

19 C Spannbettbinder

Allgemeine Beschreibung:

Das Programm „Spannbettbinder“ ermittelt für einen Einfeldbalken mit beidseitigen Kragarmen die Schnittkräfte, sowie vollautomatisch die erforderliche Anzahl der Spannglieder.

Die Spannglieder müssen waagrecht sein. Es ist ein Nachweis in maximal 20 Schnitten möglich. In den Kragarmen müssen die Spannglieder in Hüllrohren verlegt werden. Eine Übernahme von Lasten aus anderen Positionen ist nicht möglich. Die ermittelten Auflagerreaktionen können jedoch von anderen Positionen übernommen werden. Der Bemessung des Spannbettbinders liegt die DIN 4227 Ausgabe März 1989 zugrunde.

Programmablauf:

1. Eingabe der Systemwerte
2. Berechnung der Querschnittswerte
3. Eingabe der Belastung
4. Ermittlung der Schnittkräfte
5. Eingabe der Lagerungsbedingungen
6. Ermittlung der Schwind- und Kriechbeiwerte
7. Eingabe der Spannstahlkennwerte
8. Ermittlung und Optimierung der erf. Spannglieder
9. Ausgabe der ideellen Querschnittswerte
10. Ausgabe der Beton- und Spannstahlspannungen
11. Ausgabe der Spannungen im Montagelastfall
12. Ermittlung der Hauptspannungen
13. Nachweis der Rissesicherheit
14. Nachweis der Bruchsicherheit
15. Ermittlung der erforderlichen Verankerungslänge
16. Nachweis der Endverankerung
17. Nachweis der Verbundspannung
18. Ermittlung der Spaltzugbewehrung
19. Nachweis der Kippsicherheit
20. Ermittlung der Mindestbewehrung
21. Berechnung Bindervolumen, Bindergewicht, Schalfläche

Zusammenstellung der verwendeten Benennungen

l	=	Stützweite
l'	=	Abschnittslänge
Δh	=	Differenz zwischen Binderhöhe im First und am linken Auflager
a_1	=	Stegbreite
b_1	=	Binderhöhe
a_2	=	Untergurtbreite links bzw. rechts vom Steg
b_2	=	Untergurthöhe
a_3	=	Breite der Untergurtabschrägung
b_3	=	Höhe der Untergurtabschrägung
a_4	=	Breite der Obergurtabschrägung
b_4	=	Höhe der Obergurtabschrägung
a_5	=	Obergurtbreite links bzw. rechts vom Steg
b_5	=	Obergurthöhe
U	=	Querschnittsumfang
A	=	Querschnittsfläche
I_y	=	Trägheitsmoment
z_{bu}/z_{bo}	=	Lage der Schwerachse vom unteren/oberen Rand
h^*	=	1. Spanngliedlage vom unteren Rand
s	=	Schneelast
g	=	Ständige Last
p	=	Verkehrslast
P_g	=	Ständige Einzellast

Pp	=	Einzellast aus Verkehr
Qe	=	Querkraft aus Eigengewicht
Qg	=	Querkraft aus ständiger Last
Qminl	=	Minimale Querkraft links im Schnitt
Qminr	=	Minimale Querkraft rechts im Schnitt
Qmaxl	=	Maximale Querkraft links im Schnitt
Qmaxr	=	Maximale Querkraft rechts im Schnitt
Me	=	Moment aus Eigengewicht
Mg	=	Moment aus ständiger Last
Mmin	=	Minimales Moment
Mmax	=	Maximales Moment
max A1	=	Maximaler Auflagerdruck links
min A1	=	Minimaler Auflagerdruck links
max A2	=	Maximaler Auflagerdruck rechts
min A2	=	Minimaler Auflagerdruck rechts
def	=	Wirksame Körperdicke
t0	=	Wirksames Betonalter bei Beginn der Lagerung bzw. bei Einbau
t	=	Wirksames Betonalter zum Ende der Lagerung bzw. im Endzustand
kft0	=	Fließbeiwert nach Bild 1 DIN 4227 bei Beginn der Lagerung bzw. bei Einbau
kft	=	Fließbeiwert nach Bild 1 DIN 4227 zum Ende der Lagerung bzw. im Endzustand
kst0	=	Schwindbeiwert nach Bild 3 DIN 4227 bei Beginn der Lagerung bzw. bei Einbau
kst	=	Schwindbeiwert nach Bild 3 DIN 4227 zum Ende der Lagerung bzw. im Endzustand
kv(t-t0)	=	Beiwert nach Bild 2 DIN 4227
kef	=	Beiwert nach Tab. 8 DIN 4227
Phi f0	=	Grundfließzahl nach Tab. 8 DIN 4227
Phi t	=	Kriechzahl des Betons bei Lagerung bzw. Einbau nach DIN 4227 Gl. 4
eps s0	=	Grundswindmaß nach Tab. 8 DIN 4227
eps st	=	Schwindmaß des Betons bei Lagerung bzw. Einbau nach DIN 4227 Gl. 5
Dz	=	Durchmesser eines Spanngliedes
Az	=	Querschnitt eines Spanngliedes
Sigma-Zv(o)	=	Spannbettspannung der Spannglieder
Ai	=	Ideelle Querschnittsfläche
Ii	=	Ideeles Trägheitsmoment
Wiu	=	Ideeles Widerstandsmoment unten
Wio	=	Ideeles Widerstandsmoment oben
ziu	=	Ideelle Schwerpunktslage vom unteren Rand
zio	=	Ideelle Schwerpunktslage vom oberen Rand
v	=	Vorspannung
sk1	=	Schwinden und Kriechen bei der Lagerung
sk2	=	Schwinden und Kriechen im eingebauten Zustand
bu	=	Betonrandspannungen unten
bo	=	Betonrandspannungen oben
z1	=	Stahlspannung in der unteren Spanngliedlage
z2	=	Stahlspannung in der oberen Spanngliedlage
Em	=	Spannungen aus Montage bzw. Transportlastfall
Tau0G	=	Schubspannungen im Gebrauchszustand
SigXG	=	Betonspannungen im Gebrauchszustand
SiglG	=	Schiefe Hauptzugspannung im Gebrauchszustand
Tau0U	=	Schubspannung im Bruchzustand
SigXU	=	Betonspannung im Bruchzustand
SiglU	=	Schiefe Hauptzugspannung im Bruchzustand
SiglIU	=	Schiefe Hauptdruckspannung im Bruchzustand
o	=	oben
u	=	unten
Z	=	Betonzugkraft
Z-Sp	=	Spannkraftreserve im Spanndraht
Sig-z	=	Spannungsreserve im Spanndraht
Mu	=	Bruchmoment
z	=	Hebelarm der inneren Kräfte
K1	=	Verbundbeiwert d. Spannglieder gem. Zulassung
erf. l	=	Erforderliche Verankerungslänge
Tau1	=	Verbundspannung
Iz	=	Trägheitsmoment bezogen auf die z-Achse
It	=	Torsionsträgheitsmoment
G	=	Schubmodul des Betons
Cm	=	Wölbwiderstand
T'	=	Modifizierte Torsionssteifigkeit zur Berücksichtigung der Vorspannung

Tabelle der Verbundbeiwerte K1:

Betongüte:	B25	B35	B45	B55
Gerippter Spannstahl:	50	45	40	35
Prof.-Spannst./Litzen:	85	75	65	55

Das Programm besteht aus den Formaten:

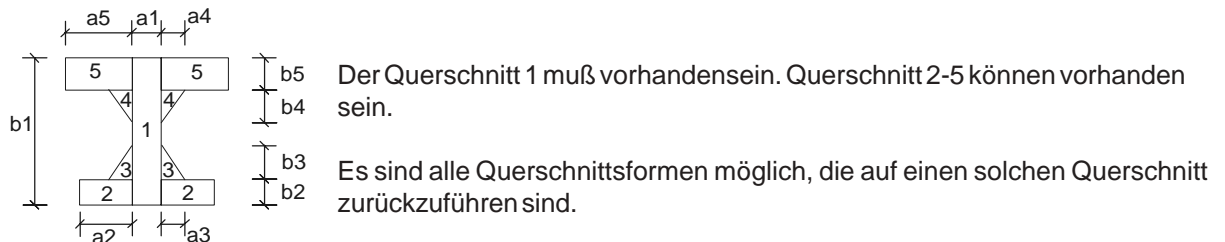
- 19C Systemeingabe
- 19F Belastung/Schnittkräfte
- 19I Bemessung
- 19L Hauptspannungen/Rissesicherheit
- 19O Bruchsicherheit/Kippsicherheit
- 19R Mindestbewehrung, Volumen, Gewicht, Fläche

Systemeingabe:

- Stützweite I
- Delta h
- Nr. des Schnittes im First mit Abstand vom linken Auflager

Das Maß Delta h muß nicht eingegeben werden, es dient nur zur automatischen Ermittlung der Binderhöhe in den einzelnen Schnitten. Wird h nicht eingegeben, ist die Querschnittshöhe in jedem Schnitt einzugeben. Es wird in diesem Fall jeweils die Höhe des vorherigen Schnittes vorgegeben.

Eingabe der Bindergeometrie:



h^* = Abstand der 1. Spanngliedlage vom unteren Rand. Hierdurch ist es möglich Stichhöhen einzugeben. Es sind maximal 20 Schnitte möglich. Der 2. und der vorletzte Schnitt dürfen nur maximal $b/2$ vom Auflager entfernt liegen, da diese Schnitte für die Ermittlung der Hauptspannungen und der Schubbewehrung maßgebend sind. Der 3. bzw. N-2. Schnitt sollten am Ende des Einleitungsbereiches liegen (ca. $b/2$ vom Auflager), da zwischen diesen Schnitten die Beton- und Stahlspannung nachgewiesen werden.

Anschließend werden vom Programm ermittelt:

- U = Umfang
- A = Querschnittsfläche
- I_y = Trägheitsmoment
- zbu-zbo = Lage der Schwerachse vom unteren bzw. oberen Rand

Belastung:

Es können Block- und Einzellasten eingegeben werden. Das Eigengewicht wird vom Programm automatisch ermittelt. Die Schneelast wird bei der Ermittlung der Schnittkräfte bei Bindern mit Kragarmen nicht als Wechsellast angesetzt.

Weitere Eingaben:

- Ständige Last g, Verkehrslast p, Einzellasten Pg, Pp
- Die Gleichlasten werden von Schnitt zu Schnitt eingegeben
- Einzellasten müssen in den Schnitten eingegeben werden.
- Bei Kragarmen: Eingabe der Schnittkräfte aus Kragarm (Qe, Qg, Qs, Qp, Me, Mg, Ms, Mp)

Schnittkräfte:

- Me - Schnittkräfte aus Eigengewicht
- Mg - Schnittkräfte aus ständiger Last
- Qmin, Mmin - Schnittkräfte aus minimaler Belastung
- Qmax, Mmax - Schnittkräfte aus maximaler Belastung
- A1, A2 - Auflagerreaktion links bzw. rechts

Kriechen und Schwinden:

Nach Eingabe der Baustoffe und der Lagerungsbedingungen werden die Schwind- und Kriechbeiwerte vom Programm automatisch ermittelt.

Die Ermittlung von kf erfolgt nach Beton- und Stahlbetonbau 5/1977:

$$k_f = \beta \cdot \sqrt[3]{\frac{t}{t + \psi}}$$

def	β	ψ
5	1,85	300
10	1,70	400
20	1,55	600
40	1,40	1000
80	1,25	1600
160	1,12	2800

Der Beiwert ks wird nach einer hieraus abgeleiteten Formel ermittelt:

$$k_s = \beta \cdot \sqrt[1,5]{\frac{t}{t + \psi}}$$

def	β	ψ
5	1,20	35
10	1,05	90
20	0,90	250
40	0,80	730
80	0,75	2400
160	0,70	8400

Die Ermittlung des Wertes kv erfolgt nach der Formel:

$$k_v(t-a) = \sqrt[5]{\frac{t-a}{t-a+750}} \quad \text{bei } t-a < 60 \text{ Tage}$$

$$k_v(t-a) = \sqrt[1,6]{\frac{t-a}{t-a+70}} \quad \text{bei } t-a > 60 \text{ Tage}$$

Die Werte Phi t und eps st werden nach den Formeln 4 und 5 der DIN 4227 berechnet.

Bemessung:

Eingaben:

- Stahlgüte der Spannglieder
- Spannstahldurchmesser
- E-Modul der Spannglieder
- Querschnittsfläche eines Spanngliedes
- die max. Anzahl Drähte pro Lage unten bzw. oben
- Abstand der oberen Spannglieder vom oberen Rand in Schnitt 1
- Abstand der Spanngliedlagen untereinander
- Schnitte, in denen die Aufhängung für den Transport erfolgen soll Anschließend ermittelt das Programm automatisch die erforderliche Anzahl der Spannglieder.

Folgende Kriterien werden hierbei berücksichtigt:

Binder ohne Kragarm :

1. Ermittlung der erforderlichen Spannglieder nach einer Überschlagsrechnung. Anschließend Ermittlung der Spannungen in allen Schnitten.
2. Bei Überschreiten der zulässigen Stahlspannung
 - im LF $v + E$ oder der zulässigen unteren Betonzugspannung
 - im LF $v + \max M + sk1 + sk2$
 Zugabe von einem Spannglied.
3. Bei Überschreiten der zulässigen oberen Betonzugspannung im LF $v + \min M + sk1 + sk2$ erfolgt eine Ermittlung von oberen Spanngliedern.
4. Bei Überschreiten der zulässigen unteren Betondruck- bzw. der zulässigen oberen Betonzugspannung im LF $v + E + sk1$ erfolgt eine Verringerung um 1 Spannglied in der unteren Lage im untersuchten Schnitt.

Binder mit Kragarm:

- 1.+2. Wie Binder ohne Kragarm.
3. Bei Überschreiten der zulässigen oberen Betonzugspannung
 - im LF $v + \min M + sk1 + sk2$
 - im LF $v + E + sk1$
 erfolgt eine Ermittlung der oberen Spannglieder.
4. Bei Überschreiten der zulässigen unteren Betondruckspannung im LF $v + E + sk1$ Verringerung um 1 Spannglied in der unteren Lage im untersuchten Schnitt.

Im Lastfall v bzw. $v+E$ können Überschreitungen der zulässigen Betonspannungen zugelassen werden. (DIN 1045/19.2, 4227/9.4)

Nach der Ermittlung der Spannungen erfolgt die Berechnung der Vorspannkraft, bei der im LF $v+E$ im ungünstigsten Schnitt die zulässige Stahlspannung erreicht wird.

Die Spannungen dieses Schnittes werden im Formular ausgegeben. Die Ausgabe der Spannungen aller Schnitte kann durch einen Zwischenausdruck erfolgen.

Weiter werden im Formular ausgegeben:

1. Die Spannkraft pro Draht im Spannbett
2. Die vorhandene Stahlspannung im Spannbett
3. Die Dehnung des Spanndrahtes pro m
4. Die Anzahl der Spannglieder in jedem Schnitt. Im Auflagerbereich sind ggf. Spannglieder ohne Verbund zu verlegen (Hüllrohre o.ä.)
5. Die ideellen Querschnittswerte ($A_i, l_i, W_{iu}, W_{io}, z_{iu}, z_{io}$)

Die Ermittlung der Spannungen im Montagelastfall erfolgt in den Aufhängepunkten für die Lastfälle $v+E$ montage und $v+E$ montage+ $sk1$.

Eine Beschränkung auf die zulässigen Betonspannungen erfolgt nicht. Bei Spannungsüberschreitung können andere Aufhängepunkte gewählt werden, oder eine Zulage aus schlaffer Bewehrung erfolgen. Wahlweise können jedoch auch die Spannglieder sowie die Vorspannkraft vorgewählt werden. Hierbei werden zunächst die unteren und oberen Spannglieder für jeden Schnitt vorgewählt. Anschließend werden die Vorspannkraft für den unteren und oberen Spannstrang je Spannglied eingegeben.

Bei der anschließenden Durchrechnung werden die ermittelten Spannungen der einzelnen Lastfälle auf die zulässigen Werte überprüft. Bei einer Überschreitung der zulässigen Spannungen können wahlweise die Spannglieder so wie die Vorspannkraft neu gewählt oder die Berechnung fortgesetzt werden.

Hauptspannungen:

Die Ermittlung der Hauptspannungen erfolgt in Zone a (d.h. Betonzugspannungen im rechn. Bruchzustand kleiner als die Höchstwerte nach DIN 4227 Abschnitt 12.3.1) nach Betonkalender 1982 Teil I „Bemessung von Spannbetonbauteilen“ Abschnitt 9.4.3. in Höhe der Schwerachse (siehe DIN 4227 Abschnitt 12.3.2.4). Eine Ausgabe der Hauptspannungen in 9 Höhenschnitten kann als Zwischenausdruck erfolgen.

Die Ermittlung der Spannungen in Zone b erfolgt nach DIN 4227 Abschnitt 9.4.5.

Doppelschnitte bei Querschnittsprüngen sind nicht möglich, da sich hierbei durch die Neigung der Schwerachse von 90 Grad unrealistische Hauptspannungen ergeben.

Die erforderliche Schubbewehrung ist in jedem Fall mit der Mindestbewehrung zu vergleichen.

Rissesicherheit:

Der Nachweis erfolgt nach DIN 4227 (Abs. 10.2) für die Lastfälle:

$$M_2 = \pm 15 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{E \cdot I}{d_o} \quad \text{bzw.} \quad g + p + 0.9 \quad (\text{bzw.} \quad 1.1) \cdot v + sk_1 + sk_2 + M_1$$

Nach Eingabe des Beiwertes r , der Stahlgüte und des Stabdurchmessers für eine evtl. Zusatzbewehrung, wird nach Formel 8 DIN 4227 überprüft, ob die vorh. Spannstahlbewehrung für die Rissesicherheit ausreichend ist. Ist dieses nicht der Fall, wird die Anzahl der Zulageeisen so lange erhöht, bis die Bedingungen erfüllt sind.

Bruchsicherheit:

Hier wird für die 1.75-fachen äußeren Lasten der Nachweis der Tragfähigkeit erbracht. Der Hebelarm der inneren Kräfte wird nach einem Iterationsverfahren ermittelt. (siehe BK 82 Seite 1181 und Thomsing „Spannbetonträger“)

Die Werte k_x und k_z werden nach Formeln berechnet, die aus dem Diagramm BK 82/I Seite 1176, Tafel Vb ermittelt wurden:

$$k_x = -\frac{mzu^3}{80000} - 0,0006 \cdot mzu^2 + 0,01975 \cdot mzu + 0,065 \quad , \quad k_z = -\frac{mzu^3}{200000} + \frac{mzu^2}{4000} - 0,009 \cdot mzu + 0,995$$

Ermittelt wird eine erforderliche Spannstahlbewehrung. Ist diese größer als die vorhandene Spannstahlbewehrung wird die Differenz durch schlaffe Bewehrung abgedeckt.

Verankerungslänge:

Die in einer Tabelle auf dem Bildschirm vorgeschlagenen Beiwerte K_1 entsprechen den neuen Verbundbeiwerten nach BK 82/I Seite 280.

Die Verankerungslänge wird nach DIN 4227 Abschnitt 14.2 ermittelt. Die Verankerung ist gewährleistet, wenn die Verankerungslänge in Zone a liegt.

Endverankerung:

Der Nachweis der Endverankerung erfolgt ebenfalls nach DIN 4227 Abschnitt 14.2. Hierbei wird die erforderliche Auflagerlänge der Spannglieder ab Vorderkante Auflager ermittelt. Ein Einhalten der Endverankerung ist jedoch nur erforderlich, wenn die Verankerungslänge nicht ausreichend ist.

Verbundspannung:

Der Nachweis der Verbundspannung erfolgt nach DIN 4227 Abschnitt 13. Die vorhandene Verbundspannung wird der zulässigen Verbundspannung gegenübergestellt.

Spaltzugbewehrung:

Der Nachweis der Spaltzugbewehrung erfolgt nach BK 82/I Seite 1202.

Kippsicherheit:

Hierbei wird die Gabellänge zugrunde gelegt. Der Kippsicherheitsnachweis erfolgt nach BK 82/II Seite 630 ff nach der Gleichung von Wlassow für einfach symmetrische Querschnitte mit den Abminderungsfaktoren nach Bild 93.

Mindestbewehrung:

Die Ermittlung erfolgt nach DIN 4227 Teil 1, Abs. 6.7. Die Spannglieder und die andere Bewehrung darf hier noch abgezogen werden, um die tatsächliche Zulage zu erhalten.

Haftung:

Das Programm wurde sorgfältig geprüft und ist in der praktischen Anwendung erprobt. Sollten trotzdem Fehler auftreten, so verpflichtet sich der Software-Ersteller zu kostenloser Fehlerbeseitigung, bzw. zum Rückkauf des Programmes, falls diese nicht möglich sein sollte.

Eine Haftung für Folgeschäden aus der Benutzung der Programme wird nicht übernommen.

Literatur:

- DIN 4227 Ausgabe März 1989
- Betonkalender 1982 Teil I und II
- Beton u. Stahlbetonbau 5/1977
- Thomsing „Spannbetonträger“ 1. Aufl. 1976

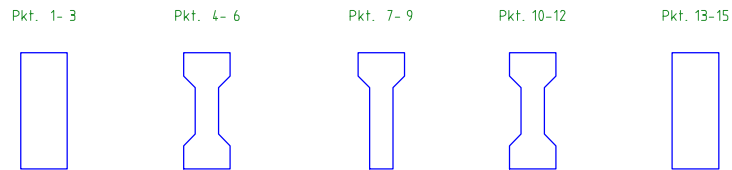
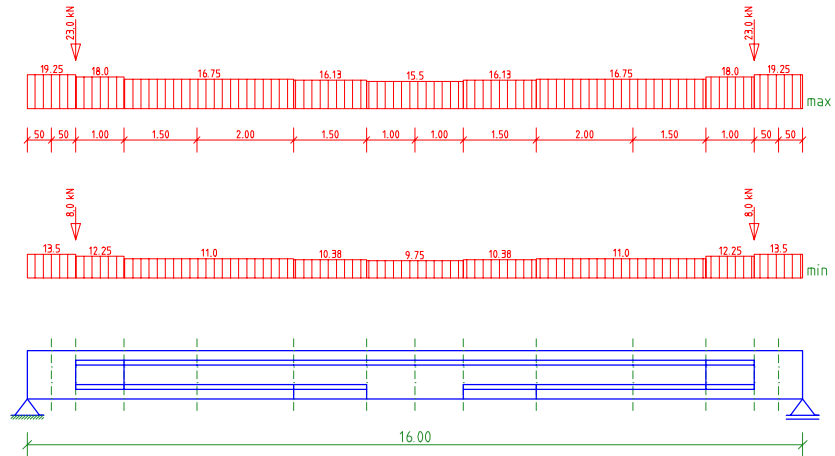
Aufgestellt:

Dipl.-Ing. Thomas Klarhorst
Dorstener Str. 4
33649 Bielefeld

Vertrieb
PBS Programmvertriebs-GmbH
Lange Wender 1
34246 Vellmar
Telefon: 0561 / 98 20 5 - 0

POS. 6 SPANNBETONBINDER '19C'

SYSTEM:



Stützweite: $l = 16.00 \text{ m}$

ABMESSUNGEN: (cm)

l' = Abschnittslänge a_1 = Stegbreite b_1 = Binderhöhe
 a_2 = U-Gurtbreite links u. rechts v. Steg b_2 = U-Gurthöhe
 a_3 = Breite Untergurtabschrägung b_3 = Höhe Untergurtabschr.
 a_4 = Breite Obergurtabschrägung b_4 = Höhe Obergurtabschr.
 a_5 = O-Gurtbreite links u. rechts v. Steg b_5 = O-Gurthöhe

Pkt	l'	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4	a_5	b_5
1	0	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	50	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	100	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
5	150	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
6	200	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
7	150	20.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	20.0
8	100	20.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	20.0
9	100	20.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	20.0
10	150	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
11	200	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
12	150	20.0	100.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
13	100	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	50	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Pkt	l'	a1	b1	a2	b2	a3	b3	a4	b4	a5	b5
15	50	40.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

QUERSCHNITTSWERTE: (h*=1. Spanngliedlage v. unteren Rand)

Pkt	U(cm)	A(cm ²)	Iy(dm ⁴)	zbu(cm)	zbo(cm)	h*(cm)
1	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0
2	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0
3	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0
4	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
5	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
6	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
7	268.3	2500.0	225.2289	57.47	-42.53	6.0
8	268.3	2500.0	225.2289	57.47	-42.53	6.0
9	268.3	2500.0	225.2289	57.47	-42.53	6.0
10	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
11	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
12	296.6	3000.0	311.6667	50.00	-50.00	6.0
13	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0
14	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0
15	280.0	4000.0	333.3333	50.00	-50.00	6.0

BELASTUNGEN: (kN/m, kN)

Schnee: s = 0.75 kN/m

Pkt	Eigengew.	g	p	Pkt	Pg	Pp
1- 2	10.00	3.50	5.00			
2- 3	10.00	3.50	5.00	2	0.00	0.00
3- 4	8.75	3.50	5.00	3	8.00	15.00
4- 5	7.50	3.50	5.00	4	0.00	0.00
5- 6	7.50	3.50	5.00	5	0.00	0.00
6- 7	6.88	3.50	5.00	6	0.00	0.00
7- 8	6.25	3.50	5.00	7	0.00	0.00
8- 9	6.25	3.50	5.00	8	0.00	0.00
9-10	6.88	3.50	5.00	9	0.00	0.00
10-11	7.50	3.50	5.00	10	0.00	0.00
11-12	7.50	3.50	5.00	11	0.00	0.00
12-13	8.75	3.50	5.00	12	0.00	0.00
13-14	10.00	3.50	5.00	13	8.00	15.00
14-15	10.00	3.50	5.00	14	0.00	0.00

SCHNITTKRÄFTE: (kN, kNm)

Pkt	Qminl	Qminr	Qmaxl	Qmaxr	Me	Mg	Mmin	Mmax
1	0.0	97.5	0.0	158.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2	90.8	90.8	148.9	148.9	29.5	17.5	47.0	76.8
3	84.0	76.0	139.3	116.3	56.5	34.2	90.8	148.9
4	63.8	63.8	98.3	98.3	103.7	57.0	160.7	256.2
5	47.3	47.3	73.1	73.1	159.5	84.5	244.1	384.9
6	25.3	25.3	39.6	39.6	207.6	109.0	316.7	497.7
7	9.7	9.7	15.5	15.5	224.8	118.2	343.0	539.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	227.9	120.0	347.9	546.9

Punkt:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
unten	7	7	7	7	7					
oben	0	0	0	0	0					

IDEELLE QUERSCHNITTSWERTE:

Pkt	Ai (cm ²)	Ii (cm ⁴)	Wiu (cm ³)	Wio (cm ³)	ziu (cm)	zio (cm)
2	4036.9	3399391	68520	-67463	49.61	-50.38
3	4036.9	3399391	68520	-67463	49.61	-50.38
4	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
5	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
6	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
7	2536.9	2343124	41296	-54162	56.73	-43.26
8	2536.9	2343124	41296	-54162	56.73	-43.26
9	2536.9	2343124	41296	-54162	56.73	-43.26
10	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
11	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
12	3036.9	3182523	64315	-62999	49.48	-50.51
13	4036.9	3399391	68520	-67463	49.61	-50.38
14	4036.9	3399391	68520	-67463	49.61	-50.38

SPANNUNGEN: (N/mm²) (Ausgegeben wird der Schnittpunkt mit den max.Spannungen d. unt. Spanngl.)

Schnitt	Sigma	bu	bo	z1	z2
10	v	-6.85	2.35	847.97	0.00
	E	3.23	-3.30	15.53	0.00
	g	1.69	-1.73	8.15	0.00
	min M	4.92	-5.03	23.69	0.00
	max M	7.74	-7.90	37.23	0.00
	sk1	0.23	-0.08	-27.87	0.00
.	sk2	0.65	-0.22	-80.11	0.00

Summe:	v	-6.85	2.35	847.97	0.00
	v+E	-3.63	-0.95	863.50	0.00
	v+E+sk1	-3.40	-1.02	835.63	0.00
	v+E+g+sk1	-1.71	-2.75	843.78	0.00
	v+min M+sk1+sk2	-1.06	-2.98	763.68	0.00
	v+max M+sk1+sk2	1.76	-5.85	777.22	0.00

zul. Spannungen	-18/+4.0	-16/+4.0	863.50	863.50
-----------------	----------	----------	--------	--------

SPANNUNGEN IM MONTAGELASTFALL: (N/mm²)

Aufhängung in Punkt	2	und 14	Montagebew.	BSt 500 S
Punkt	Sigma	buEm	boEm	erf As (cm ²)
2	v+Em	-6.04	2.64	4.19

.	v+Em+sk1	-5.78	2.53	4.01	.
14	v+Em	-6.04	2.64	4.19	.
.	v+Em+sk1	-5.78	2.53	4.01	.
zul. Spannungen		-19.00	5.00		.

 HAUPTSPANNUNGEN: (N/mm²) (in der Nulllinie) As(cm²/m)

zul.Sig IG= 2.6 IU= 8.0 IIU= 20.0 BSt 500 M

Ber.	Z	Tau0G	SigXG	SigIG	Tau0U	SigXU	SigIU	SigIIU	As
2-3	a	0.55	-1.39	0.19	0.97	-1.40	0.50	2.83	0.00
3-4	a	0.50	-1.42	0.16	0.91	-1.43	0.44	2.66	0.00
4-5	a	0.69	-1.91	0.22	1.24	-1.94	0.60	3.61	0.00
5-6	b	0.41			0.72				0.00
6-7	b	0.22			0.39				0.00
7-8	b	0.08			0.15				0.00
8-9	b	0.08			0.15				0.00
9-10	b	0.22			0.39				0.00
10-11	b	0.41			0.72				0.00
11-12	a	0.69	-1.91	0.22	1.24	-1.94	0.60	3.61	0.00
12-13	a	0.50	-1.42	0.16	0.91	-1.43	0.44	2.66	0.00
13-14	a	0.55	-1.39	0.19	0.97	-1.40	0.50	2.83	0.00

NACHWEIS DER RISSESICHERHEIT: BSt 500 S r = 150

Pkt.	Lg.	Mr (kNm)	Z (kN)	z (cm)	d-x (cm)	Sig.S (N/mm ²)	a	ds	zul. ds
2	o	-440.6	-386.9	87.8	80.0	109.9	7	8	13
	u	0.0							
3	o	-171.5	-154.9	90.3	80.0	77.1	4	8	15
	u	0.0							
4	o	-59.3	-54.5	91.9	80.0	54.2	2	8	24
	u	102.9	92.2	89.6	80.0	11.7	-	-	>28
5	o	0.0							
	u	226.2	199.5	88.2	80.0	25.2	-	-	>28
6	o	0.0							
	u	334.4	291.5	87.2	80.0	36.8	-	-	>28
7	o	0.0							
	u	332.6	289.9	87.2	80.0	36.7	-	-	>28
8	o	0.0							
	u	339.8	296.0	87.1	80.0	37.4	-	-	>28
9	o	0.0							
	u	332.6	289.9	87.2	80.0	36.7	-	-	>28
10	o	0.0							
	u	334.4	291.5	87.2	80.0	36.8	-	-	>28
11	o	0.0							
	u	226.2	199.5	88.2	80.0	25.2	-	-	>28
12	o	-59.3	-54.5	91.9	80.0	54.2	2	8	24
	u	102.9	92.2	89.6	80.0	11.7	-	-	>28
13	o	-171.5	-154.9	90.3	80.0	77.1	4	8	15
	u	0.0							

Pkt. .	Lg.	Mr (kNm)	Z (kN)	z (cm)	d-x (cm)	Sig.S (N/mm ²)	a	ds (mm)	zul. ds
14	o u	-440.6 0.0	-386.9	87.8	80.0	109.9	7	8	13

NACHWEIS DER BRUCHSICHERHEIT:

Pkt. .	Mu (kNm)	z (cm)	vorh Az (cm ²)	erf Az (cm ²)	zul.Sig. (N/mm ²)	erf As (cm ²)
1	0.0	90.64	7.91	0.00	1420	0.00
2	134.4	90.64	7.91	1.04	1420	0.00
3	260.5	89.89	7.91	2.04	1420	0.00
4	448.3	89.07	7.91	3.54	1420	0.00
5	673.5	88.24	7.91	5.37	1420	0.00
6	870.9	87.60	7.91	7.00	1420	0.00
7	943.4	87.39	7.91	7.60	1420	0.00
8	957.0	87.35	7.91	7.71	1420	0.00
9	943.4	87.39	7.91	7.60	1420	0.00
10	870.9	87.60	7.91	7.00	1420	0.00
11	673.5	88.24	7.91	5.37	1420	0.00
12	448.3	89.07	7.91	3.54	1420	0.00
13	260.5	89.89	7.91	2.04	1420	0.00
14	134.4	90.64	7.91	1.04	1420	0.00
15	0.0	90.64	7.91	0.00	1420	0.00

VERANKERUNGSLÄNGE: $K_1 = 0$ siehe Spannstahlzulassung

links: erf. $l = 0$ cm < vorh. $l = 287$ cm (Zone a)

rechts: erf. $l = 0$ cm < vorh. $l = 287$ cm (Zone a)

ENDVERANKERUNG:

links: erf. Überst. über Auflagervorderkante = 0.0 cm

rechts: erf. Überst. über Auflagervorderkante = 0.0 cm

Die Endverankerung ist nur dann erforderlich, wenn die erf. Verankerungslänge > als die vorh. Verankerungslänge ist.

VERBUNDSPANNUNG:

vorh. $\tau_{ul} = 0.20$ N/mm² < zul. $\tau_{ul} = 1.2$ N/mm²

SPALTZUGBEWEHRUNG: BSt 500 M

Links:

Eintragungslänge $e = 100$ cm Verteilungslänge $e' = 75$ cm

unten: Schubkraft = 459.16 kN erf. $A_s = 5.35$ cm²

rechts:

Eintragungslänge $e = 100$ cm Verteilungslänge $e' = 75$ cm
 unten: Schubkraft = 459.16 kN erf. $A_s = 5.35$ cm²

NACHWEIS DER KIPPSICHERHEIT:

(Nach Betonkalender 1982 Teil 2 Seite 630 ff)

Nachweis in Schnitt: 8

$I_y =$	234.3125 dm ⁴	$I_z =$	17.83 dm ⁴
$I_t =$	47.0625 cm ⁴	$G =$	14800 N/mm ²
$C_m =$	90.67 dm ⁶	$T' =$	69777 Ncm ²
$p_{ki} =$	488.77 kN/m	vorh.p =	17.09 kN/m

Kippsicherheit $v_k = 28.60 > \text{erf. } v_k = 5.0$

MINDESTBEWEHRUNG: (Schlaaffe Bewehrung)

Bei der Längsbewehrung darf der Spannstahl als BSt 500 S mit angesetzt werden.

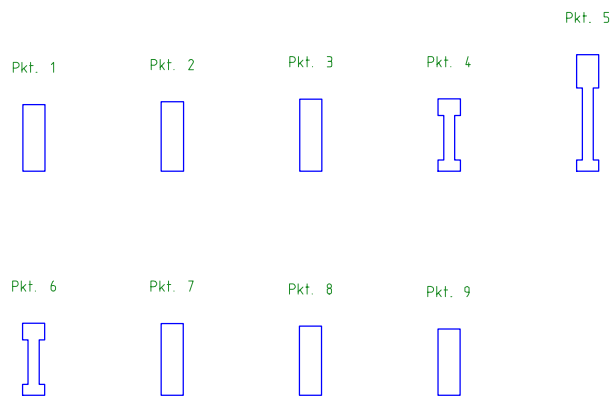
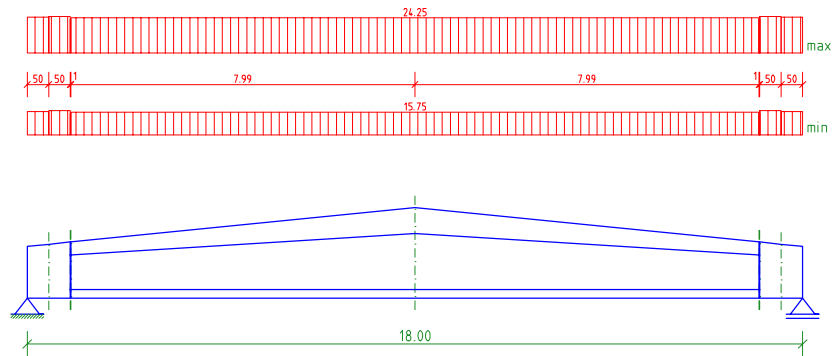
Schnitt	As oben (cm ²)	As unten (cm ²)	As seitlich (cm ² /m)	As Bügel (cm ² /m)
2	0.72	0.72	1.80	7.20
3	0.72	0.72	1.80	7.20
4	0.18	0.18	0.90	3.60
5	0.18	0.18	0.90	3.60
6	0.18	0.18	0.90	3.60
7	0.18	0.18	0.90	3.60
8	0.18	0.18	0.90	3.60
9	0.18	0.18	0.90	3.60
10	0.18	0.18	0.90	3.60
11	0.18	0.18	0.90	3.60
12	0.18	0.18	0.90	3.60
13	0.72	0.72	1.80	7.20
14	0.72	0.72	1.80	7.20

Bindervolumen: 4.9250 m³ Bindergewicht: 12312.50 kg

Schalfläche: 38.9397 m²

POS. 10 SPANNBETONBINDER

SYSTEM:



Stützweite: $l = 18.00 \text{ m}$

Dachneigung: links= 10.00% rechts= 10.00% Delta h=0.900 m

Scheitelpunkt in Schnitt 5 bei $l_1 = 9.00 \text{ m}$

ABMESSUNGEN: (cm)

l' =Abschnittslänge a_1 =Stegbreite b_1 =Binderhöhe
 a_2 =U-Gurtbreite links u. rechts v. Steg b_2 =U-Gurthöhe
 a_3 =Breite Untergurtabschrägung b_3 =Höhe Untergurtabschr.
 a_4 =Breite Obergurtabschrägung b_4 =Höhe Obergurtabschr.
 a_5 =O-Gurtbreite links u. rechts v. Steg b_5 =O-Gurthöhe

Pkt	l'	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4	a_5	b_5
1	0	40.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	50	40.0	125.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50	40.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	20.0	130.1	10.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	30.0
5	799	20.0	210.0	10.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	60.0
6	799	20.0	130.1	10.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	30.0
7	1	40.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Lagerungsbedingungen: Temp. Tage Einbau

in der Halle 25 Grad C 2 im Freien

im Freien 10 Grad C 60

Lagerung: def t0 t kft0 kft kst0 kst

 32.22 2.33 40.00 0.199 0.520 0.022 0.141

 kv(t-t0) kef Phi f0 Phi t eps s0 eps st

 0.544 1.500 1.500 0.699 -0.000240 -0.000028

Endzust.: def t0 t kft0 kft kst0 kst

 32.22 40.00 unend. 0.520 1.458 0.141 0.839

 kv(t-t0) kef Phi f0 Phi t eps s0 eps st

 1.000 1.500 1.500 1.808 -0.000240 -0.000167

BEMESSUNG: Spann Stahl: St 1420 / 1570 N/mm² Dz 12.0 mm

 E-Modul : 210000 N/mm² Az 1.13 cm²

Anzahl Drähte pro Lage : unten 8 , oben 2

Abst. der ob. Spanngl. vom ob. Rand in Schnitt 1: 5.0 cm

Abstand der Spannglieder untereinander : 3.6 cm

Spannkraft pro Draht (kN): unten 97.94 , oben 0.00

Sigma-Zv(o) (N/mm²): unten 866.7 , oben 0.0

Dehnung (cm/m): unten 0.413 , oben 0.000

ANZAHL DER SPANNDRÄHTE PRO SCHNITTPUNKT:

Punkt:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
unten	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
oben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IDEELLE QUERSCHNITTSWERTE:

Pkt	Ai (cm ²)	Ii (cm ⁴)	Wiu (cm ³)	Wio (cm ³)	ziu (cm)	zio (cm)
2	5027.1	6599598	106120	-105072	62.18	-62.81
3	5227.1	7420458	114710	-113616	64.68	-65.31
4	3629.1	6530232	97745	-103176	66.80	-63.29
5	5827.1	26022636	229358	-269548	113.45	-96.54
6	3629.1	6530232	97745	-103176	66.80	-63.29
7	5227.1	7420458	114710	-113616	64.68	-65.31
8	5027.1	6599598	106120	-105072	62.18	-62.81

SPANNUNGEN: (N/mm²) (Ausgegeben wird der Schnittpunkt mit den max.Spannungen d. unt. Spanngl.)

Schnitt	Sigma	bu	bo	z1	z2
5	v	-2.52	0.90	849.60	0.00
	E	2.08	-1.77	13.90	0.00
	g	0.71	-0.60	4.73	0.00
	min M	2.78	-2.37	18.62	0.00
	max M	4.28	-3.64	28.66	0.00
	sk1	0.02	-0.01	-7.97	0.00
	sk2	0.09	-0.03	-30.74	0.00
<hr/>					
Summe:	v	-2.52	0.90	849.60	0.00
	v+E	-0.45	-0.86	863.50	0.00
	v+E+sk1	-0.42	-0.87	855.53	0.00
	v+E+g+sk1	0.28	-1.47	860.25	0.00
	v+min M+sk1+sk2	0.37	-1.51	829.51	0.00
	v+max M+sk1+sk2	1.87	-2.78	839.55	0.00
<hr/>					
zul. Spannungen		-13/+3.0	-10/+3.0	863.50	863.50

 SPANNUNGEN IM MONTAGELASTFALL: (N/mm²)

Aufhängung in Punkt 2 und 8 Montagebew. BSt 500 S

Punkt	Sigma	buEm	boEm	erf As (cm ²)
2	v+Em	-2.90	1.37	2.85
	v+Em+sk1	-2.84	1.34	2.79
<hr/>				
8	v+Em	-2.90	1.37	2.85
	v+Em+sk1	-2.84	1.34	2.79
<hr/>				
zul. Spannungen		-14.00	4.00	.

 HAUPTSPANNUNGEN: (N/mm²) (in der Nulllinie) As (cm²/m)

zul.Sig IG= 1.8 IU= 5.5 IIU= 11.0 BSt 500 M

Ber.	Z	Tau0G	SigXG	SigIG	Tau0U	SigXU	SigIU	SigIIU	As
2-	3 a	0.54	-0.70	0.29	1.02	-0.70	0.73	2.98	0.00
3-	4 a	1.82	-0.69	1.51	1.30	-0.69	0.99	3.77	0.00
4-	5 a	0.90	-0.98	0.53	1.72	-0.99	1.29	3.47	0.00
5-	6 a	0.90	-0.98	0.53	1.72	-0.99	1.29	3.47	0.00
6-	7 a	1.82	-0.69	1.51	1.30	-0.69	0.99	3.77	0.00
7-	8 a	0.54	-0.70	0.29	1.02	-0.70	0.73	2.98	0.00

NACHWEIS DER RISSESICHERHEIT: BSt 500 S r = 150

Pkt.	Lg.	Mr (kNm)	Z (kN)	z (cm)	d-x (cm)	Sig.S (N/mm ²)	a	ds	zul. ds
2	o	-454.1	-505.0	111.2	80.0	111.6	9	8	17
	u	0.0							
3	o	-110.1	-132.6	120.4	80.0	65.9	4	8	21
	u	101.1	122.8	121.5	80.0	27.2	-	-	>28
4	o	-102.0	-123.0	120.6	80.0	81.6	3	8	15
	u	89.1	108.6	121.9	80.0	24.0	-	-	>28
5	o	0.0							
	u	808.3	1575.4	194.9	80.0	209.0	6	8	12
6	o	-102.0	-123.0	120.6	80.0	81.6	3	8	15
	u	89.1	108.6	121.9	80.0	24.0	-	-	>28
7	o	-110.1	-132.6	120.4	80.0	65.9	4	8	21
	u	101.1	122.8	121.5	80.0	27.2	-	-	>28
8	o	-454.1	-505.0	111.2	80.0	111.6	9	8	17
	u	0.0							

NACHWEIS DER BRUCHSICHERHEIT:

Pkt.	Mu (kNm)	z (cm)	vorh Az (cm ²)	erf Az (cm ²)	zul.Sig. (N/mm ²)	erf As (cm ²)
1	0.0	117.34	4.52	0.00	1420	0.00
2	186.2	117.34	4.52	1.11	1420	0.00
3	361.3	121.24	4.52	2.09	1420	0.00
4	364.7	121.33	4.52	2.11	1420	0.00
5	1719.3	196.71	4.52	6.15	1420	4.64
6	364.7	121.33	4.52	2.11	1420	0.00
7	361.3	121.24	4.52	2.09	1420	0.00
8	186.2	117.34	4.52	1.11	1420	0.00
9	0.0	117.34	4.52	0.00	1420	0.00

VERANKERUNGSLÄNGE: K1 = 0 siehe Spannstahlzulassung

 links: erf. l = 0 cm < vorh. l = 101 cm (Zone a)
 rechts: erf. l = 0 cm < vorh. l = 101 cm (Zone a)

ENDVERANKERUNG:

 links: erf. Überst. über Auflagervorderkante = 0.0 cm
 rechts: erf. Überst. über Auflagervorderkante = 0.0 cm

Die Endverankerung ist nur dann erforderlich, wenn die erf. Verankerungslänge > als die vorh. Verankerungslänge ist.

VERBUNDSPANNUNG:

 vorh. Tau1 = 0.13 N/mm² < zul. Tau1 = 1.8 N/mm²

SPALTZUGBEWEHRUNG: BSt 500 M

Links:

Eintragungslänge $e = 125$ cm Verteilungslänge $e' = 94$ cm
 unten: Schubkraft = 327.03 kN erf. As: 3.81 cm²

rechts:

Eintragungslänge $e = 125$ cm Verteilungslänge $e' = 94$ cm
 unten: Schubkraft = 327.03 kN erf. As: 3.81 cm²

NACHWEIS DER KIPPSICHERHEIT:

(Nach Betonkalender 1982 Teil 2 Seite 630 ff)

Nachweis in Schnitt: 5

$I_y = 2602.2637$ dm ⁴	$I_z = 51.33$ dm ⁴
$I_t = 333.3333$ cm ⁴	$G = 12000$ N/mm ²
$C_m = 2510.55$ dm ⁶	$T' = 400237$ Ncm ²
$p_{ki} = 1081.94$ kN/m	vorh.p = 24.26 kN/m

Kippsicherheit $vk = 44.60 > \text{erf. } vk = 5.0$

MINDESTBEWEHRUNG: (Schlafte Bewehrung)

Bei der Längsbewehrung darf der Spannstahl als BSt 500 S mit angesetzt werden.

Schnitt	As oben (cm ²)	As unten (cm ²)	As seitlich (cm ² /m)	As Bügel (cm ² /m)
2	0.48	0.48	1.20	4.80
3	0.48	0.48	1.20	4.80
4	0.12	0.12	0.60	2.40
5	0.12	0.12	0.60	2.40
6	0.12	0.12	0.60	2.40
7	0.48	0.48	1.20	4.80
8	0.48	0.48	1.20	4.80

Bindervolumen: 8.5210 m³ Bindergewicht: 21302.50 kg

Schalfläche: 64.6740 m²