

# 45K Mehrfeldstahlstütze My, Mz n. DIN 18800 (11.90)

## System:

1- bis 8-Feld-Stahldurchlaufstütze mit beliebiger Lagerung und 2-achsiger Beanspruchung.

## Leistungsumfang:

- Eingabe von bis zu 8 Feldern in Z- und Y-Richtung.
- Definition von bis zu 8 Stützenabschnitten (Stäben) mit konstantem Querschnitt.
- Berücksichtigung von Achsversätzen zwischen den Stäben.
- Freie Lageranordnung getrennt für beide Systemrichtungen (Lagertypen frei wählbar, auch Federn möglich).
- Definition von bis zu 9 Lastfällen, 9 Gruppierungen (Qi) für veränderliche und 3 Gruppierungen (Ai) für außergewöhnliche Einwirkungen.
- Ansatz von Einwirkungen gemäß DIN 18800 Teil 1:
  - Normalkraft in Stützenlängsrichtung unter Berücksichtigung von Exzentrizitäten
  - Horizontale Einzeleinwirkungen an beliebiger Stelle in y- und/oder z-Richtung
  - Horizontale Streckeneinwirkungen an beliebiger Stelle in y- und/oder z-Richtung
  - Momente um die y- und/oder z-Achse an beliebiger Stelle
- Berücksichtigung von Ersatzimperfektionen nach DIN 18800 Teile 2 EL.(204) - (205)
- Automatische Durchführung der Kombination nach DIN 18800 Teil 1 EL.(710) - (714).
- Nachweisverfahren *ELASTISCH - PLASTISCH*
- Bemessung für I-, U-, □-, □-, O- Querschnitte mit Bemessungsvorschlag durch das Programm.
- Stahlsorten nach DIN 17100: ST 37-2, USt 37-2, RSt 37-2, St 37-3, St 52-3 und freie Eingabe.
- Nachweis der Grenzwerte b/t bzw. d/t nach DIN 18800 Teil 1 Tab. 15.
- Auf Wunsch: Ermittlung der kritischen Verzweigungslasten ( $N_{ki,y}$ ,  $N_{ki,z}$ ) und der zugehörigen Knicklängen ( $sk_y$ ,  $sk_z$ ).
- Schnittweiser Tragsicherheitsnachweis gemäß DIN 18800 Teil 1.
- Schnittweise Biegedrillknickuntersuchung gemäß DIN 18800 Teil 2
- Zwischenausdruck der Schnittgrößen und Nachweise für jeden untersuchten Schnitt möglich.
- Ausgabe der maximalen Durchbiegungen, wahlweise mit oder ohne Berücksichtigung der Teilsicherheiten, für veränderliche und ständige oder nur ständige Beanspruchungen.

## Einwirkungen:

Für die Eingabe der Einwirkungen sind diese entsprechend DIN 18800 Teil 1 Abs. 7.2 zu klassifizieren:

G = *Ständige Einwirkungen*

E = *Einwirkungen aus Erddruck*; werden wie G behandelt, erhalten aber einen eigenen Teilsicherheitsbeiwert.

Q = *Veränderliche Einwirkungen*. Es können vor der eigentlichen Lasteingabe bis zu 9 Gruppen (Q1, Q2, ..., Q9) für veränderliche Einwirkungen definiert werden. Jede Gruppe erhält eine textliche Beschreibung und einen eigenen Kombinationsbeiwert  $\psi$ .

A = *Außergewöhnliche Einwirkungen*. Es können vor der eigentlichen Lasteingabe bis zu 3 Gruppen (A1, A2, A3) für außergewöhnliche Einwirkungen definiert werden. Jede Gruppe erhält eine textliche Beschreibung.

Die Erfassung der Einwirkungen erfolgt tabellarisch, getrennt nach Einzeleinwirkungen ( $N_x, H_y, H_z, M_y, M_z$ ) und Streckeneinwirkungen ( $h_y, h_z$ ).

Für das Eigengewicht des Profils, welches in allen Lastfällen für jeden Schnitt automatisch ermittelt wird, kann der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_G$  beliebig geändert werden. Wird  $\gamma_G = 0$  gesetzt, so wird das Eigengewicht des Profils bei der Bemessung nicht berücksichtigt. Für die Lastweiterleitung wird  $\gamma_G$  immer mit 1,00 berücksichtigt.

### Lastfälle:

Die Lastfälle werden durch die Kombinationen der DIN 18800 Teil 1 nahezu überflüssig, da jede Einwirkungsgruppe in einer eigenen Kombination gesondert berücksichtigt wird. Um aber zu vermeiden, daß sich bei der Gesamtkombination, bei der alle Qi berücksichtigt werden, Einwirkungen wie z.B. Wind von links und Wind von rechts gegeneinander aufheben, können bis zu 9 Lastfälle definiert werden, die *getrennt voneinander* betrachtet werden. Bei den einzelnen Nachweisen wird jeweils die maßgebende Kombination und der zugehörige Lastfall ausgegeben.

## Schnittgrößen:

Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt unter Anwendung der Kombinationsregeln der DIN 18800 Teil 1 Element (710) bis (714). nach Theorie I. und II. Ordnung. Auf Wunsch werden die kritischen Verzweigungslasten ( $N_{ki}$ ) für jeden Schnitt ermittelt. Bei einer Überschreitung erfolgt eine Warnmeldung. Für Stützenfelder mit gelenkiger Lagerung an beiden Enden wird bei der Berechnung von  $N_{ki}$  ein Knicklängenbeiwert ( $\beta$ ) von 1,00 angesetzt.

## Bemessung:

- Bemessungsschnitte:

- An allen Systemunstetigkeiten (Lager, Stabwechsel).
- An allen Unstetigkeitsstellen aus den Beanspruchungen.
- An allen Extrem- und Unstetigkeitsstellen der Schnittkraftverläufe beider Systemrichtungen.
- In vom Anwender eingegebenen Intervallabständen (kleine Intervalle verlängern die Rechenzeit !).

- Profilwahl:

Nach der Lagereingabe sind bis zu 8 Stützenabschnitte (Stäbe) mit konstantem Querschnitt zu definieren. Für die Vorbemessung können Achsversätze in Y- u. Z- Richtung eingeben werden. Bei der Profilwahl kann ein Profilvorschlag vom Programm gemacht werden. Bei diesem Vorschlag ist folgendes zu beachten:

- Es wird eine Tragsicherheits- und Biegedrillknickuntersuchung mit Standardparametern durchgeführt.
- Beim ersten Programmlauf werden Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung verwendet.
- Bei Korrekturläufen werden die Schnittgrößen aus der letzten Th. II. Berechnung zugrunde gelegt. Dies soll ein iteratives Herantasten an die endgültigen Profilquerschnitte ermöglichen.

Es stehen folgende Profiltypen zur Verfügung:

- I-Profile: I, IPE, IPEo, IPEv, IPEa, IPB S, IPB SB, HE-A, HE-B, HE-M, HE-AA, HE, HD, HL, HP, HX
- U-Profile: U, UPE
- Nahtlose Stahlrohre nach DIN 2448 / Febr. 1981
- Rechteck-Hohlprofile (warmgefertigt) nach DIN 59410 / Mai 1974
- Rechteck-Hohlprofile (kaltgefertigt) nach DIN 59411 / Juli 1978
- Quadrat-Hohlprofile (warmgefertigt) nach DIN 59410 / Mai 1974
- Quadrat-Hohlprofile (kaltgefertigt) nach DIN 59411 / Juli 1978

Nach der Profilwahl können die Achsexzentrizitäten der einzelnen Stäbe korrigiert werden. Dabei bietet das Programm die Möglichkeit die Stäbe automatisch zu zentrieren, links- oder rechtsbündig zu stellen oder die Exzentrizitäten frei einzugeben.

- Grenzwerte (b/t) bzw. (d/t):

Für jedes gewählte Profil wird der Grenzwert (b/t) bzw. (d/t) nach DIN 18800 Teil 1 Tab. 15 ermittelt und dessen Einhaltung überprüft.

- Tragsicherheit nach DIN 18800 Teil 1:

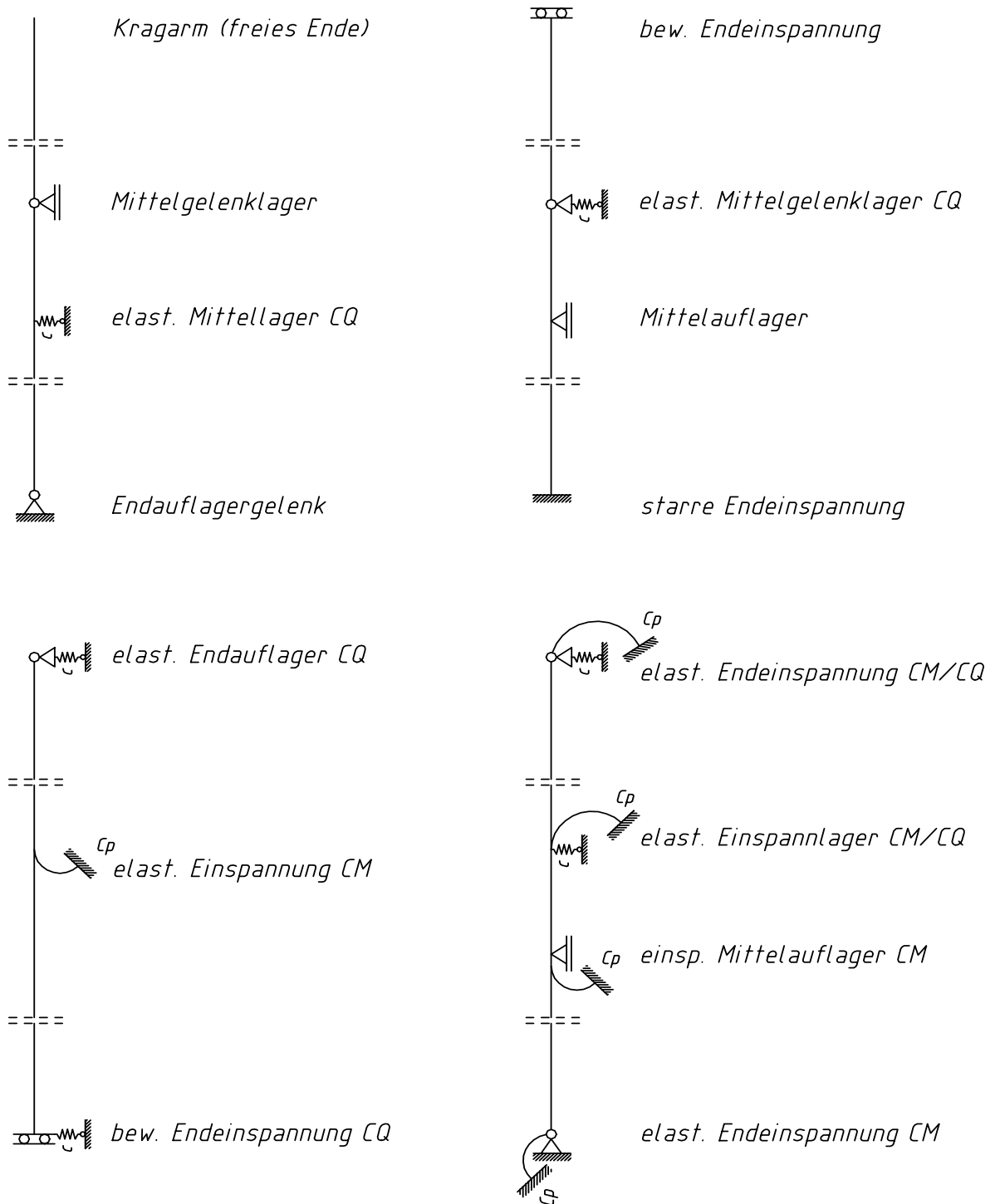
Es werden den einzelnen Beanspruchungen geeignete Teilflächen zugewiesen: Das Moment  $M_{y,d}$  wird symmetrisch den Teilflächen mit größtmöglichem Schwerpunktabstand zugeordnet. Die Querkraft  $V_{z,d}$  wird bei I-Profilen den Teilen des Stags zugewiesen, die nicht bereits durch Moment belegt sind. Die Normalkraft  $N_{x,d}$  füllt vom Schwerpunkt aus die restlichen Flächen, so daß keine Exzentrizität auftritt. Die Nachweiswerte  $f_{Nx}$ ,  $f_{My}$ ,  $f_{Vz}$  beschreiben das Verhältnis der vorhandenen Beanspruchungen zur beanspruchten (bzw. zugewiesenen) Fläche unter Berücksichtigung noch freier Teilflächen, die zum Abtragen solcher Beanspruchung geeignet wären.

- Biegedrillknicken nach DIN 18800 Teil 2:

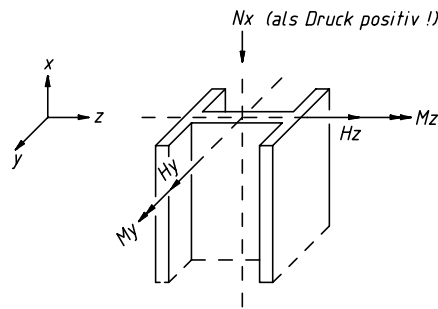
Es wird für jedes Stützenfeld (Lager in Z-Richtung) an allen Bemessungsstellen untersucht, ob der Nachweis nach DIN 18800 Teil 2 Abs. 3 entfallen kann, ob der vereinfachte Nachweis ausreicht oder der vollständige Nachweis geführt werden muß. Für jedes Feld wird das ungünstigste Ergebnis der durchgeführten Biegedrillknickuntersuchungen ausgegeben. Über eine Zwischendruckausgabe können die BDKN-Untersuchungen für jede Kombination und für jeden Bemessungsschnitt ausgegeben werden. Für Hohlprofile entfällt der Biegedrillknicknachweis.

### Lastweiterleitung:

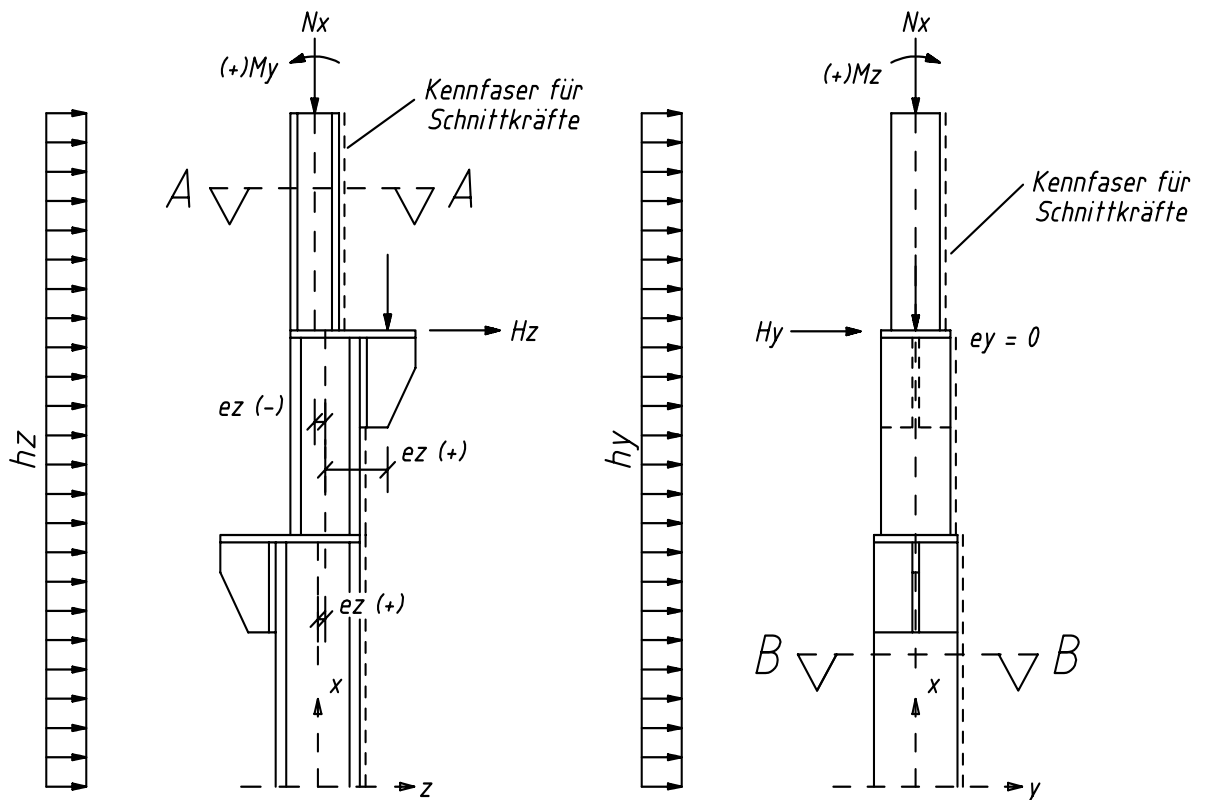
Für die Übernahme in andere Positionen werden für die Lastfälle 1 bis 4 die charakteristischen und Design-Schnittgrößen am Stützenfuß gespeichert. Charakteristische Übernahmewerte sind in Folgepositionen erneut mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu versehen. Der Anteil aus veränderlichen Einwirkungen ist einer Qi-Gruppe zuzuordnen. Schnittgrößen aus außergewöhnlichen Einwirkungen werden nicht gespeichert.



( Bild 1: Lagertypen )

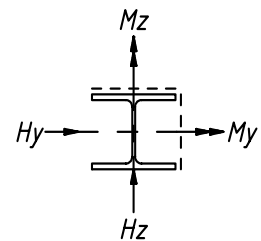
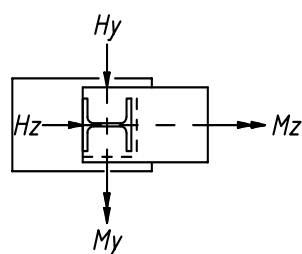


( Bild 2: Systemachsen )



*Schnitt A-A*

*Schnitt B-B*



( Bild 3: Einwirkungen )

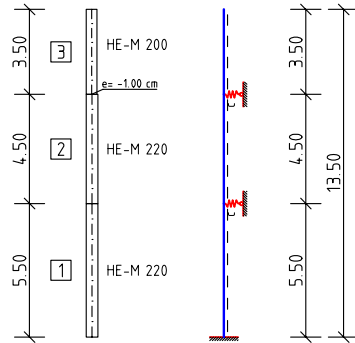
**Literatur:**

- DIN 18800 (11.90) Teil 1 und Teil 2
- LINDNER / SCHEER / SCHMIDT, Stahlbauten - Erläuterungen zur DIN 18800 T1 bis T4, Beuth · Ernst & Sohn

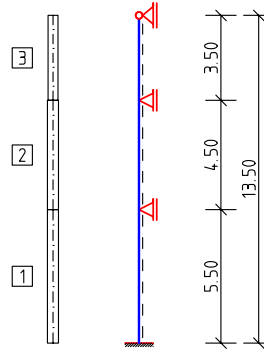
**POS . 28 MEHRFELDSTAHLSTÜTZE**

S Y S T E M: Gesamthöhe = 13.50 m, Bemessung 2-achsig

System in z-Richtung



System in y-Richtung



Erläuterung: CM = Drehfedersteifigkeit (kNm/cm/m)  
 CQ = Wegfedersteifigkeit (kN/cm)  
 H = Höhe in vertikaler Richtung (x-Achse)

H(m)	Bezeichnung Z-Lager	(— Federkonstanten —)
13.50	freies Ende (Kragarm)	
10.00	elast. Mittelaufleger	CQ = 80.00
5.50	elast. Mittelaufleger	CQ = 50.00
0.00	starre Endeinspannung	

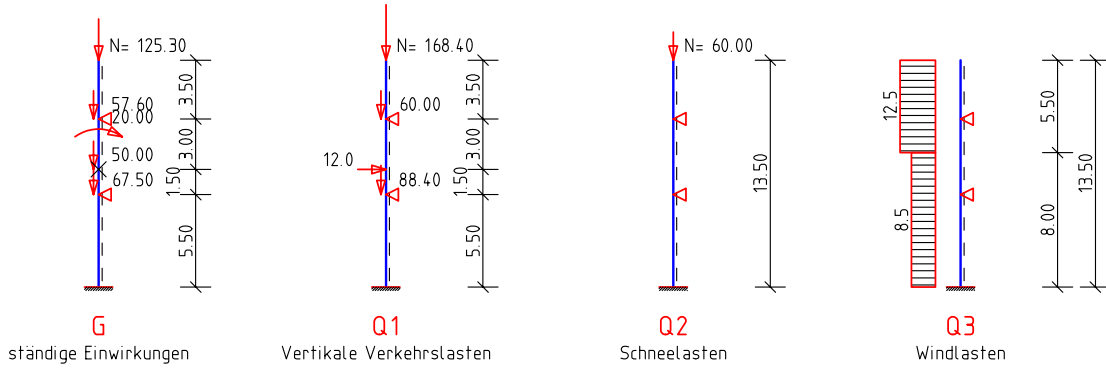
H(m)	Bezeichnung Y-Lager	(— Federkonstanten —)
13.50	Endauflagergelenk	
10.00	Mittelaufleger	
5.50	Mittelaufleger	
0.00	starre Endeinspannung	

 (Stab 1 = Unten)  $e_y, e_z$  = Achsversatz zu Vorstab

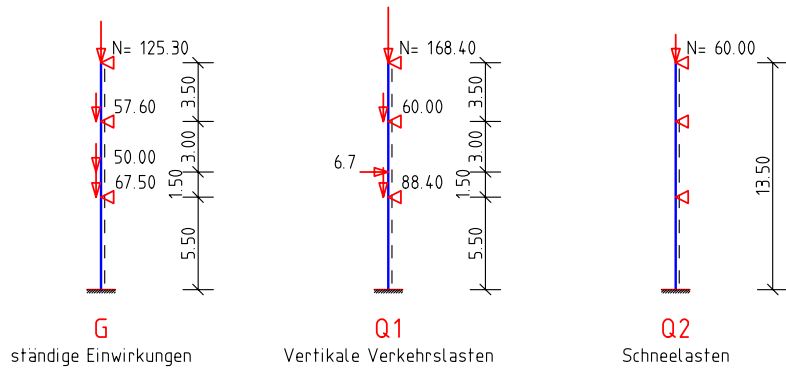
Stab-Nr:	1	2	3
$l_s$ (m) :	5.50	4.50	3.50
$e_z$ (cm) :	—	—	-1.0
$e_y$ (cm) :	—	—	—

E I N W I R K U N G E N :

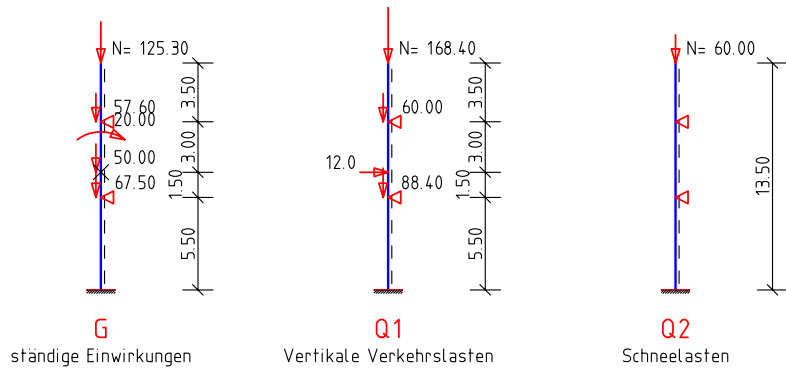
Lastfall 1, Einwirkungen (charak.) in Z-Richtung



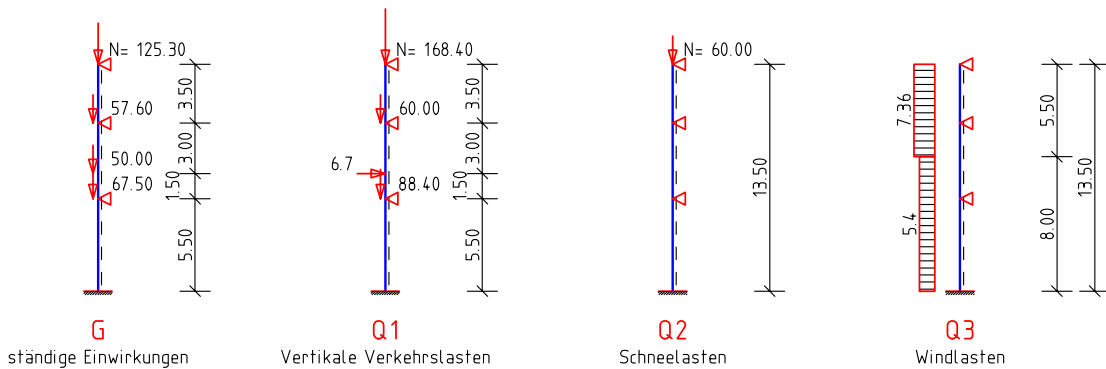
Lastfall 1, Einwirkungen (charak.) in Y-Richtung



Lastfall 2, Einwirkungen (charak.) in Z-Richtung



Lastfall 2, Einwirkungen (charak.) in Y-Richtung



GRUPPIERUNG DER VERÄNDERLICHEN EINWIRKUNGEN  $Q_i$ :

Nr.	Beschreibung	Psi
Q1	Vertikale Verkehrslasten	0.90
Q2	Schneelasten	0.90
Q3	Windlasten	0.90

LASTFALLBESCHREIBUNG:

LF 1 Vertikaleinwirkung + Wind von links (z-Richtung)  
 LF 2 Vertikaleinwirkung + Wind auf Giebel (y-Richtung)

 EINZELEINWIRKUNGEN: H, N (kN), M (kNm)

aus	LF	Höhe	Art,	GamF	Betrag	ez	ey
	(-)	(m)	Kla.	(-)	charakt.	(cm)	(cm)
Pos. 12 A 3	1-2	13.50	Nx,G	1.35	125.30	—	—
	1-2	13.50	Nx,Q1	1.50	168.40	—	—
Pos. 36 A 1	1-2	10.00	Nx,G	1.35	57.60	—	—
	1-2	10.00	Nx,Q1	1.50	60.00	—	—
Pos. 45 A 1	1-2	5.50	Nx,G	1.35	67.50	—	—
	1-2	5.50	Nx,Q1	1.50	88.40	—	—
Schnee	1-2	13.50	Nx,Q2	1.50	60.00	—	—
Kran	1-2	7.00	Nx,G	1.35	50.00	40.0	—
	1-2	7.00	Hx,Q1	1.50	12.00	—	—
	1-2	7.00	Hy,Q1	1.50	6.70	—	—

 STRECKENEINWIRKUNGEN: hy, hz (kN/m)

aus	LF	—Bereich—	Art,	GamF	charak.	Betrag
	(-)	Ho(m) Hu(m)	Kla.	(-)	oben	unten
Wind z-Richt.	1	13.50 - 8.00	hz,Q3	1.50	12.50	12.50
	1	8.00 - 0.00	hz,Q3	1.50	8.50	8.50
Wind y-Richt.	2	13.50 - 8.00	hy,Q3	1.50	7.36	7.36
	2	8.00 - 0.00	hy,Q3	1.50	5.40	5.40

## IMPERFEKTIONEN in Form von Ersatzbelastungen:

Vorkrümmung : Ersatzbelastung in ungünstigster Richtung mit Gleichgewichtsgruppen nach T2 El.(204)

Vorverdrehung:  $\Phi_0$  gemäß T2 El.(205), Imp.-Faktor: 1/200  
 n = Anzahl der Stiele in Rahmenebene  
 - = kein Ansatz von Vorverdrehungen  
 E = Stabkennzahl, siehe T2 El.(207)

z-Richtung	Ansatz	y-Richtung	Ansatz
H1(m)-H2(m)	n Vorkrümm.	H1(m)-H2(m)	n Vorkrümm.
13.50-10.00	3 bei $E > 1.6$	13.50-10.00	2 bei $E > 1.6$
10.00- 5.50	3 bei $E > 1.6$	10.00- 5.50	2 bei $E > 1.6$
5.50- 0.00	6 bei $E > 1.6$	5.50- 0.00	4 bei $E > 1.6$

WERKSTOFFDATEN St 37-2 , Erzeugnisdicke  $t \leq 40$  mm  
 Streckgrenze/Zugfestigkeit  $f_y, k/f_u, k = 240 / 360$  N/mm<sup>2</sup>  
 E/G-Modul = 210000 / 81000 N/mm<sup>2</sup>, Gamma M = 1.10

Teilsicherheit für das Profileigengewicht:  $\Gamma_G = 1.35$

STÜTZENQUERSCHNITT gewählt:

Stab	Profilbezeichnung	Stab	Profilbezeichnung
1	HE-M 220	3	HE-M 200
2	HE-M 220		

GRENZWERT b/t nach Tab.15 T1:

St	L/Ko	H (m)	Nd (kN)	Myd (kNm)	Mzd (kNm)	vorh./grenz(b/t)	
						(-)	(-)
1	2/Q	5.50	926.2	-1.6	-29.4	0.265	< 1.0
2	2/Q	10.00	641.1	16.9	-14.6	0.265	< 1.0
3	2/Q	12.63	478.7	3.1	8.3	0.241	< 1.0

TRAGSICHERHEIT DIN 18800 T1 (El-Pl), Theorie I+II.Ordnung

St	L/Ko	H (m)	Nd (kN)	Myd (kNm)	Mzd (kNm)	Vyd (kN)	Vzd (kN)	Trags. <= 1.0
1	1/Q	0.00	934.9	-57.1	22.9	-21.8	39.6	0.438
2	1/Q	10.00	641.1	-126.5	-4.8	-6.0	-68.2	0.573
3	1/Q	10.00	482.4	-131.3	-4.8	1.0	64.1	0.612

Ausnutzungsgrade (f) der Querschnittsflächenaufteilung:

St	f,Nx	f,My	f,Vz	f,Mz	f,Vy	St	f,Nx	f,My	f,Vz	f,Mz	f,Vy
1	0.40	0.27	0.44	0.22	0.03	2	0.34	0.49	0.57	0.05	0.01
3	0.36	0.61	0.58	0.08	0.00	-	—	—	—	—	—

Verzweigungslastfaktoren: min. nki,y/z = 4.091/ 7.498

BIEGEDRILLKNICKEN: (m, kN, kNm)

Z-Felder		Druckgurt		maßgebende Stelle			
Feld	Hu(m)-Ho(m)	zp	Abst.c(m)	L/Ko	Stab	x	ly
1	0.00- 5.50	-h/2	5.50	2/Q	1	0.00	5.50
2	5.50-10.00	-h/2	4.50	1/Q	2	10.00	4.50
3	10.00-13.50	-h/2	3.50	1/Q	3	10.00	3.50

Feld	Nd	My,d	Mz,d	Zeta	Nki,z	Mki,y
1	934.87	-6.64	-41.81	1.59	3432.66	1304.08
2	641.11	-126.49	-4.81	1.12	5127.81	1117.87
3	482.35	-131.31	-4.81	1.12	6175.55	1111.78

Feld	Lamb.M	Kaz	KaM	ky	kz	EL./Bed.	DIN 18800 T2
1	0.511	0.53	0.99	0.95	1.49	(323/30)	0.986 < 1.000
2	0.552	0.64	0.98	0.98	1.06	(323/30)	0.753 < 1.000
3	0.495	0.72	0.99	0.99	0.94	(323/30)	0.805 < 1.000

VERFORMUNGEN aus Gk+Qk, Theorie I. Ord., Gamma M = 1.00

Durchbiegung				St.-Fußverdrehung	
maximal	L/Ko	x(m)	w(cm)	l/..	Phi (cm/m)
z:	1/Q	13.50	4.01	87	z: — -/—
y:	2/Q3	2.84	0.14	3929	y: — -/—

Schnittkräfte am Stützenkopf (design): (kN,kNm)

LF	NI	VzI	VyI	MyI	MyII	MzI	MzII
1 max	477.5	1.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
min	169.1	-1.7	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0
2 max	477.5	-0.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
min	169.1	-1.9	-14.7	0.0	0.0	0.0	0.0

Schnittkräfte am Stützenfuß (design): (kN,kNm)

LF	NI	VzI	VyI	MyI	MyII	MzI	MzII
1 max	934.9	43.0	0.0	6.0	6.1	22.9	25.0
min	426.2	-2.6	-21.8	-57.9	-57.0	0.1	0.1
2 max	934.9	0.8	40.5	6.0	6.1	22.3	24.4
min	426.2	-2.6	-21.1	-6.4	-6.8	-39.0	-41.8

Charakt. Schnittkräfte Stützenfuß, Q = extremal (Qges,Qi)

LF aus	NI	VzI	VyI	MyI	MyII	MzI	MzII
1 G:	315.7	-1.9	0.0	4.3	4.4	0.0	0.0
Q:	376.8	31.2	-0.7	-46.6	-45.4	-1.3	-1.5
2 G:	315.7	-1.9	0.0	4.3	4.4	0.0	0.0
Q:	376.8	0.0	15.3	-8.8	-9.2	14.5	14.8

**Anlage 1 zu Pos.028: Schnittgrößen**
**Erläuterung LF + Kombinationen:**

In jedem Lastfall wurden die Grundkombinationen nach Element 710 der DIN 18800 (11/90) Teil 1 gebildet. Zusätzlich wurde eine Kombination gebildet, in der nur ständige Einwirkungen berücksichtigt wurden. Für die außergewöhnlichen Einwirkungen wurde Element 714 angewendet.

Es bedeuten:

- G = ständige Einwirkungen
- Q1..Q9 = veränderliche Einwirkungen der Gruppierungen Qi
- A1..A3 = außergewöhnliche Einwirkungen der Gruppierungen Ai
- Psi = Kombinationsbeiwert
- GamF = Teilsicherheitsbeiwert
- k = charakteristischer Wert ohne Teilsicherheiten
- d = Design-Wert, mit Teilsicherheiten behaftet

In den einzelnen Nachweisen: L/Ko = Lastfall/Kombination

Beispiele für Kombinationen:

- G = GamF \* G,k
- Q1 = GamF \* G,k + GamF \* Q1,k
- Q = GamF \* G,k + alle(GamF \* Psi \* Qi,k)
- A2 = 1.0 \* G,k + alle( 1.0 \* Psi \* Qi,k) + GamF \* A2,k

**IMPERFEKTIONEN (Ersatzlasten):**

VORVERDREHUNGEN  $x$  = betrachtete Stelle  
 in Form von Er-  $N_d$  = maßgebende Normalkraft  
 satzbelastungen:  $n$  = Anzahl der Stiele in Rahmenebene  
 $r_1$  = Reduktionsfaktor für Stäbe  $l > 5$  m  
 $r_2$  = Reduktionsfaktor: abhängig von  $n$   
 $\Phi_0$  = Vorverdrehung:  $1/200 * r_1 * r_2$   
 $V$  = horiz. Ersatzzelllast:  $N_d * \Phi_0$

VORVERDREHUNG Imp.-Fakt 1/200 LF: 1, Komb.: G+Q1 Z-Richt.

x(m)	Nd(kN)	n	r1	r2	Phi0	V(kN)
13.500	421.75	3	1.000	0.788	0.00394	-1.66
10.000	—————(Summe V=0)—————					1.66
10.000	594.37	3	1.000	0.788	0.00394	-2.34
7.000	67.50	3	1.000	0.788	0.00394	-0.26
5.500	—————(Summe V=0)—————					2.61
5.500	892.70	6	0.953	0.704	0.00335	2.99
0.000	—————(Summe V=0)—————					-2.99

VORVERDREHUNG Imp.-Fakt 1/200 LF: 1, Komb.: G+Q1 Y-Richt.

x(m)	Nd(kN)	n	r1	r2	Phi0	V(kN)
13.500	421.75	2	1.000	0.853	0.00426	1.79
10.000	—————(Summe V=0)—————					-1.79
10.000	594.37	2	1.000	0.853	0.00426	2.53
7.000	67.50	2	1.000	0.853	0.00426	0.28
5.500	—————(Summe V=0)—————					-2.82
5.500	892.70	4	0.953	0.750	0.00357	3.19
0.000	—————(Summe V=0)—————					-3.19

**IMPERFEKTIONEN (Ersatzlasten):**

VORKRÜMMUNGEN in  $x_0, x_u$  = betrachteter Stützenabschnitt  
 Form von Gleich-  $N_d$  = maßgebende Normalkraft  
 gewichtsgruppen:  $E$  = Stabkennzahl DIN 18800 T2 EL(110)  
 $w_0$  = Stich der Vorkrümmung (1/...)  
 $V_0, V_u$  = horiz. Einzellasten in  $x_0$  bzw.  $x_u$   
 $v$  = horiz. Streckenlast von  $x_0$  bis  $x_u$

VORKRÜMMUNG nach T2 Tab.3 LF: 1, Komb.: G+Q1 Y-Richt.

$x_0$ (m) - $x_u$ (m)	Nd(kN)	E	$w_0$	$V_0$ (kN)	$v$ (kN/m)	$V_u$ (kN)
5.500 - 0.000	892.70	1.68	200	17.85	-6.49	17.85

**SCHNITTGRÖSSEN Theorie II.Ord.:**

Lastfall: 1 Kombination: G+Q1 SCHNITTGRÖSSEN Th.II.Ord.

x(m)	Nd(kN)	Myd(kNm)	Vzd(kN)	Mzd(kNm)	Vyd(kN)
13.500	421.75	0.00	-3.09	0.00	1.60
12.625	422.96	2.69	-3.07	-1.40	1.56

x (m)	Nd (kN)	Myd (kNm)	Vzd (kN)	Mzd (kNm)	Vyd (kN)
11.750	424.18	5.34	-3.00	-2.73	1.45
11.496	424.53	6.10	-2.97	-3.09	1.41
10.875	425.39	7.92	-2.88	-3.93	1.28
10.125	426.44	10.03	-2.74	-4.82	1.07
10.000	426.61	10.37	-2.72	-4.95	1.04
10.000	594.37	14.63	-9.47	-4.95	-6.20
9.212	595.61	21.96	-9.16	0.00	-6.33
8.875	596.15	25.02	-8.99	2.13	-6.31
8.000	597.53	32.66	-8.45	7.54	-6.04
7.750	597.92	34.75	-8.27	9.04	-5.91
7.416	598.45	37.47	-8.01	10.97	-5.70
7.392	598.49	37.66	-7.99	11.11	-5.69
7.000	599.11	40.73	-7.66	13.28	-5.39
7.000	666.61	13.73	10.11	13.28	4.98
6.750	667.01	11.19	10.18	12.01	5.20
6.625	667.20	9.91	10.22	11.35	5.30
5.662	668.72	0.00	10.33	5.93	5.89
5.500	668.98	-1.68	10.33	4.97	5.95
5.500	892.70	-1.68	1.26	4.97	16.09
5.170	893.22	-2.09	1.24	0.00	14.02
4.125	894.87	-3.34	1.15	-10.90	6.64
3.375	896.06	-4.17	1.06	-13.73	0.87
3.262	896.24	-4.29	1.04	-13.78	0.00
3.113	896.47	-4.45	1.02	-13.69	-1.16
2.750	897.04	-4.81	0.97	-12.76	-3.98
1.375	899.22	-5.99	0.73	-0.29	-13.91
1.355	899.25	-6.00	0.72	0.00	-14.04
0.000	901.39	-6.80	0.44	24.35	-21.40

**Tragsicherheiten Th. II. Ord. :**

Lastfall: 1 Kombination: G+Q1 Flächenaufteilung Th. II. Ord.

x (m)	f (Nx)	f (My)	f (Vz)	f (Mz)	f (Vy)	Nachweis
13.500	0.148	0.000	0.025	0.000	0.001	f() <= 1
12.625	0.150	0.012	0.025	0.015	0.001	f() <= 1
11.750	0.153	0.023	0.024	0.029	0.001	f() <= 1
11.496	0.154	0.027	0.024	0.033	0.001	f() <= 1
10.875	0.156	0.035	0.023	0.042	0.001	f() <= 1
10.125	0.158	0.044	0.022	0.051	0.001	f() <= 1
10.000	0.158	0.046	0.022	0.052	0.001	f() <= 1
10.000	0.195	0.053	0.127	0.042	0.005	f() <= 1
9.212	0.197	0.078	0.124	0.000	0.005	f() <= 1
8.875	0.200	0.090	0.122	0.018	0.005	f() <= 1
8.000	0.210	0.120	0.116	0.065	0.005	f() <= 1
7.750	0.213	0.129	0.114	0.078	0.005	f() <= 1
7.416	0.216	0.140	0.111	0.094	0.005	f() <= 1
7.392	0.217	0.141	0.111	0.096	0.005	f() <= 1
7.000	0.221	0.154	0.106	0.115	0.005	f() <= 1
7.000	0.225	0.053	0.166	0.113	0.004	f() <= 1
6.750	0.223	0.043	0.167	0.102	0.004	f() <= 1
6.625	0.221	0.038	0.168	0.096	0.004	f() <= 1
5.662	0.211	0.000	0.169	0.050	0.004	f() <= 1
5.500	0.212	0.006	0.169	0.042	0.004	f() <= 1
5.500	0.282	0.007	0.024	0.042	0.012	f() <= 1
5.170	0.278	0.008	0.024	0.000	0.010	f() <= 1
4.125	0.289	0.014	0.022	0.093	0.005	f() <= 1

x(m)	f(Nx)	f(My)	f(Vz)	f(Mz)	f(Vy)	Nachweis
3.375	0.292	0.018	0.020	0.117	0.001	f() <= 1
3.262	0.292	0.018	0.020	0.117	0.000	f() <= 1
3.113	0.293	0.019	0.020	0.117	0.001	f() <= 1
2.750	0.293	0.020	0.019	0.109	0.003	f() <= 1
1.375	0.283	0.024	0.014	0.002	0.010	f() <= 1
1.355	0.283	0.024	0.014	0.000	0.011	f() <= 1
0.000	0.313	0.031	0.009	0.208	0.018	f() <= 1

**VERFORMUNGEN Th. II. Ord. (design) :**

Lastfall: 1 Kombination: G+Q1 VERFORMUNGEN Th.II.Ord.

x(m)	wz(cm)	wy(cm)	Phi,z(cm/m)	Phi,y(cm/m)
13.500	-0.997	0.000	-0.33570	0.04530
12.625	-0.705	-0.037	-0.32990	0.03650
11.750	-0.423	-0.059	-0.31250	0.01050
11.496	-0.345	-0.060	-0.30540	0.00000
10.875	-0.161	-0.051	-0.28390	-0.03140
10.125	0.040	-0.010	-0.25070	-0.07860
10.000	0.071	0.000	-0.24440	-0.08730
9.212	0.244	0.079	-0.19270	-0.10770
8.875	0.304	0.115	-0.16420	-0.10400
8.000	0.410	0.190	-0.07350	-0.05950
7.750	0.425	0.203	-0.04330	-0.03780
7.416	0.432	0.210	-0.00010	-0.00290
7.392	0.432	0.210	0.00330	-0.00010
7.000	0.420	0.200	0.05840	0.05000
6.750	0.404	0.183	0.06960	0.08300
6.625	0.395	0.172	0.07430	0.09830
5.662	0.312	0.031	0.09150	0.18590
5.500	0.298	0.000	0.09100	0.19510
5.170	0.268	-0.066	0.08880	0.20350
4.125	0.180	-0.255	0.07860	0.13690
3.375	0.125	-0.321	0.06850	0.03760
3.262	0.117	-0.325	0.06670	0.02130
3.113	0.107	-0.326	0.06440	-0.00010
2.750	0.085	-0.317	0.05840	-0.05060
1.375	0.022	-0.151	0.03160	-0.16070
1.355	0.022	-0.148	0.03120	-0.16070
0.000	0.000	0.000	0.00000	0.00000

**VERZWEIGUNGSLASTEN+KNICKLÄNGEN :**

Kritische Lasten, nki= 4.602, LF: 1, Komb.: G+Q1 Z-Richt.

xo(m)	- xu(m)	Beta,y	l(m)	sky(m)	NII,d(kN)	Nkid,y(kN)
13.500	- 12.625	2.902	3.50	10.15	422.35	1943.2
12.625	- 11.750	2.898	3.50	10.14	423.57	1948.6
11.750	- 10.875	2.893	3.50	10.12	424.79	1955.3
10.875	- 10.000	2.888	3.50	10.10	426.00	1962.1
10.000	- 8.875	2.226	4.50	10.01	595.26	2741.5
8.875	- 8.000	2.224	4.50	10.00	596.84	2746.5
8.000	- 7.416	2.222	4.50	9.99	597.99	2751.4
7.416	- 7.000	2.220	4.50	9.99	598.78	2756.4
7.000	- 6.625	2.104	4.50	9.46	666.91	3068.7

xo(m)	- xu(m)	Beta,y	l(m)	sky(m)	NII,d(kN)	Nkid,y(kN)
6.625	- 5.661	2.102	4.50	9.45	667.96	3074.6
5.661	- 5.500	2.101	4.50	9.45	668.85	3077.5
5.500	- 4.125	1.487	5.50	8.17	893.79	4112.7
4.125	- 3.113	1.485	5.50	8.16	895.67	4123.8
3.113	- 1.375	1.483	5.50	8.15	897.84	4134.9
1.375	- 0.000	1.482	5.50	8.15	900.30	4140.5

Kritische Lasten, nki= 7.918, LF: 1, Komb.: G+Q1 Y-Richt.

xo(m)	- xu(m)	Beta,z	l(m)	skz(m)	NII,d(kN)	Nkid,z(kN)
13.500	- 11.750	1.294	3.50	4.52	422.96	3352.8
11.750	- 10.125	1.290	3.50	4.51	425.31	3373.6
10.125	- 10.000	1.289	3.50	4.51	426.52	3378.9
10.000	- 8.875	0.994	4.50	4.47	595.26	4718.0
8.875	- 7.750	0.992	4.50	4.46	597.04	4737.1
7.750	- 7.000	0.992	4.50	4.46	598.52	4737.1
7.000	- 6.625	0.939	4.50	4.22	666.91	5286.9
6.625	- 5.500	0.938	4.50	4.22	668.09	5298.2
5.500	- 2.750	0.663	5.50	3.64	894.87	7099.2
2.750	- 0.000	0.662	5.50	3.64	899.22	7120.7

### Anlage 2 zu Pos.028: Biegedrillknick-Nachweise

#### **BIEGEDRILLKNICKNACHWEISE (BDKN) :**

Lastfall: 1, Kombination: G+Q1 Biegedrillknicken, Th.II.Ord.

x(m)	Stab	lz(m)	ly(m)	Mkiy(kNm)	(EL.)/(Bed)	n. DIN 18800 T2
0.000	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.771 < 1.000
1.350	1	5.50	5.50	1296.42	(320)/(27):	0.543 < 1.000
1.370	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.545 < 1.000
2.750	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.655 < 1.000
3.110	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.662 < 1.000
3.260	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.662 < 1.000
3.370	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.661 < 1.000
4.120	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.632 < 1.000
5.170	1	5.50	5.50	1296.42	(320)/(27):	0.527 < 1.000
5.500	1	5.50	5.50	1296.42	(323)/(30):	0.571 < 1.000
5.500	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.363 < 1.000
5.660	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.364 < 1.000
6.620	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.435 < 1.000
6.750	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.444 < 1.000
7.000	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.461 < 1.000
7.000	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.514 < 1.000
7.390	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.489 < 1.000
7.410	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.487 < 1.000
7.750	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.464 < 1.000
8.000	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.446 < 1.000
8.870	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.382 < 1.000
9.210	2	4.50	4.50	1347.43	(320)/(27):	0.357 < 1.000
10.000	2	4.50	4.50	1347.43	(323)/(30):	0.368 < 1.000
10.000	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.290 < 1.000
10.120	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.287 < 1.000
10.870	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.271 < 1.000

x(m)	Stab	lz(m)	ly(m)	Mkiy(kNm)	(EL.)/(Bed)	n.	DIN 18800 T2
11.490	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.257	< 1.000
11.750	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.250	< 1.000
12.620	3	3.50	3.50	1757.01	(323)/(30):	0.229	< 1.000
13.500	3	keine Biegemomente			(306)/(—):	BDKN entfällt	

**Anlage 3 zu Pos.028: Zwischenaufleger-Kräfte**
**Auflagerreaktionen (charak.) :**
**Lager bei H = 13.50 m**

LF/Ko.	A, k (kN)	H <sub>z</sub> , k (kN)	MyI, k (kNm)	MyII, k (kNm)	Hy, k (kN)	MzI, k (kNm)	MzII, k (kNm)
1/G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1/Q1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
1/Q2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
1/Q3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
1/Q	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
2/G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
2/Q1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
2/Q2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
2/Q3	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0
2/Q	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0
min.:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
max.:	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0

**Lager bei H = 10.00 m**

LF/Ko.	A, k (kN)	H <sub>z</sub> , k (kN)	MyI, k (kNm)	MyII, k (kNm)	Hy, k (kN)	MzI, k (kNm)	MzII, k (kNm)
1/G	0.0	3.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
1/Q1	0.0	4.8	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0
1/Q2	0.0	3.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
1/Q3	0.0	89.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
1/Q	0.0	94.6	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0
2/G	0.0	3.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
2/Q1	0.0	4.8	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0
2/Q2	0.0	3.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
2/Q3	0.0	3.3	0.0	0.0	32.3	0.0	0.0
2/Q	0.0	4.3	0.0	0.0	34.0	0.0	0.0
min.:	0.0	3.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
max.:	0.0	94.6	0.0	0.0	34.0	0.0	0.0

**Lager bei H = 5.50 m**

LF/Ko.	A, k (kN)	H <sub>z</sub> , k (kN)	MyI, k (kNm)	MyII, k (kNm)	Hy, k (kN)	MzI, k (kNm)	MzII, k (kNm)
1/G	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
1/Q1	0.0	8.8	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
1/Q2	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
1/Q3	0.0	20.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
1/Q	0.0	27.1	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
2/G	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0

**Lager bei H = 5.50 m**

LF/Ko.	A, k (kN)	H <sub>z</sub> , k (kN)	MyI, k (kNm)	MyII, k (kNm)	Hy, k (kN)	MzI, k (kNm)	MzII, k (kNm)
2/Q1	0.0	8.8	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
2/Q2	0.0	-2.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2/Q3	0.0	-2.5	0.0	0.0	27.9	0.0	0.0
2/Q	0.0	9.4	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0
min.:	0.0	-2.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
max.:	0.0	27.1	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0

**Lager bei H = 0.00 m**

LF/Ko.	A, k (kN)	H <sub>z</sub> , k (kN)	MyI, k (kNm)	MyII, k (kNm)	Hy, k (kN)	MzI, k (kNm)	MzII, k (kNm)
1/G	315.7	-0.8	-4.3	-4.4	-1.1	0.0	-0.1
1/Q1	632.5	-1.7	4.1	4.2	-3.0	-1.3	-1.5
1/Q2	375.7	-0.7	-4.4	-4.5	-1.4	0.0	-0.1
1/Q3	315.7	27.5	38.2	37.8	-1.1	0.0	-0.1
1/Q	692.5	27.0	42.3	41.0	-3.2	-1.3	-1.5
2/G	315.7	-0.8	-4.3	-4.4	-1.1	0.0	-0.1
2/Q1	632.5	-1.7	4.1	4.2	-3.0	-1.3	-1.5
2/Q2	375.7	-0.7	-4.4	-4.5	-1.4	0.0	-0.1
2/Q3	315.7	-0.8	-4.3	-4.4	14.2	14.5	14.8
2/Q	692.5	-1.7	4.5	4.8	12.2	13.2	13.8
min.:	315.7	-1.7	-4.4	-4.5	-3.2	-1.3	-1.5
max.:	692.5	27.5	42.3	41.0	14.2	14.5	14.8

Erläuterungen:

- LF = Lastfallnummer
- Ko = Kombination
- G = nur ständige Einwirkungen (G,k)
- Qi = G,k + Qi,k
- Q = G,k + alle Qi,k