.	D [mm]	xOIZ [cm]	A _p [cm ²]	ξ ₁	Steg				Gurt			
					k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]	k	k _c	A _{ct} [cm ²]	A _s [cm ²]
1	20	23.2	0.0	0.00	0.80	0.12	441.7	0.8	0.80	0.50	783.1	5.8
3	20	23.2	0.0	0.00	0.80	0.12	441.7	0.8	0.80	0.50	783.1	5.8
5	20	27.4	0.0	0.00	0.80	0.20	520.6	1.5	0.80	0.52	783.1	6.0

xOIZ: Zugzone im Zustand I infolge Risschnittkräften

Duktilitätsbewehrung in der vorgedrückten Zugzone:

W _c [cm ³]	f _{ctm} [N/mm ²]	M _{cr} [kNm]	Zs [cm]	erf. As [cm ²]	vor. As + A _p ' [cm ²]
37594	4.07	153.07	78.7	3.9	7.7

Spannungsnachweise GZG

Betonrandspannungen im Zustand I inf. Vorspannung, Kriechen, Schwinden u. Relaxation			
Zl.	infolge	σ _R Fertigteil	
		oben [N/mm ²]	unten [N/mm ²]
1	Vsp Lösen Verankerung	2.71	-16.09
2	ksr Lagerung	-0.15	1.73
3	ksr Nutzung	-0.11	4.28

Tab. Betondruckspannungen

Zl.	Kriechabschnitt	Quer-schnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _c Fertigteil		#1
				Sk,Pk [N/mm ²]	Qk,Pk [N/mm ²]	
1	tA Lagerung	F	--	-16.66	-16.66	#1
2	tE Lagerung	F	--	-14.84	-14.84	
3	tA Lager./Montage	F	--	-16.89		
4	tE Lager./Montage	F	--	-15.07		
5	tA Nutzung	F	--	-14.54	-14.54	
6	tE Nutzung	F	--	-10.04	-10.04	

#1: wegen σ_c > 0.45 * f_{ck}(t) erhöhte Kriechzahl

Tab. Stahl- u. Betonzugspannungen							
Zl.	Kriechabschnitt	Querschnitt	M _{Ed} + = Max - = Min	σ _p Sk,Pm [N/mm ²]	σ _s Sk,Pk [N/mm ²]	σ _t Sk,Pk [N/mm ²]	σ _p Qk,Pm [N/mm ²]
1	tA Lagerung	F	----	580.45	10.43	2.70*	580.45
2	tE Lagerung	F	-+--	321.05	< 0	2.54*	321.05
3	tA Lager./Montage	F	----	579.96	11.16	2.85	
4	tE Lager./Montage	F	-+--	320.56	< 0	2.69	
5	tA Nutzung	F	+++	540.23	< 0	2.35	539.95
6	tE Nutzung	F	+++	211.52	< 0	2.23	211.25

Pk= Vorspannung charakteristisch, Pm= Vorspannung Mittelwert, ZII: Zustand II

Kippsicherheitsnachweis (n. Stiglat)

Kippsicherheit im Einbauzustand $\eta = 1.69 < 2.00$
 rechnerisches Kippmoment: $M_{kipp} = 4657.51 \text{ kNm}$
 vorhandenes Moment : $M_{Ed} = 2763.72 \text{ kNm}$ ohne Vorspannung
 Kombination aus charakteristischen Werten

Zwischenwerte nach 'Beton- und Stahlbetonbau' 1985, H. 9,10,11
 $E_{cm} = 37000 \text{ N/mm}^2$ $G_{cm} = 14800 \text{ N/mm}^2$ I_t, I_y gemittelt
 $I_t = 208188 \text{ cm}^4$ $I_y = 394505 \text{ cm}^4$ nach Rafla
 $I_x = 11379011 \text{ cm}^4$ $A_k = 4664.5 \text{ MN}^2\text{cm}^4$ (I_t 60% da Z.II)
 $h_c = 1.58 \text{ m}$ $\beta_1 = 0.000$ $\beta_2 = 0.003$
 $k_1 = 3.540$ $k_2 = 1.000$ $k_3 = 0.920$
 $M_k = 7415.48 \text{ kNm}$ $W_{x0} = 123859 \text{ cm}^3$ $x = 20.20 \text{ m}$
 $\sigma_B = 52.87 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_T = 33.21 \text{ N/mm}^2$ $\lambda_v = 83.1$
 (σ_T nach Gl.62 errechnet !)

Eine ggf. erforderliche Torsionsbewehrung wird nicht vom Programm ermittelt

Kippsicherheitsnachweis im Montagezustand (n. Stiglat)

Höhe der Aufhängepunkte über UK Binder:
 links Hmh = 114.0 cm rechts Hmh = 114.0 cm

Montage mit Traverse

Kippsicherheit $\eta = 4.29 > 2.50$
 rechnerisches Kippmoment: $M_{kipp} = 2343.70 \text{ kNm}$
 vorhandenes Moment : $M_{Ed} = 546.28 \text{ kNm}$ ohne Vorspannung

Zwischenwerte nach 'Beton- und Stahlbetonbau' 1985, H. 9,10,11
 $\beta_4 = 0.000$ $\delta = 0.000$ $\gamma = 1.000$
 $f = 0.331 \text{ m}$ $A_k = 4664.5 \text{ MN}^2\text{cm}^4$ $p = 0.752$
 $j(\alpha) = 0.095$ $\alpha = 1.478$ $q_{kl} = 47.76 \text{ kN/m}$
 $W_{x0} = 148769 \text{ cm}^3$ $M_k = 2700.05 \text{ kNm}$ $x = 16.83 \text{ m}$
 $\sigma_B = 18.15 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_T = 15.75 \text{ N/mm}^2$ $\lambda_v = 141.8$

Verankerung durch Verbund (über dem linken Auflager)

$l_{pt2} = 0.53 \text{ m}$ Abstand erster Biegeriss $l_r = 3.37 \text{ m}$
 $\eta_{p2} = 1.40$ $f_{bpd} = 2.51 \text{ N/mm}^2$

x [m]	Z _p [kN]	Z _s [kN]	T _{Ed} [kN]	$\eta = (Z_p + Z_s) / T_{Ed}$	Ausn
0.15	902.7	178.4	525.4	2.06	0.49
0.20	1194.9	178.4	557.2	2.46	0.41
0.40	2389.8	178.3	684.9	3.75	0.27
0.60	2864.1	178.3	808.8	3.76	0.27
0.80	2865.4	178.3	921.7	3.30	0.30
1.00	2873.9	178.4	1030.8	2.96	0.34
1.20	2882.4	178.5	1133.0	2.70	0.37
1.40	2883.5	178.6	1235.2	2.48	0.40
1.60	2884.6	178.6	1337.4	2.29	0.44
1.80	2885.7	178.6	1439.5	2.13	0.47

Z_p: vom Spannstahl aufnehmbare Zugkraft
 Z_s: vom Betonstahl aufnehmbare Zugkraft
 T_{Ed}: zu verankernde Zugkraft

Nr. Lage	Abst. UK [cm]	XA [m]	σ_p [N/mm ²]	Gl.	l_{bpd} [m]	xk [m]	ΣZ_p [kN]	ΣZ_s [kN]	T_{Ed} [kN]	zus. As [cm ²]		
1	8.5	0.00	594.41	8.21	1.41							(PT)
2	12.3	0.00	607.36	8.21	1.40							(PT)
3	16.1	0.00	620.31	8.21	1.38							(PT)
4	19.9	0.00	633.26	8.21	1.37							(PT)
5	23.7	0.00	646.21	8.21	1.36							(PT)
6	27.5	0.00	659.15	8.21	1.35							(PT)
7	31.3	0.00	672.10	8.21	1.32							(PT)
8	35.1	0.00	685.05	8.21	1.31							(PT)

XA: Beginn des Verankerungsbereiches der Stahllage (Abst. von entspr. Binderseite)
 Gl. 8.21: Verankerungsbereich ungerissen, σ_p entsprechend Bild 8.17 bzw. 8.17DE (a)
 Gl. 8.21.1: Verankerungsbereich gerissen, σ_p entsprechend Bild 8.17DE (b)
 xk: maßgebender Schnitt im Verankerungsbereich der Lage (Abstand vom Bideranfang)
 zus. As: Für die Verankerung erforderliche zusätzliche schlaffe Bewehrung

Verankerung durch Verbund (über dem rechten Auflager)

$l_{pt2} = 0.53$ m Abstand erster Biegeriss $l_r = 3.37$ m
 $\eta_{p2} = 1.40$ $f_{bpd} = 2.51$ N/mm²

x [m]	Z_p [kN]	Z_s [kN]	T_{Ed} [kN]	$\eta = (Z_p + Z_s) / T_{Ed}$	Ausn
28.50	2885.7	178.6	1439.5	2.13	0.47
28.70	2884.6	178.6	1337.4	2.29	0.44
28.90	2883.5	178.6	1235.2	2.48	0.40
29.10	2882.4	178.5	1133.0	2.70	0.37
29.30	2873.9	178.4	1030.8	2.96	0.34
29.50	2865.4	178.3	921.7	3.30	0.30
29.70	2864.1	178.3	808.8	3.76	0.27
29.90	2389.8	178.3	684.9	3.75	0.27
30.10	1194.9	178.4	557.2	2.46	0.41
30.15	902.7	178.4	525.4	2.06	0.49

Z_p : vom Spannstahl aufnehmbare Zugkraft
 Z_s : vom Betonstahl aufnehmbare Zugkraft
 T_{Ed} : zu verankernde Zugkraft

Nr. Lage	Abst. UK [cm]	XA [m]	σ_p [N/mm ²]	Gl.	l_{bpd} [m]	xk [m]	ΣZ_p [kN]	ΣZ_s [kN]	T_{Ed} [kN]	zus. As [cm ²]		
1	8.5	0.00	594.41	8.21	1.41							(PT)
2	12.3	0.00	607.36	8.21	1.40							(PT)
3	16.1	0.00	620.31	8.21	1.38							(PT)
4	19.9	0.00	633.26	8.21	1.37							(PT)
5	23.7	0.00	646.21	8.21	1.36							(PT)
6	27.5	0.00	659.15	8.21	1.35							(PT)
7	31.3	0.00	672.10	8.21	1.32							(PT)
8	35.1	0.00	685.05	8.21	1.31							(PT)

XA: Beginn des Verankerungsbereiches der Stahllage (Abst. von entspr. Binderseite)
 Gl. 8.21: Verankerungsbereich ungerissen, σ_p entsprechend Bild 8.17 bzw. 8.17DE (a)
 Gl. 8.21.1: Verankerungsbereich gerissen, σ_p entsprechend Bild 8.17DE (b)
 xk: maßgebender Schnitt im Verankerungsbereich der Lage (Abstand vom Bideranfang)
 zus. As: Für die Verankerung erforderliche zusätzliche schlaffe Bewehrung

Spaltzugbewehrung am Bideranfang

$\gamma_{p,unfav} = 1.35$ $l_{disp} = 1.01$ m

Einleitungsbereich			Schnitt über der letzten wirksamen Spannliedlage						
Nr.	von [m]	bis [m]	Abst. UK [cm]	N_c [kN]	N_p [kN]	T_p [kN]	Faktor Interpolation	erf. As [cm ²]	
1	0.00	1.01	36.1	-1298.7	1767.7	469.0	0.406	5.9	

Die Spaltzugbewehrung ist im Bereich der verkürzten Eintragungslänge anzuordnen.
 verk. Eintragungslänge profil. Drähte o. Litzen 3/4 * $l_{disp} = 0.76$ m

Spaltzugbewehrung am Biderende

$\gamma_{p,unfav} = 1.35$ $l_{disp} = 1.01$ m

Nr.	Einleitungsbereich		Schnitt über der letzten wirksamen Spanngliedlage					
	von [m]	bis [m]	Abst. UK [cm]	N _c [kN]	N _p [kN]	T _p [kN]	Faktor Interpolation	erf. As [cm ²]
1	30.30	29.29	36.1	-1298.7	1767.7	469.0	0.406	5.9

Die Spaltzugbewehrung ist im Bereich der verkürzten Eintragungslänge anzuordnen.
verk. Eintragungslänge profil. Drähte o. Litzen 3/4*I_{disp}=0.76 m