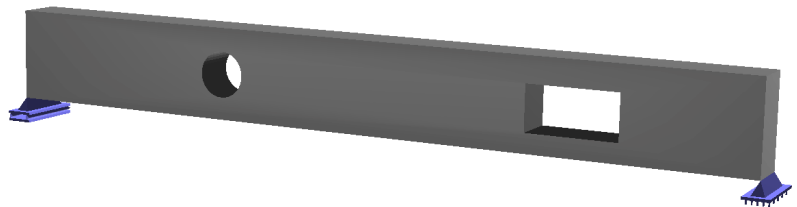


44G Aussparung in Stb.-Balken DIN 1045-1

(Stand: 12.05.2009)

Das Programm dient zur Bemessung einer Aussparung in einem Stahlbetonbalken nach DIN 1045-1:2001-07 bzw. DIN 1045-1:2008-08.



Leistungsumfang

System:

- Einzelne rechteckige oder kreisförmige Aussparung in einem Stahlbetonbalken mit Rechteckquerschnitt als unabhängige Öffnung.

Baustoffe:

- Normalbeton: C12/15 bis C55/67
- Leichtbeton: LC12/13 bis LC55/60
- Betonstahl: BSt 500S(A),(B)

Einwirkungen:

- Moment und Querkraft als Schnittgrößen in der Mitte der Öffnung.
- Wahlweise Eingabe der charakteristischen oder Design-Einwirkungen.

Schnittgrößen:

- Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen (Momente, Normalkraft und Querkraft) für den Ober- und Untergurt mittels Stabwerkmodell.

Nachweis der Tragfähigkeit:

- Biegebemessung (Moment und Normalkraft) für Ober- und Untergurt einschließlich Verankerungslängen der Längsbewehrung.
- Berücksichtigung der vorhandenen Längsbewehrung im Stahlbetonbalken
- Querkraftbemessung der Gurte
- "Aufhängebewehrung" neben der Öffnung

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

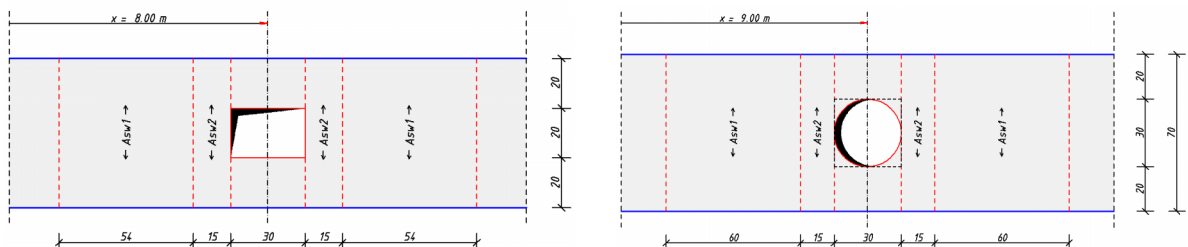
- Rissnachweis für Last
- Ermittlung der zu erwartenden Vergrößerung der Trägerdurchbiegung infolge der Öffnung.

Grafische Ausgabe:

- Öffnungsgeometrie

Datenübernahme:

- Optional vollständige Datenübernahme (Querschnitt, Schnittgrößen, Baustoffe und Bewehrung) aus einem Stahlbetonbalken-Programm (z.Zt. 041G - Mehrfeldbalken).



System

Öffnung:

Es kann eine rechteckige oder kreisförmige Öffnung in einem Stahlbetonträger bemessen werden. Die statische Berechnung des Trägers muss bereits vorliegen. Kreisförmige Öffnungen werden wie eine umschließende quadratische Öffnung behandelt. Die Öffnung wird als "unabhängig" betrachtet, d.h. in einem Abstand von mindestens 0,8-facher Trägerhöhe dürfen sich links und rechts neben der Öffnung keine weiteren Öffnungen befinden, damit eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen werden kann [7]. Der Abstand zur nächsten Öffnung, oder zum Trägerende muss weiterhin so groß gewählt werden, dass ausreichend Platz für die Aufhängebewehrung (Bügel) zur Verfügung steht. Öffnungen mit einem Abstand (Pfostenbreite) von weniger als 0,1-facher Trägerhöhe können mit diesem Programm als eine große Öffnung bemessen werden [7]. Die Öffnung darf nicht über einem Auflager angeordnet werden. Ebenso ist die Einleitung von konzentrierten Einzellasten im Bereich der Öffnung nicht zulässig.

Datenübernahme

Nach der Eingabe der Positionsüberschrift ist zu wählen, ob eine Datenübernahme aus einem Stb.-Träger-Programm durchgeführt werden soll. Ist dieses gewünscht, so wird ein Menü geöffnet, in dem alle Positionen des aktuellen Projektes angezeigt werden, aus denen Daten übernommen werden können. Wenn das Programm 044G als zusätzlicher Nachweis an eine Stahlbetonträger-Position angehängt wird, so erfolgt automatisch eine Datenübernahme aus der aktuellen Position (z.Zt. 041G).

Bei der Datenübernahme werden, nach der Eingabe der Stelle x, folgende Daten übernommen:

- Trägerquerschnitt an der Stelle x
- Feldlängen des Trägers zur Prüfung der Zulässigkeit des Ortes der Öffnung und für den Durchbiegungsnachweis
- Schnittgrößen aller Lastfälle und Kombinationen an der Stelle x
- Baustoffe
- Vorhandene Längsbewehrung
- Vorgaben für den Rissnachweis (zulässige Rissbreite)

Beanspruchungen

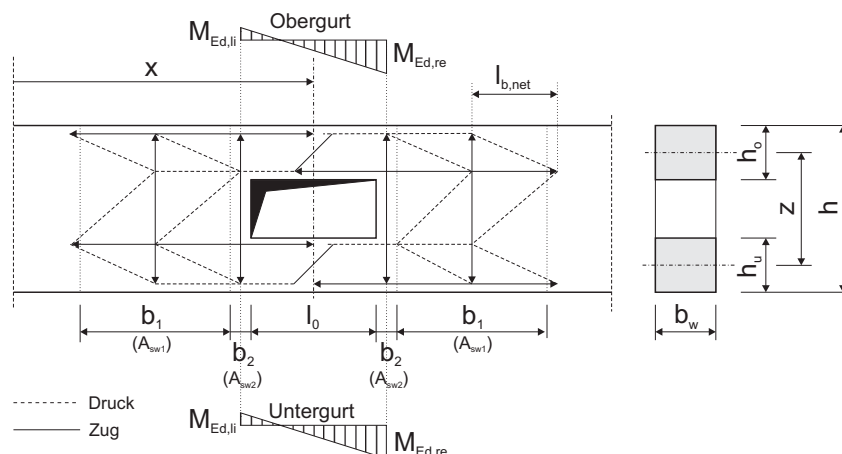
Es sind die Schnittgrößen (Biegemoment und Querkraft) des Trägers an der Stelle x (= Öffnungsmitte) einzugeben. Dabei sind die Vorzeichen aus der Schnittgrößenberechnung des Trägers anzuwenden.

Eingabevarianten

- Variante 1: Es werden die charakteristischen Schnittgrößen getrennt nach Kategorien eingegeben. Aus allen Schnittgrößen werden die Kombinationen nach DIN 1055-100 für den Nachweis der Tragsicherheit und den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gebildet.
- Variante 2: Es werden die Bemessungsschnittgrößen des Trägers an der Stelle x für den Nachweis der Tragsicherheit eingegeben. Die Werte aller Eingabezeilen werden addiert und ohne weitere Faktoren für die Schnittgrößenberechnung der Gurte verwendet. Für den Rissnachweis ist dann später ein Faktor einzugeben, durch den die Bemessungsschnittgrößen geteilt werden, um die Schnittgrößen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zu erhalten. Auf der sicheren Seite kann hier 1,35 eingegeben werden.

Schnittgrößen

Die Momente und Normalkräfte in den Gurten werden anhand eines Stabwerkmodells, welches z.B. in Wommelsdorff [6] erläutert wird, ermittelt. Die Aufteilung der Querkraft erfolgt (gemäß [6]) im Verhältnis der Trägheitsmomente der Gurte (ohne Bewehrung).



Nachweis der Tragfähigkeit

Baustoffe

Für die Bemessung sind die Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion und Betonangriff auszuwählen. Die Eingabe erfolgt per Menü mit Erläuterungen. Die sich aus den Umweltbedingungen ergebende Mindestbetongüte und Mindestbetondeckung wird vom Programm ermittelt und zur Korrektur angeboten. Folgende Baustoffe stehen zur Wahl:

- Normalbeton: C12/15 bis C55/67
- Leichtbeton: LC12/13 bis LC55/60
- Betonstahl: BSt 500S(A), BSt 500S(B), BSt 500M(A)

Biegebemessung der Gurte

Die Bemessung der Gurte erfolgt für Biegung mit Normalkraft. Für den Ober- und Untergurt werden jeweils eine erforderliche obere und untere Längsbewehrung ermittelt (symmetrisch oder unsymmetrisch je nach Beanspruchung). Wurde eine vorhandene Längsbewehrung des Trägers eingegeben oder übernommen, so wird diese von der erforderlichen oberen Obergurtbewehrung bzw. von der unteren Untergurtbewehrung abgezogen. Für die gewählten Längszulagen wird die jeweilige Verankerungslänge $l_{b,net}$ ausgegeben. Die Verankerungslänge beginnt in der Mitte des Wirkungsbereiches von A_{sw1} (also bei $b_1/2$, siehe Grafik des Stabwerkmodells).

Bemessung für Querkraft (Ober- u. Untergurt)

Der Druckstrebenwinkel Θ kann wahlweise automatisch bestimmt oder manuell vorgegeben werden. Bei der automatischen Bestimmung wird der kleinstmögliche Winkel ermittelt, bei dem der Druckstrebennachweis eingehalten ist ($V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$). Dieses Vorgehen führt zu der geringstmöglichen Querkraftbewehrung. Bei den von der DIN 1045-1:10.3.4(5) vorgeschlagenen Winkeln von $\cot(\Theta)=1,2$ für den Druckgurt und $\cot(\Theta)=1,0$ für den Zuggurt ergeben sich häufig höhere Werte als bei der Programmautomatik.

Als Bemessungswert der einwirkenden Querkraft wird die volle auf den jeweiligen Gurt entfallende Querkraft angesetzt.

Aufhängebewehrung (A_{sw1} , A_{sw2})

Die Aufhängebewehrung A_{sw1} wird für die 1,3-fache Gesamtquerkraft (V_{Ed}) ermittelt und ist im Bereich b_1 in Form von vertikalen Bügeln einzulegen. Unmittelbar neben der Öffnung (b_2) ist A_{sw2} anzuordnen. Diese vertikalen Bügel werden für das Maximum von $V_{Ed,Untergurt}$ und $0,3 \cdot V_{Ed}$ bemessen, wodurch gewährleistet ist, dass die Gesamtaufhängebewehrung ($A_{sw,tot} = A_{sw1} + A_{sw2}$) $1,6 \cdot V_{Ed}$ aufnehmen kann.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Begrenzung der Rissbreite

Diese Nachweise können für die "quasi-ständige", "häufige" oder "seltene" Kombination geführt werden.

Folgende Nachweise können wahlweise geführt werden:

- Lastbeanspruchung: Nachweis der Mindestbewehrung nach DIN 1045-1:11.2.2
 Nachweis der vorhandenen Rissbreite nach DIN 1045-1:11.2.4

Die gewählte Biegebewehrung beeinflusst die Mindestbewehrung aus Zwang, weshalb mitunter mehrere Rechengänge erforderlich werden können.

Begrenzung der Verformungen

Mit Hilfe der Formel (11) von Schnellenbach-Held / Neff [7] wird die zu erwartende Vergrößerung der Durchbiegung des Trägers infolge der Öffnung berechnet und in Form des Verhältnisses $f_{\text{Öffnung}} / f_{\text{Massiv}}$ und eines %-Wertes ausgegeben. Es gehen hier nur die Geometrie des Trägers und der Öffnung ein. Die Lage der Öffnung (Stelle x) hat keine Einfluss auf die Durchbiegung. Sind mehrere gleichartige Öffnungen im gleichen Trägerfeld vorhanden, so ist die prozentuale Durchbiegungserhöhung mit der Anzahl der Öffnungen zu multiplizieren.

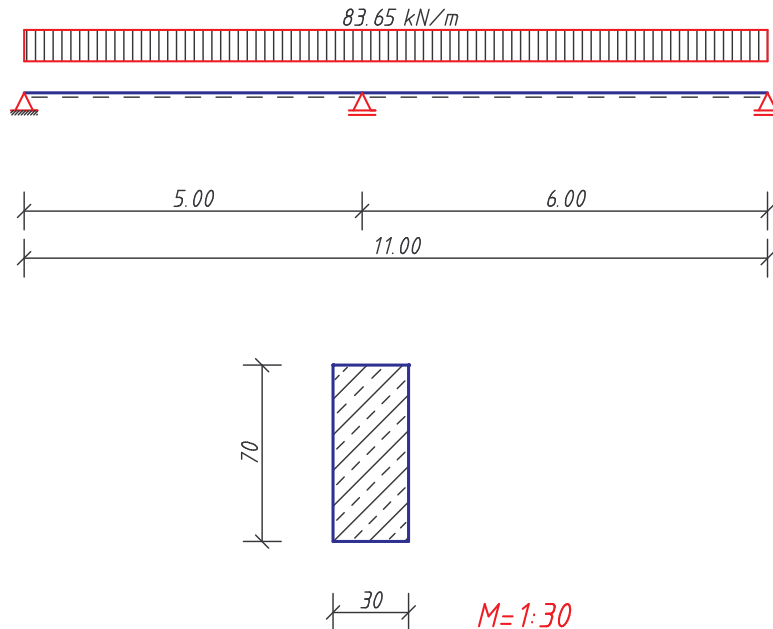
Literatur:

- [1] DIN 1045-1:2001-07 inkl. Berichtigung 2
- [2] DIN 1045-1:2008-08
- [3] DIN 1055-100:2001-03
- [4] DIN 1055-3:2006-03
- [5] Auslegungen zur DIN 1045-1, Normenausschuss Bauwesen, Internet: <http://www2.nabau.din.de/>
- [6] Wommelsdorff, "STAHLBETONBAU - Bemessung und Konstruktion", Teil 2, 7. Auflage 2006
- [7] "Stahlbetonträger mit Öffnungen", Schnellenbach-Held / Neff, "Beton- u. Stahlbetonbau", Heft 7/2006
- [8] "Stahlbetonträger mit großen Öffnungen", Schnellenbach-Held/Ehmann
 "Beton- u. Stahlbetonbau", Heft 3/2002

POS. 88 MEHRFELD-STAHLBETONBALKEN

System:

Kategorien: Q,A+G (Streckeneinwirkungen)



Feld	Stützsw.	Art	b	h	b1	h1	z1	b2	h2	z2
[-]	[m]	[-]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
1	5.00	B1k	30.0	70.0	-	-	-	-	-	-
2	6.00	B1k	30.0	70.0	-	-	-	-	-	-

Auflagerdaten						----- Lagerung / Federn -----			
Nr.	auf	Art	la	ai	Einspannung	CV	CH	CM	
[-]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[%]	[kN/cm]	[kN/cm]	[kNm/cm]	
1	Mwk	direkt	24.0	8.0	-	fest	fest	-	
2	Mwk	direkt	24.0	12.0	-	fest	-	-	
3	Mwk	direkt	24.0	8.0	-	fest	-	-	

Einwirkungen:

Das Bauteileigengewicht wird mit einer Wichte von 25.0 kN/m³ berücksichtigt.
 Lasten: F = Einzellast [kN], q = Linienlast [kN/m]
 M = Moment [kNm]

Richtung: x = Spannrichtung, y/z = horiz./vertikale Querschnittsachse

Einwirkung aus		Art,	- Wert,	k -	a	c	Abmin.
		li.	re.	[m]	[m]	Alpha	
Eigengewicht	qz G	5.25	5.25	0.00	11.00	-	
Pos.22 Auflager 3	qz G	35.60	35.60	0.00	11.00	-	
	qz Q,A1	42.80	42.80	0.00	11.00	-	

Kate- gorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi0	Psi1	Psi2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
Q,A1	wohnfläche: Spitzböden, Höhe <= 1,80 m.	0.70	0.50	0.30	1.50	-

Lastfall Einwirkungen, Beschreibung

LF 1 Alle Einwirkungen

Schnittgrößen: ungünstigste Laststellung, ohne Umlagerung

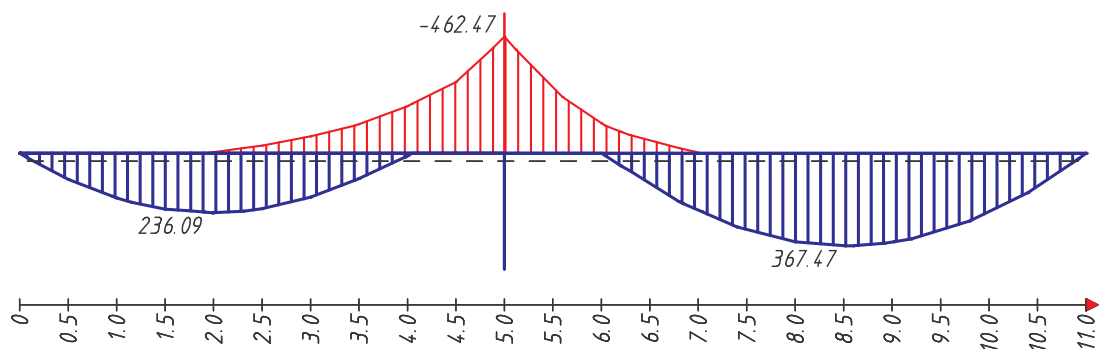
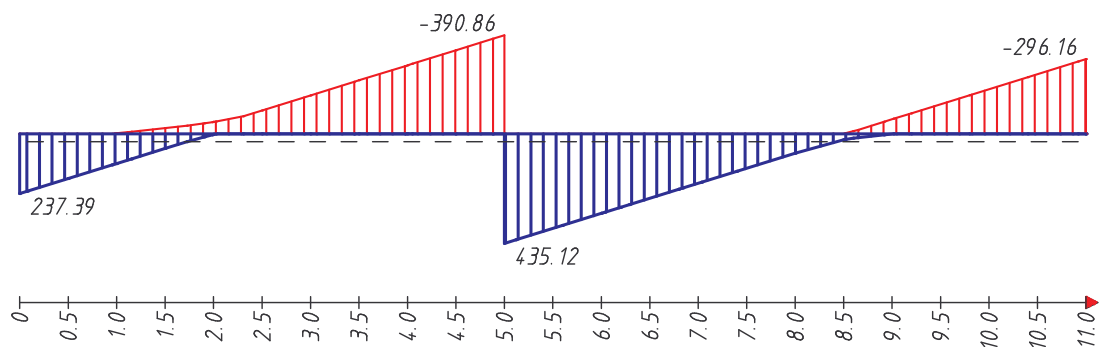
Stz. Nr.	min.Ms [kNm]	Ms' [kNm]	Ms'' [kNm]	max.Ms [kNm]	Ms' [kNm]	Ms'' [kNm]	x0,li [m]	x0,re [m]
2	-462.47	-	-437.69	-158.29	-	-149.81	3.09	2.04

Feldmomente:

Feld Nr.	max.Mf [kNm]	x [m]	min.Mf [kNm]	x [m]	x01 [m]	x02 [m]	max.Nx [kN]	min.Nx [kN]
1	236.09	1.99	18.57	0.95	-	4.05	-	-
2	367.47	3.52	80.24	4.02	1.00	-	-	-

Auflager-, Querkräfte:

Stz. Nr.	max.Az [kN]	min.Az [kN]	max.Ax [kN]	min.Ax [kN]	min.Vl [kN]	max.Vr [kN]	max.Vl [kN]	min.Vr [kN]
1	237.39	38.95	-	-	-	237.39	-	38.95
2	825.98	282.72	-	-	-390.86	435.12	-133.78	148.93
3	296.16	80.97	-	-	-296.16	-	-80.97	-

Grenzmomente ohne Umlagerung
My,d: 1 cm = 300 kNm / System 1:78.0

Grenzquerkraft ohne Umlagerung
Vz,d: 1 cm = 300 kN / System 1:78.0


Bemessung: Fertigteil gemäß DIN 1045-1:5.3.3(7)
Baustoffe: Normalbeton C 20/25
BSt 500S(A)
Größtkorn des Zuschlags $d_g = 16.0 \text{ mm}$

Expositionsklassenauswahl				mit Betondeckung:		
Ort	x1[m]	x2[m]	Expositionsklassen	c.min [mm]	delta.c [mm]	gew.c [mm]
oben :	0.00	11.00	XC1	10	10	20
unten :	0.00	11.00	XC1	10	10	20
links :	0.00	11.00	XC1	10	10	20
rechts:	0.00	11.00	XC1	10	10	20

Biegebemessung:

Nicht erfasste Einspannwirkungen gemäß 13.2.1(1) werden berücksichtigt.

 $d'o$, $d'u$ = Randabstand des Bewehrungsschwerpunktes oben bzw. unten

 A_{so} , A_{su} = Erforderliche Bewehrung oben bzw. unten; min. A_s aus Rissmoment

Stütze			M_d	N_d	$d'o$	$d'u$	min. A_s	A_{so}	A_{su}
Nr	LF	Kombination	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]
1	1	G,sup+Q,A1	-59.02	-	4.3	4.3	-	2.01	-
2	1	G,sup+Q,A1	-437.7	-	4.3	4.3	1.60	18.23	-
3	1	G,sup+Q,A1	-91.87	-	4.3	4.3	-	3.16	-

Feld			x	M_d	N_d	$d'o$	$d'u$	min. A_s	A_{so}	A_{su}
Nr	LF	Kombination	[m]	[kNm]	[kN]	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]
1	1	G,sup+Q,A1	1.99	236.09	-	4.3	4.3	1.60	-	8.76
2	1	G,sup+Q,A1	3.52	367.47	-	4.3	4.3	1.60	-	14.68

Bewehrung:
Maßgebend ist die gewählte Bewehrung!

Durchlaufende Grundbewehrung:		oben	2 Ds 25.0 mm, vorh. $A_s = 9.82 \text{ cm}^2$
		unten	2 Ds 25.0 mm, vorh. $A_s = 9.82 \text{ cm}^2$

-----Zulagen Stützbewehrung-----								gesamt
Stütze	erf. A_s	n	nb	D_s	n	nb	D_s	vorh. A_s
Nr Ort	[cm ²]	-	-	[mm]	-	-	[mm]	[cm ²]
2 oben	8.41	2x1		25.0	- x-			9.82
								19.64

-----Feldzulagen ungestaffelt-----								gesamt
Feld	erf. A_s	n	nb	D_s	n	nb	D_s	vorh. A_s
Nr Ort	[cm ²]	-	-	[mm]	-	-	[mm]	[cm ²]
2 unten	4.86	1x1		25.0	- x-			4.91
								14.73

Querkraftbemessung:

Bereich	Bem.-Sit.	x	cot	V_{Ed}	$V_{Rd,max}$	$V_{Ed,red}$	$V_{Rd,ct}$	erf.asw,90
[-]	[-]	[m]	Theta	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[cm ² /m]
Feld 1	Ed,P/T	0.00	3.00	237.4	502.6	149.1	65.8	2.13 M
		2.90	3.00	140.2	502.6	140.2	65.8	2.13 M
		3.56	2.54	219.0	570.9	219.0	65.8	3.35
		4.22	1.96	297.8	678.0	297.8	82.9	5.91
		5.00	1.96	390.9	678.0	297.8	82.9	5.91
Feld 2	Ed,P/T	0.00	1.81	435.1	708.7	342.2	82.9	7.35
		0.78	1.81	342.2	708.7	342.2	82.9	7.35
		1.44	2.14	263.3	642.8	263.3	75.3	4.79
		2.10	3.00	184.3	502.6	184.3	75.3	2.39
		2.76	3.00	105.7	502.6	105.7	75.3	2.13 M
		4.60	3.00	129.1	502.6	129.1	75.3	2.13 M
		5.26	2.70	207.8	545.2	207.8	75.3	2.99
		6.00	2.70	296.2	545.2	207.8	75.3	2.99

M = Mindestbewehrung maßgebend

Querkraftbewehrung

Bereich	x1	x2	cot Theta	erf. asw, 90°	S	Bügel ds	sw	Schrägstäbe n	ds	sw	vhd. asw, 90°
[m]	[m]	[m]	[-]	[cm ² /m]	[-]	[mm]	[cm]	[-]	[mm]	[cm]	[cm ² /m]
Feld 1	0.00	2.90	3.00	2.13	2	10	30.0	*	-	-	5.24
	2.90	5.00	1.96	5.91	2	10	26.5	*	-	-	5.93
Feld 2	0.00	2.76	1.81	7.35	2	10	21.0	*	-	-	7.48
	2.76	6.00	3.00	2.99	2	10	30.0	*	-	-	5.24

* = Max. Bügelabstand aus Vrdmax mit Theta = 40° n. 1045-1, Tab.31, Ber. 1

Gebrauchstauglichkeit

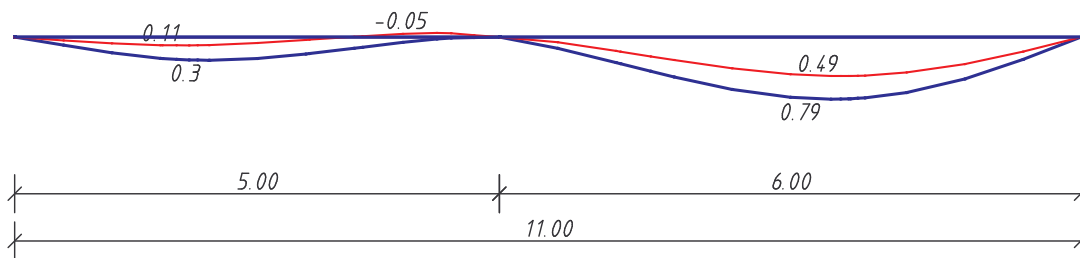
Begrenzung der Verformungen für die quasi-ständige Kombination

Begrenzung der Schlankheit nach DIN 1045-1 Abs.11.3.2:

	MsI	Mf	MsR	x	li	li/d	zul.li/d
Ort	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]	[-]	[-]
Feld 1	-	91.12	-208.05	1.84	3.67	5.59	< 29.00 (1/250)*
Feld 2	-208.05	156.02	-	3.59	4.82	7.34	< 27.09 (1/250)*

* = nach Krüger/Mertzsch, 'Beton- u. Stahlbetonbau' Heft 11/2002, kc = 1.000

Biegelinie im Zustand II
Maßstäbe: 1 cm = 0.960 cm / System 1:78.0



Kriechen, Schwinden: Lastbeginn nach 28 Tagen, RH = 50%, Zementtyp N,R

Ort	Phi	E, cds	Ort	Phi	E, cds
[-]	[o/oo]		[-]	[o/oo]	
Feld 1	3.194	-0.661	Feld 2	3.194	-0.661

Durchhang Zustand II: fz = Durchbiegung, fz' = Durchhang, üz = Überhöhung

Ort	l	x	fz	üz	vorh.fz'	zul.fz'
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	l/...	[cm]
Feld 1	5.00	2.008	0.296	-	1/1692 = 0.296	< 2.000 = 1/250
Feld 2	6.00	3.417	0.789	-	1/760 = 0.789	< 2.400 = 1/250

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

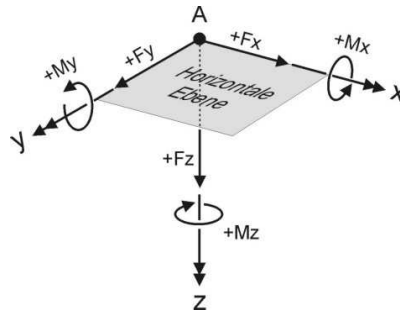
Nachweis der Mindestbewehrung min.As 11.2.2

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort	Md	Nd	Dsm	min.As	vorh.As	vorh.wk	zul.wk
	[m]	[kNm]	[kN]	[mm]	[cm ²]	[cm ²]	[mm]	[mm]
Feld 1 unten	2.07	89.73	0.0	25.0	4.20	< 9.82	0.12	< 0.40
Feld 2 unten	8.72	155.56	0.0	25.0	4.20	< 14.73	0.11	< 0.40
Stütze 2 oben	5.00	-208.05	0.0	25.0	4.20	< 19.64	0.09	< 0.40

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

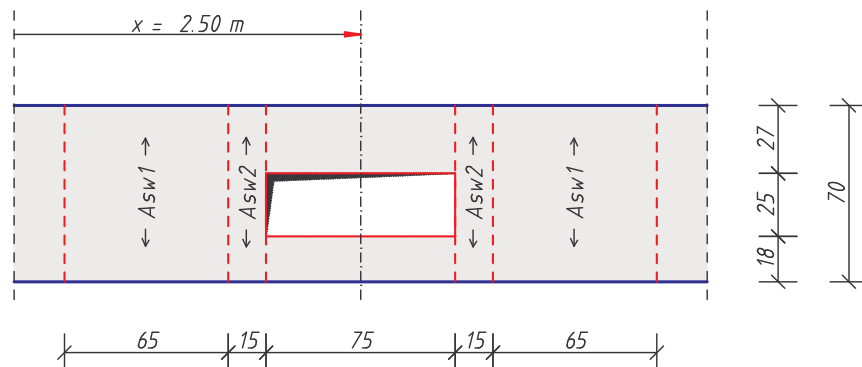
Die Kraftarttrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten F in [kN] und M in [kNm].



Lager	Kraftart	Lastfall	Kategorie	Volllast	Maximal	Minimal
1	Fz	1	G	70.47	70.47	70.47
			Q,A1	73.83	94.84	-21.01
			Summe, k	144.30	165.31	49.46
2	Fz	1	G	282.72	282.72	282.72
			Q,A1	296.21	296.21	0.00
			Summe, k	578.93	578.93	282.72
3	Fz	1	G	96.17	96.17	96.17
			Q,A1	100.76	110.89	-10.13
			Summe, k	196.93	207.06	86.04

AUSSPARUNG

System:



Stahlbeton-Träger:	Pos.088	bw/h =	30.0 / 70.0 cm
Öffnung bei x = 2.50 m:	Rechteck	10/h0 =	75.0 / 25.0 cm
	Höhe Untergurt/Obergurt:	hu/ho =	18.0 / 27.0 cm
	Bügelbereiche(Asw1/Asw2):	b1/b2 =	65.0 / 15.0 cm

Schnittgrößen:

LF	Kombination	Gurt	NEd [kN]	MEd,li [kNm]	MEd,re [kNm]	VED [kN]
1	Ed,P/T G,sup+Q,A1	OG:	-464.24	45.76	-18.46	-71.35
		UG:	464.24	13.56	-5.47	-21.14
1	Ed,P/T G,inf+Q,A1	OG:	-428.50	40.86	-15.66	-62.81
		UG:	428.50	12.11	-4.64	-18.61
1	Ed,P/T G,sup	OG:	-137.87	18.89	-10.78	-32.97
		UG:	137.87	5.60	-3.19	-9.77
1	Ed,P/T G,inf	OG:	-102.12	13.99	-7.99	-24.42
		UG:	102.12	4.15	-2.37	-7.24

Bemessung:

Vorhandene Längsbewehrung im Träger: vorh.As oben/unten = 9.82 / 9.82 cm²

Zulagen Längsbewehrung:

Diese Bewehrung ist zusätzlich zur vorhandenen Trägerbewehrung einzulegen!

		NEd [kN]	MEd [kNm]	d' [cm]	erf.As [cm ²]	n	Ds [mm]	vorh.As [cm ²]	lb _{net} [cm]
Obergurt	oben	-464.2	45.76	4.3	-	- x	-	-	-
	unten	-464.2	45.76	4.3	0.36	2 x 12.0	2.26	2.26	43.3
Untergurt	oben	464.2	-5.47	4.3	6.68	4 x 16.0	8.04	8.04	55.9
	unten	464.2	13.56	4.3	-	- x	-	-	-

Bewehrungsgrad Ober-/Untergurt: $\rho = 1.49 / 3.31 \% < \rho_{zul} = 8.00 \%$

Die Zulagen sind mit einer Mindestlänge von $1.70 \text{ m} + 2 \cdot l_{b,net}$ zentrisch zur Mitte der Öffnung zu verlegen.

Querkraft- und Aufhängebewehrung (vertikale Bügel):

Asw1, Asw2 = Aufhängebewehrung neben der Öffnung in den Bereichen b1 bzw. b2
s = Schnittigkeit, Ds = Durchmesser, sw = Abstand in Trägerlängsrichtung

Bügel	cot Theta	NEd [kN]	VEd [kN]	VRdmax [kN]	VRdct [kN]	erf.asw [cm ² /m]	s	Ds [mm]	sw [cm]	vorh.asw [cm ² /m]
Obergurt	1.20	-464	71.4	253.6	87.3	2.13	2	10	18.8	8.38
Untergurt	1.00	464.2	21.1	130.3	0.0	5.29	2	10	12.5	12.57
Asw1	-	-	92.5	-	-	4.25	2	10	21.7	7.25
Asw2	-	-	21.1	-	-	4.25	2	10	15.0	10.47

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Vorhandene Längsbewehrung im Träger: $\sigma_{sm} \text{ oben/unten} = 25.0 / 25.0 \text{ mm}$

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der Mindestbewehrung min.As 11.2.2

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort [m]	Md [kNm]	Nd [kN]	Dsm [mm]	min.As [cm ²]	vorh.As [cm ²]	vorh.wk [mm]	zul.wk [mm]
Obergurt, li.	2.13	13.99	-102.1	12.0	0.81 <	2.26	0.01 <	0.40
Obergurt, re.	2.88	-9.52	-167.4	25.0	0.88 <	9.82	0.00 <	0.40
Untergurt, li.	2.13	5.74	167.4	25.0	2.70 <	9.82	0.11 <	0.40
Untergurt, re.	2.88	-2.82	167.4	16.0	2.16 <	8.04	0.08 <	0.40

Verformungen:

Durchbiegungen gemäß "Stahlbetonträger mit Öffnungen" (M.Schnellbach-Held u. S.Neff) aus "Beton- und Stahlbetonbau" Heft 7/2006.

$h_0/h = 0.357 > 0.280 = \text{Grenz}(h_0/h)$

$l_0/l = 0.150 > 0.097 = \text{Grenz}(l_0/l)$

Träger-Feldlänge: $l = 5.00 \text{ m}$

$f_{\text{Öffnung}} / f_{\text{Massiv}} = 1.1561$

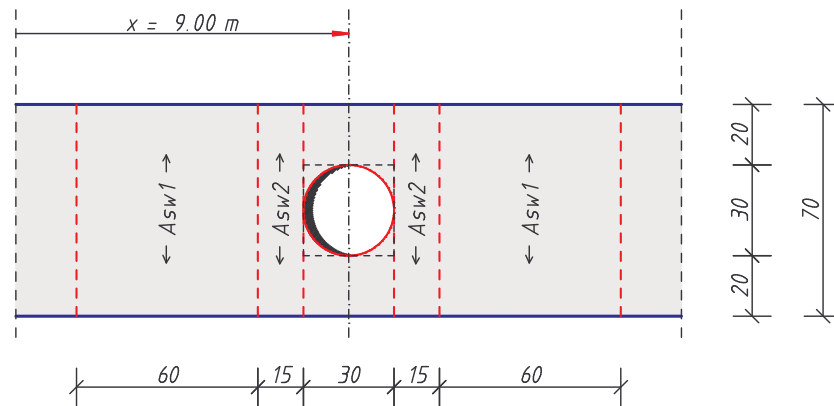
Durch die Öffnung vergrößert sich die Durchbiegung des Trägers um ca. 16 %.

Anmerkungen:

Im Bereich von 80 cm links und rechts neben dieser Öffnung dürfen keine weiteren Öffnungen angeordnet werden.

ÖFFNUNG

System:



Stahlbeton-Träger: Pos.088 bw/h = 30.0 / 70.0 cm
 Öffnung bei x = 9.00 m: Kreis l0/h0 = 30.0 / 30.0 cm
 Höhe Untergurt/Obergurt: hu/ho = 20.0 / 20.0 cm
 Bügelbereiche(Asw1/Asw2): b1/b2 = 60.0 / 15.0 cm

Schnittgrößen:

LF	Kombination	Gurt	NEd [kN]	MEd,li [kNm]	MEd,re [kNm]	VED [kN]
1	Ed,P/T G,sup+Q,A1	OG:	-705.38	15.39	2.46	-28.73
		UG:	705.38	15.39	2.46	-28.73
1	Ed,P/T G,inf+Q,A1	OG:	-629.06	13.86	2.07	-26.20
		UG:	629.06	13.86	2.07	-26.20
1	Ed,P/T G,sup	OG:	-294.81	5.93	1.53	-9.77
		UG:	294.81	5.93	1.53	-9.77
1	Ed,P/T G,inf	OG:	-218.38	4.39	1.14	-7.23
		UG:	218.38	4.39	1.14	-7.23

Bemessung:

Vorhandene Längsbewehrung im Träger: vorh.As oben/unten = 9.82 / 14.73 cm²

Zulagen Längsbewehrung:

Diese Bewehrung ist zusätzlich zur vorhandenen Trägerbewehrung einzulegen!

		NEd [kN]	MEd [kNm]	d' [cm]	erf.As [cm ²]	n	Ds [mm]	vorh.As [cm ²]	lb,net [cm]
Obergurt	oben	-705.4	15.39	4.3	-	-	x	-	-
	unten	-705.4	15.39	4.3	2.11	2	x 12.0	2.26	67.5
Untergurt	oben	705.4	2.46	4.3	7.61	4	x 16.0	8.04	63.8
	unten	705.4	15.39	4.3	-	-	x	-	-

Bewehrungsgrad Ober-/Untergurt: $\rho = 2.01 / 3.80 \% < \rho_{zul} = 8.00 \%$

Die Zulagen sind mit einer Mindestlänge von $1.20 \text{ m} + 2 \cdot l_{b,net}$ zentrisch zur Mitte der Öffnung zu verlegen.

Querkraft- und Aufhängebewehrung (vertikale Bügel):

Asw1, Asw2 = Aufhängebewehrung neben der Öffnung in den Bereichen b1 bzw. b2
 s = Schnittigkeit, Ds = Durchmesser, sw = Abstand in Trägerlängsrichtung

Bügel	cot Theta	NEd [kN]	VEd [kN]	VRdmax [kN]	VRdct [kN]	erf.asw [cm ² /m]	s [-]	Ds [mm]	sw [cm]	vorh.asw [cm ² /m]
Obergurt	2.30	-705	28.7	116.2	86.5	2.13	2	8	10.0	10.05
Untergurt	3.00	705.4	28.7	95.2	0.0	2.13	2	8	10.0	10.05
Asw1	-	-	57.5	-	-	2.86	2	8	30.0	3.35
Asw2	-	-	28.7	-	-	4.41	2	8	15.0	6.70

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Vorhandene Längsbewehrung im Träger: Dsm oben/unten = 25.0 / 25.0 mm

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der Mindestbewehrung min.As 11.2.2

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort [m]	Md [kNm]	Nd [kN]	Dsm [mm]	min.As [cm ²]	vorh.As [cm ²]	vorh.wk [mm]	zul.wk [mm]
Obergurt, li.	8.85	6.28	-300.0	12.0	0.00	< 2.26	0.00	< 0.40
Obergurt, re.	9.15	1.32	-300.0	12.0	0.00	< 2.26	0.00	< 0.40
Untergurt, li.	8.85	6.28	300.0	25.0	3.00	< 14.73	0.08	< 0.40
Untergurt, re.	9.15	1.32	300.0	25.0	3.00	< 14.73	0.07	< 0.40

Verformungen:

Durchbiegungen gemäß "Stahlbetonträger mit Öffnungen" (M.Schnellbach-Held u. S.Neff) aus "Beton- und Stahlbetonbau" Heft 7/2006.

$$h_0/h = 0.429 > 0.280 = \text{Grenz}(h_0/h)$$

$$l_0/l = 0.050 < 0.055 = \text{Grenz}(l_0/l)$$

$$\text{Träger-Feldlänge: } l = 6.00 \text{ m}$$

$$f_{\text{Öffnung}} / f_{\text{Massiv}} = 1.0575$$

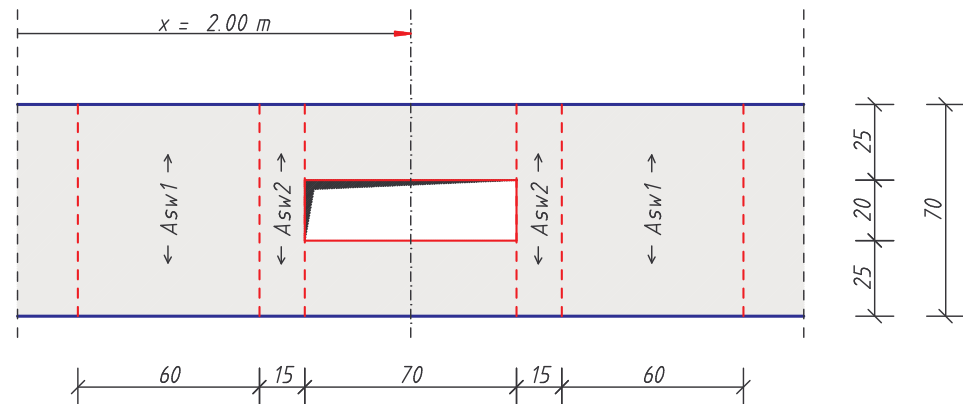
Durch die Öffnung vergrößert sich die Durchbiegung des Trägers um ca. 6 %.

Anmerkungen:

Im Bereich von 75 cm links und rechts neben dieser Öffnung dürfen keine weiteren Öffnungen angeordnet werden.

POS. 92 AUSSPARUNG

System:



Stahlbeton-Träger:

 Öffnung bei $x = 2.00$ m: Rechteck

Höhe Untergurt/Obergurt:

Bügelbereiche(Asw1/Asw2):

 $bw/h = 35.0 / 70.0$ cm

 $l_0/h_0 = 70.0 / 20.0$ cm

 $h_u/h_o = 25.0 / 25.0$ cm

 $b_1/b_2 = 60.0 / 15.0$ cm

Beanspruchungen (design):

 M, V = Schnittgrößen (Moment, Querkraft) an der Stelle x = Öffnungsmitte

aus	Kat.	M[kNm]	V[kN]
max. Schnittgrößen aus Trägerberechnung	design	480.00	160.00

Schnittgrößen:

LF	Kombination	Gurt	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,li} [kNm]	M _{Ed,re} [kNm]	V _{Ed} [kN]
1	Ed,P/T ständig und vorübergehend	OG:	-1066.67	-11.61	56.39	80.00
		UG:	1066.67	-11.61	56.39	80.00

Bemessung: Ortbeton

Baustoffe: Normalbeton C 30/37

BSt 500S(A)

 Größtkorn des Zuschlags $d_g = 16.0$ mm

Expositionsklassenauswahl	mit Betondeckung [mm]:	c.min	delta.c
XC1 Trocken oder ständig nass		10	10
gewählte Betondeckung $c = 20$ mm			

 Vorhandene Längsbewehrung im Träger: vorh.As oben/unten = 1.54 / 30.79 cm²

Zulagen Längsbewehrung:

Diese Bewehrung ist zusätzlich zur vorhandenen Trägerbewehrung einzulegen!

		N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	d' [cm]	erf.As [cm ²]	n	Ds [mm]	vorh.As [cm ²]	l _{b,net} [cm]
Obergurt	oben	-1066.7	56.39	5.0	2.53	2 x	14.0	3.08	62.8
	unten	-1066.7	56.39	5.0	4.07	3 x	14.0	4.62	62.8
Untergurt	oben	1066.7	-11.61	5.0	14.05	3 x	25.0	14.73	85.1
	unten	1066.7	56.39	5.0	-	- x	-	-	-

 Bewehrungsgrad Ober-/Untergurt: $\rho = 1.06 / 5.20 \% < \text{zul.}\rho = 8.00 \%$

Die Zulagen sind mit einer Mindestlänge von $1.60 \text{ m} + 2 \cdot l_b$, net zentrisch zur Mitte der Öffnung zu verlegen.

Querkraft- und Aufhängebewehrung (vertikale Bügel):

Asw1, Asw2 = Aufhängebewehrung neben der Öffnung in den Bereichen b1 bzw. b2
 s = Schnittigkeit, Ds = Durchmesser, sw = Abstand in Trägerlängsrichtung

Bügel	cot Theta	NEd [kN]	VEd [kN]	VRdmax [kN]	VRdct [kN]	erf.asw [cm ² /m]	s [-]	Ds [mm]	sw [cm]	vorh.asw [cm ² /m]
Obergurt	1.20	-1067	80.0	351.1	140.3	3.26	2	10	17.5	8.98
Untergurt	1.00	1067	80.0	357.0	0.0	11.50	2	10	11.7	13.46
Asw1	-	-	160.0	-	-	7.97	2	10	15.0	10.47
Asw2	-	-	80.0	-	-	12.27	2	10	7.5	20.94

Rissnachweis für die quasi-ständige Kombination

Für den Rissnachweis werden die Design-Beanspruchungen des Nachweises der Tragsicherheit durch den gemittelten Faktor $\gamma_{\text{mf}} = 1.35$ dividiert.

Vorhandene Längsbewehrung im Träger: Dsm oben/unten = 14.0 / 28.0 mm

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der Mindestbewehrung min.As 11.2.2

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort [m]	Md [kNm]	Nd [kN]	Dsm [mm]	min.As [cm ²]	vorh.As [cm ²]	vorh.wk [mm]	zul.wk [mm]
Obergurt, li.	1.65	-8.60	-790.1	14.0	0.00 <	4.62	0.00 <	0.40
Obergurt, re.	2.35	41.77	-790.1	14.0	0.00 <	4.62	0.00 <	0.40
Untergurt, li.	1.65	-8.60	790.1	25.0	4.38 <	14.73	0.31 <	0.40
Untergurt, re.	2.35	41.77	790.1	28.0	4.63 <	30.79	0.11 <	0.40

Verformungen:

Durchbiegungen gemäß "Stahlbetonträger mit Öffnungen" (M.Schnellbach-Held u. S.Neff) aus "Beton- und Stahlbetonbau" Heft 7/2006.

$$h_0/h = 0.286 > 0.280 = \text{Grenz}(h_0/h)$$

$$l_0/l = 0.088 > 0.053 = \text{Grenz}(l_0/l)$$

$$\text{Träger-Feldlänge: } l = 8.00 \text{ m}$$

$$f_{\text{Öffnung}} / f_{\text{Massiv}} = 1.0626$$

Durch die Öffnung vergrößert sich die Durchbiegung des Trägers um ca. 7 %.

Anmerkungen:

Im Bereich von 75 cm links und rechts neben dieser Öffnung dürfen keine weiteren Öffnungen angeordnet werden.