

**Anhang zu:**

# **Querkraftbemessung von Brückenfahrbahnplatten**

**Erarbeitung einer  
einheitlichen Vorgehensweise  
zur Ermittlung der erforderlichen  
Querschnittsabmessungen  
von Fahrbahnplatten  
ohne Querkraftbewehrung**

von

Reinhard Maurer  
Linda Wentzek  
Lehrstuhl Betonbau  
Technische Universität Dortmund

Josef Hegger  
Viviane Adam  
Lehrstuhl und Institut für Massivbau  
RWTH Aachen

Günter Rombach  
Maike Harter  
Institut für Massivbau  
Technische Universität Hamburg

Konrad Zilch  
Remus Tecusan  
Zilch und Müller Ingenieure  
München

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 181**

**bast**

## **Anhang**

Anhang A – Datenbasis Plattenversuche

Anhang B – Übersicht NDP-EN-1992-1-1

Anhang C – Vergleichsrechnungen nach aktueller Norm

## A Datenbasis Plattenversuche

### A.1 Bezeichnungen

Nr. laufende Nummer

Literatur Literaturstelle, der die Versuchsdaten entnommen wurden

Bezeichnung ursprüngliche Bezeichnung des Forschers

System statisches System

- EP Einfeldplatte
- K Kragplatte

Lagerung System Lagerungsbedingungen

- fd frei drehbar
- e\_dW Einspannung mit Durchlaufwirkung
- e\_RE Einspannung mit Rahmenwirkung

$b$  Versuchskörperbreite

$l_{\text{Spann}}$  Spannweite

$l_{\text{Krag}}$  Kraglänge

$h_{\text{Lager}}$  Plattendicke am Lager

$d_g$  Größtkorn des Zuschlags

$b_{F,y}$  Breite der Lastplatte

$d$  statische Nutzhöhe

$a_s$  Bewehrung in Richtung des Lastabtrags

$\rho_l$  Längsbewehrungsgrad in Richtung des Lastabtrags

$f_{cm}$  ermittelte Zylinderdruckfestigkeit der Versuchskörper

$f_{ck}$  charakteristische Druckfestigkeit  $f_{ck} = f_{cm} - 4$

$a$  Achsabstand zwischen Lastplatte und Auflager

$a_v$  lichter Abstand zwischen Lastplatte und Auflager

$\beta = a_v / (2,0d)$

$\beta^* = a_v / (3,0d)$

$F_p$  Last auf dem Kragarm zur Erzeugung der Durchlaufwirkung

$F_u$  Maximale Einzellast im Feld

$a_{iq}$  Abstand der Vorlast zum Auflager

$f_q$  Vorlast

$v_{FEM,1d}$  maximale Querkraft im Bruchzustand aus der FE-Berechnung im Abstand  $d$  vom Rand der Lastplatte

$v_{exp}$  maximale Tragfähigkeit infolge Querkraft bezogen auf die Bauteilbreite

$\tau_{exp}$  maximale Schubspannung

A.2 Statistische Auswertungen in Kap. 3.2 und 5.3

Allgemeines			System/Geometrie						Bewehrung			
Nr.	Literatur	Bezeichnung	System	Lagerung	b	$l_{Spann} / l_{Krag}$	h	d <sub>g</sub>	b <sub>F,y</sub>	d	a <sub>s</sub>	ρ <sub>I</sub>
			-	-	m	m	m	mm	m	mm	cm <sup>2</sup> /m	%
1	(Hegger, Reifsen, 2013)	S25B-1	EP	fd	2,5	4	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
2	(Hegger, Reifsen, 2013)	S25B-2	EP	fd	2,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
3	(Hegger, Reifsen, 2013)	S35B-1	EP	fd	3,5	4	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
4	(Hegger, Reifsen, 2013)	S35B-2	EP	fd	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
5	(Hegger, Reifsen, 2013)	S35C-1	EP	fd	3,5	4	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
6	(Hegger, Reifsen, 2013)	S35C-2	EP	fd	3,5	4	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
7	(Hegger, Reifsen, 2013)	S35A-2	EP	fd	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
8	(Hegger, Reifsen, 2013)	CS35B-1	K	e_DW/e_RW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
9	(Hegger, Reifsen, 2013)	CP35B-1	K	e_DW/e_RW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
10	(Reifsen, Hegger, 2017)	MS35C	EP	fd + e_DW	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
11	(Reifsen, Hegger, 2017)	MS35B	EP	fd + e_DW	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
12	(Reifsen, Hegger, 2017)	MP35B	EP	fd + e_DW	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
13	(Reifsen, Hegger, 2017)	MS35B-rq	EP	fd + e_DW	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
14	(Reifsen, Hegger, 2017)	MS35C-rq	EP	fd + e_DW	3,5	3	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
15	(Reifsen, Hegger, 2017)	CS35C	K	e_DW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
16	(Reifsen, Hegger, 2017)	CS35B-2	K	e_DW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
17	(Reifsen, Hegger, 2017)	CP35B-2	K	e_DW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
18	(Reifsen, Hegger, 2017)	CS35B-rq	K	e_DW	3,5	1,8	0,28	16	0,4	241	23,56	0,98
19	(Natario et al., 2014)	SN2A	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
20	(Natario et al., 2014)	SN3A	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
21	(Natario et al., 2014)	SN2B	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
22	(Natario et al., 2014)	SN3B	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
23	(Natario et al., 2014)	SN5D	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
24	(Natario et al., 2014)	SN6D	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
25	(Natario et al., 2015)	FN6W	K	e_DW	3	1,5	0,25	16	0,4	210	20,11	0,96
26	(Natario et al., 2015)	FN6E	K	e_DW	3	1,5	0,25	16	0,4	210	20,11	0,96
27	(Rombach et al., 2009)	VK4,V1	K	e_DW/e_RW	2,4	1,65	0,2	16	0,4	167	20,11	1,20
28	(Rombach, Henze, 2017)	3d-1	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
29	(Rombach, Henze, 2017)	3d-2	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
30	(Rombach, Henze, 2017)	4d-1	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
31	Henze, Rombach	4d-2	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	15,39	0,72
32	Henze, Rombach	4d-3	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
33	(Rombach, Henze, 2017)	5d	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
34	(Rombach, Henze, 2017)	6d	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
35	Henze, Rombach	3dx2	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
36	Henze, Rombach	4dx2	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17
37	Henze, Rombach	5dx2	K	e_DW/e_RW	4,5	1,9	0,25	16	0,4	215	25,13	1,17

Allgemeines		Beton			Belastung							Ergebnis		
Nr.	Literatur	Bezeichnung	$f_{cm}$	$f_{ck}$	$a$	$a_v$	$a/d_{Lager}$	$a\sqrt{d_{Lager}}$	$\beta^*=a\sqrt{(3.0d_{Lager})}$	$F_p$	$F_u$	$a_{fq}$	$f_q$	$v_{FEM,1d}$
			MPa	MPa	m	m	-	-	-	kN	kN	m	kN/m	kN/m
1	(Hegger, Reißen, 2013)	S25B-1	27,9	23,9	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	664		0	345,2
2	(Hegger, Reißen, 2013)	S25B-2	29,5	25,5	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	780		0	379
3	(Hegger, Reißen, 2013)	S35B-1	35,9	31,9	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	985		0	481,7
4	(Hegger, Reißen, 2013)	S35B-2	38,2	34,2	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	1024		0	474,5
5	(Hegger, Reißen, 2013)	S35C-1	39,6	35,6	1,30	1,10	5,39	4,56	1	0	1166		0	519
6	(Hegger, Reißen, 2013)	S35C-2	29,5	25,5	1,30	1,10	5,39	4,56	1	0	924		0	369,5
7	(Hegger, Reißen, 2013)	S35A-2	29	25	0,70	0,50	2,90	2,07	0,69	0	892		0	511,6
8	(Hegger, Reißen, 2013)	CS35B-1	37	33	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	569		0	346
9	(Hegger, Reißen, 2013)	CP35B-1	34,3	30,3	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	538	1,71	84,7	418,7
10	(Reißen, Hegger, 2017)	MS35C	37,3	33,3	1,30	1,10	5,39	4,56	1	560	956		0	466,3
11	(Reißen, Hegger, 2017)	MS35B	38,2	34,2	1,00	0,80	4,15	3,32	1	476	856		0	475,7
12	(Reißen, Hegger, 2017)	MP35B	39,8	35,8	1,00	0,80	4,15	3,32	1	558	532	1,7	138,6	380,6
13	(Reißen, Hegger, 2017)	MS35B-rq	32,9	28,9	1,00	0,80	4,15	3,32	1	501	897		0	498,5
14	(Reißen, Hegger, 2017)	MS35C-rq	34,9	30,9	1,30	1,10	5,39	4,56	1	492	846		0	412,6
15	(Reißen, Hegger, 2017)	CS35C	34,2	30,2	1,30	1,10	5,39	4,56	1	0	588		0	352
16	(Reißen, Hegger, 2017)	CS35B-2	30,9	26,9	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	565		0	354
17	(Reißen, Hegger, 2017)	CP35B-2	30,8	26,8	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	486	1,7	85,1	395,9
18	(Reißen, Hegger, 2017)	CS35B-rq	35,3	31,3	1,00	0,80	4,15	3,32	1	0	545		0	341,8
19	(Natario et al., 2014)	SN2A	30,4	26,4	0,70	0,46	4,58	3,00	1	0	330		0	274,3
20	(Natario et al., 2014)	SN3A	30,1	26,1	0,85	0,61	5,58	4,00	1	0	328		0	257,8
21	(Natario et al., 2014)	SN2B	28,3	24,3	0,70	0,46	4,58	3,00	1	0	341		0	283,3
22	(Natario et al., 2014)	SN3B	29,7	25,7	0,85	0,61	5,58	4,00	1	0	330		0	259,4
23	(Natario et al., 2014)	SN5D	28,8	24,8	0,70	0,46	4,58	3,00	1	0	335		0	278,4
24	(Natario et al., 2014)	SN6D	28,9	24,9	0,85	0,61	5,58	4,00	1	0	327		0	257,1
25	(Natario et al., 2015)	FN6W	46	42	0,92	0,68	4,38	3,24	1	0	474		0	336,7
26	(Natario et al., 2015)	FN6E	46,8	42,8	0,92	0,68	4,38	3,24	1	0	499		0	354,1
27	(Rombach et al., 2009)	VK4,V1	42,5	38,5	0,71	0,51	4,25	3,05	1	0	487		0	376,4
28	(Rombach, Henze, 2017)	3d-1	37,8	33,8	0,85	0,65	3,93	3,00	1	0	630,1		0	402,8
29	(Rombach, Henze, 2017)	3d-2	49,5	45,5	0,85	0,65	3,93	3,00	1	0	679,6		0	434
30	(Rombach, Henze, 2017)	4d-1	40	36	1,06	0,86	4,93	4,00	1	0	677,4		0	404,6
31	Henze, Rombach	4d-2	47,1	43,1	1,06	0,86	4,93	4,00	1	0	725,5		0	433,3
32	Henze, Rombach	4d-3	44,8	40,8	1,06	0,86	4,93	4,00	1	0	682		0	407,5
33	(Rombach, Henze, 2017)	5d	46,4	42,4	1,28	1,08	5,93	5,00	1	0	699,2		0	402,1
34	(Rombach, Henze, 2017)	6d	43	39	1,49	1,29	6,93	6,00	1	0	655,5		0	370,1
35	Henze, Rombach	3dx2	52,8	48,8	0,85	0,65	3,93	3,00	1	0	873,8		0	338,9
36	Henze, Rombach	4dx2	45,9	41,9	1,06	0,86	4,93	4,00	1	0	930,3		0	344,6
37	Henze, Rombach	5dx2	54,4	50,4	1,28	1,08	5,93	5,00	1	0	951,7		0	345,2

A.3 Versuchsauswertung mit Bemessungsansätzen in Kap. 5.4 und 6

Allgemeines		System, Geometrie und Material						Ergebnis				
Nr.	Literatur	Bezeichnung	Sys-tem	Lagerung	b	d <sub>g</sub>	d	ρ <sub>l</sub>	f <sub>ck</sub>	a <sub>v</sub> /d	γ <sub>exp</sub>	τ <sub>exp</sub>
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm <sup>2</sup>
1	(Aster, Koch, 1974)	2	EP	fd	1,00	30	250	0,63	22,92	3,28	222,79	0,89
2		3	EP	fd	1,00	30	250	0,91	23,32	3,28	227,31	0,91
3		11	EP	fd	1,00	30	500	0,46	22,84	3,45	284,54	0,57
4		12	EP	fd	1,00	30	500	0,64	23,32	3,45	347,36	0,69
5		16	EP	fd	1,00	30	750	0,42	23,65	3,33	443,68	0,59
6	(Ghannoum, 1998)	N90 (N)	EP	fd	0,40	20	65	1,92	30,19	2,50	189,56	2,92
7		N90 (S)	EP	fd	0,40	20	65	1,15	30,19	2,50	106,06	1,63
8		N155 (N)	EP	fd	0,40	20	127,5	1,96	30,19	2,50	340,92	2,67
9		N155 (S)	EP	fd	0,40	20	127,5	1,18	30,19	2,50	210,92	1,65
10		N220 (N)	EP	fd	0,40	20	190	1,97	30,19	2,50	305,57	1,61
11		N220 (S)	EP	fd	0,40	20	190	1,18	30,19	2,50	257,82	1,36
12		N350 (N)	EP	fd	0,40	20	312,5	2,00	30,19	2,50	443,48	1,42
13		N350 (S)	EP	fd	0,40	20	312,5	1,20	30,19	2,50	391,98	1,25
14		N485 (N)	EP	fd	0,40	20	440	1,99	30,19	2,50	532,68	1,21
15		N485 (S)	EP	fd	0,40	20	440	1,19	30,19	2,50	462,93	1,05
16		N960 (N)	EP	fd	0,40	20	889	1,97	30,19	2,50	942,30	1,06
17		N960 (S)	EP	fd	0,40	20	889	1,18	30,19	2,50	893,55	1,01
18		H90 (N)	EP	fd	0,40	10	65	1,92	54,55	2,50	193,31	2,97
19		H90 (S)	EP	fd	0,40	10	65	1,15	54,55	2,50	130,06	2,00
20	H155 (N)	EP	fd	0,40	10	127,5	1,96	54,55	2,50	261,92	2,05	
21	H155 (S)	EP	fd	0,40	10	127,5	1,18	54,55	2,50	191,17	1,50	
22	H220 (N)	EP	fd	0,40	10	190	1,97	54,55	2,50	337,07	1,77	
23	H220 (S)	EP	fd	0,40	10	190	1,18	54,55	2,50	263,57	1,39	
24	H350 (N)	EP	fd	0,40	10	312,5	2,00	54,55	2,50	470,98	1,51	
25	H350 (S)	EP	fd	0,40	10	312,5	1,20	54,55	2,50	390,23	1,25	
26	H485 (N)	EP	fd	0,40	10	440	1,99	54,55	2,50	491,68	1,12	
27	H485 (S)	EP	fd	0,40	10	440	1,19	54,55	2,50	490,43	1,11	
28	H960 (N)	EP	fd	0,40	10	889	1,97	54,55	2,50	820,55	0,92	
29	H960 (S)	EP	fd	0,40	10	889	1,18	54,55	2,50	768,80	0,86	

Allgemeines		System, Geometrie und Material							Ergebnis			
Nr.	Literatur	Bezeichnung	System	Lagerung	b	d <sub>g</sub>	d	ρ <sub>1</sub>	f <sub>ck</sub>	a <sub>√d</sub>	v <sub>exp</sub>	τ <sub>exp</sub>
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm <sup>2</sup>
30	(Gurutzeza et al., 2015)	I/S/316/t.r.	EP	fd	2,00	25	213	0,81	33,40	2,11	288,62	1,36
31		I/S/316/0	EP	fd	2,00	25	213	0,81	33,40	2,11	265,59	1,25
32		I/S/119/t.r.	EP	fd	2,00	25	217	0,79	33,40	2,07	261,44	1,20
33		I/S/119/0	EP	fd	2,00	25	217	0,79	33,40	2,07	305,09	1,41
34		I/B/150/t.r.	EP	fd	0,25	25	217	0,74	33,40	2,07	263,20	1,21
35		II/S/250/t.r./A	EP	fd	1,10	20	165	0,87	31,40	1,97	255,97	1,55
36		II/S/250/t.r./B	EP	fd	1,10	20	165	0,87	31,40	1,97	259,38	1,57
37		II/B/65/t.r./A	EP	fd	0,23	20	169	0,87	31,40	1,92	242,20	1,43
38		II/B/65/t.r./B	EP	fd	0,23	20	169	0,87	31,40	1,92	238,94	1,41
39		S1-1	EP	fd	0,30	16	242,5	0,97	35,40	2,90	263,33	1,09
40		S1-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,97	35,30	2,20	456,67	1,88
41		S2-1	EP	fd	0,30	16	242,5	0,97	33,20	4,10	286,67	1,18
42		S2-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,97	33,40	2,90	290,00	1,20
43		S3-1	EP	fd	0,30	16	242,5	0,49	35,40	2,90	243,33	1,00
44		S3-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,49	35,50	2,20	380,00	1,57
45		S4-1	EP	fd	0,30	16	242,5	0,49	33,10	4,10	203,33	0,84
46		S4-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,49	33,50	2,90	256,67	1,06
47		P1-1	EP	fd	2,40	16	242,5	0,49	37,60	2,90	269,58	1,11
48	P1-2	EP	fd + e_DW	2,40	16	242,5	0,97	38,70	2,20	357,08	1,47	
49	P2-1	EP	fd	2,40	16	242,5	0,97	26,40	4,10	267,08	1,10	
50	P2-2	EP	fd + e_DW	2,40	16	242,5	0,97	27,80	2,90	253,75	1,05	
51	P3-1	EP	fd	2,40	16	242,5	0,49	34,60	2,90	219,58	0,91	
52	P3-2	EP	fd + e_DW	2,40	16	242,5	0,49	35,90	2,20	340,42	1,40	
53	P4-1	EP	fd	2,40	16	242,5	0,49	28,40	4,10	214,58	0,88	
54	P4-2	EP	fd + e_DW	2,40	16	242,5	0,49	10,20	2,90	228,33	0,94	
55	S5-1	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,97	35,50	1,40	536,67	2,21	
56	S5-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,97	32,90	2,20	423,33	1,75	
57	S6-1	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,49	28,70	1,40	446,67	1,84	
58	S6-2	EP	fd + e_DW	0,30	16	242,5	0,49	34,40	2,20	396,67	1,64	

(Hegger, Adam, 2018)

Allgemeines			System, Geometrie und Material							Ergebnis		
Nr.	Literatur	Bezeichnung	System	Lagerung	b	d <sub>g</sub>	d	ρ <sub>l</sub>	f <sub>ck</sub>	a <sub>√d</sub>	v <sub>exp</sub>	τ <sub>exp</sub>
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm <sup>2</sup>
59	(Hegger, Reißen, 2013)	S5B-1	EP	fd	0,50	16	240,5	0,98	35,20	3,12	288,87	1,20
60		S5B-2	EP	fd	0,50	16	240,5	0,98	36,50	3,12	295,83	1,23
61		S5B-3	EP	fd	0,50	16	240,5	0,98	29,70	3,12	281,16	1,17
62		MS5A (VK1-1)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,50	1,91	472,58	1,96
63		MS5C (VK1-2)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,50	4,41	303,55	1,26
64		MS5B (VK3-1)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,50	3,16	306,36	1,27
65		MP5B (VK3-2)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,50	3,16	317,95	1,32
66		MS5B-dr (VK6-1)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,74	3,16	320,08	1,33
67		MP/25B (VK6-2)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,74	3,16	281,06	1,17
68		CS5A (VK7-1)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,02	1,91	323,29	1,34
69	(Reißen, Hegger, 2017)	CS5C (VK7-2)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	37,02	4,41	304,42	1,27
70		CS5B-1 (VK9-1)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,85	3,16	285,49	1,19
71		CP5B-1 (VK9-2)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,85	3,16	293,02	1,22
72		CS5B-h-1 (VK12-1)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	31,91	3,16	292,64	1,22
73		CP5B-h-1 (VK12-2)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	32,85	3,16	314,23	1,31
74		MS5A-dr (VK13-1)	EP	fd + e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	32,91	1,91	563,79	2,34
75		S5A (VK13-2)	EP	fd	0,50	16	240,5	0,98	32,91	1,91	296,22	1,23
76		CS5B-h-2 (VK15-1)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	301,54	1,25
77		CP5B-h-2 (VK15-2)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	315,59	1,31
78		CS5B-2 (VK16-1)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	303,37	1,26
79		CP5B-2 (VK16-2)	K	e <sub>DW</sub>	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	261,84	1,09
80	(Jäger, Marti, 2005)	A3V1	K	e <sub>DW</sub>	0,80	16	162	1,75	54,80	3,33	331,06	2,04
81		A5V1	K	e <sub>DW</sub>	0,80	16	174	1,08	52,70	3,10	276,75	1,59
82		B3V1	K	e <sub>DW</sub>	2,00	16	405	1,75	49,70	3,33	635,69	1,57
83		B5V1	K	e <sub>DW</sub>	2,00	16	435	1,08	47,80	3,10	579,33	1,33



Allgemeines		System, Geometrie und Material						Ergebnis				
Nr.	Literatur	Bezeichnung	System	Lagerung	b	d <sub>g</sub>	d	$\rho_1$	f <sub>ck</sub>	a <sub>v</sub> /d	v <sub>exp</sub>	$\tau_{exp}$
84	(Lansoght, 2013)	BS1T1	EP	fd + e DW	0,50	16	265	0,95	60,34	1,51	418,93	1,58
85		BS1T2	EP	fd + e DW	0,50	16	265	0,95	60,34	1,51	1121,17	4,23
86	(Leonhardt, Walther, 1962)	P2	EP	fd	0,50	30	142	0,95	8,84	3,12	150,41	1,06
87		P4	EP	fd	0,50	30	145	1,40	9,86	3,05	200,26	1,38
88	(Lubell, 2006)	AT-1	EP	fd	2,02	10	915,05	0,76	60,00	2,78	648,46	0,71
89		AT-2/250N	EP	fd	0,25	10	437	0,91	33,70	2,63	467,71	1,07
90		AT-2/250W	EP	fd	0,25	10	439	0,90	34,50	2,62	454,18	1,03
91		AT-3/N1	EP	fd	0,70	20	306,4	0,93	33,50	2,90	346,71	1,13
92		AT-3/N2	EP	fd	0,70	20	305,4	0,93	33,10	2,91	375,24	1,23
93		AT-3/T1	EP	fd	0,71	20	305,4	0,93	33,80	2,91	364,32	1,19
94		AT-3/T2	EP	fd	0,71	20	306,4	0,92	33,10	2,90	357,95	1,17
95		AW8	EP	fd	1,17	10	507	1,68	35,40	3,35	685,43	1,35
96		AX6	EP	fd	0,70	10	288	1,72	37,40	3,08	402,97	1,40
97		AX7	EP	fd	0,70	10	287	1,03	35,10	3,09	357,62	1,25
98	(Olonisakin, Alexander, 1999)	CB1(b)	EP	fd	0,75	16	128	1,05	28,50	3,32	173,60	1,36
99		CB2	EP	fd	0,75	16	128	1,05	28,50	2,93	174,75	1,37
100		RB1	EP	fd	0,75	16	128	1,05	28,50	3,32	165,60	1,29
101		RB2	EP	fd	0,75	16	128	1,05	28,50	2,93	172,08	1,34
102		4 =WB4 (Regan 1983)	EP	fd	0,40	10	83	1,58	23,73	4,22	137,67	1,66
103	(Regan, Rezai-Jorabi, 1988)	5 =WB5 (Regan 1983)	EP	fd	0,60	10	83	1,58	23,73	4,22	134,75	1,62
104		16	EP	fd	0,80	20	83	1,58	26,79	4,22	136,42	1,64
105		20	EP	fd	1,00	20	83	1,58	26,39	4,22	123,92	1,49

## B Übersicht NDP-EN-1992-1-1

NDPs in EN 1992-1-1

PRB-PG2 0091

PRB

<b>Section</b>	6.2.2 (1)
<b>Parameter</b>	$C_{Rd,c}$ , $v_{min}$ , $k_1$
<b>Description</b>	coefficients for calibration of the expressions (6.2) for the shear resistance of members not requiring design shear reinforcement
<b>Beschreibung</b>	Beiwerte zur empirischen Kalibrierung der Gleichungen (6.2) für den Querkraftwiderstand für Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung
<b>recommended values</b>	$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ $k_1 = 0,15$
<b>Values in the National Annexes</b>	
Germany	$C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_C$ $k_1 = 0,12$ $v_{min} = (0,0525/\gamma_C) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ for $d \leq 600$ mm $v_{min} = (0,0375/\gamma_C) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ for $d > 800$ mm For $600 \text{ mm} < d \leq 800$ mm values may be interpolated.
Austria	Recommended values
Switzerland	$C_{Rd,c} = \alpha_{cc} \cdot 0,18/\gamma_C$ $v_{min} = 0$ $k_1 = \alpha_{cc} \cdot 0,15$ (several restrictions for use of this model)
France	$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ $k_1 = 0,15$ $v_{min} = 0,34/\gamma_C \cdot f_{ck}^{1/2}$ for slabs, where transverse redistribution of loads is possible $v_{min} = 0,053/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ for beams and for slabs $v_{min} = 0,35/\gamma_C \cdot f_{ck}^{1/2}$ for walls
United Kingdom	Recommended values (3.1.2 (2)P has to be considered for concrete class > C50/60)
Ireland	Recommended values (3.1.2 (2)P has to be considered for concrete class > C50/60)
Sweden	Recommended values
Denmark	$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ $k_1 = 0,15$ $v_{min} = (0,051/\gamma_C) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
Estonia	Recommended values
Finland	Recommended values
Iceland	Recommended values
Latvia	Recommended values
Lithuania	Recommended values

NDPs in EN 1992-1-1

PRB-PG2 0091

PRB

Norway	$C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_C$ general $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ (for concrete with maximum aggregate D, according to NS-EN 12620, $\geq 16$ mm and at least 50% of the total volume of aggregate and if the coarse aggregate does not consist of limestone or stone with analogous low strength) $k_1 = 0,15$ for compression $k_1 = 0,3$ for tension ( $\sigma_{cp}$ negative for tension) $v_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ( $f_{ck} \leq 65$ N/mm <sup>2</sup> )
Belgium	Recommended values multiplication with 1,25 for slabs with continuous support
Luxembourg	Recommended values
Netherlands	Recommended values (Note considering $N_{Ed}$ : influences due to shrinkage and changes in temperature $< 40K$ may be omitted)
Bulgaria	Recommended values (3.1.2 (2)P has to be considered for concrete class $> C50/60$ )
Greece	Recommended values
Romania	Recommended values
Cyprus	Recommended values
Italy	Recommended values
Portugal	Recommended values
Spain	$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ $k_1 = 0,15$ $v_{min} = 0,075/\gamma_C \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ $f_{ck} \leq 60$ N/mm <sup>2</sup>
Croatia	Recommended values
Poland	Recommended values
Slovakia	Recommended values
Slovenia	Recommended values
Czech Republic	Recommended values
Hungary	Recommended values

## C Vergleichsberechnungen nach aktueller Norm

### C.1 Hohlkastenquerschnitt

#### Allgemeines:

Zunächst wird die Querkraftbeanspruchung am räumlichen FE-Modell für den nachfolgend dargestellten Brückenquerschnitt ermittelt, siehe Bild C-2. Anschließend erfolgt der Nachweis für den Schnitt 1-1 im Abstand  $1,0d_{\text{Anschnitt}}$  des Innenfeldes, im Schnitt 2-2 im Abstand  $1,0d_{\text{Anschnitt}}$  des Kragarms und im Schnitt 3-3 am Ende der Voute. Die Bemessung erfolgt jeweils ohne bzw. mit Berücksichtigung von  $V_{\text{ccd}}$ , d.h. nach Abschnitt 7 bzw. nach aktuell gültiger Norm DIN EN 1992-2,

#### Angaben zum FE-Modell:

- C45/55
- $d_{\text{Anschnitt}} = 0,5 \text{ m} = d_{1-1} = d_{2-2}$   
 $d_{\text{Knickpunkt}} = 0,25 \text{ m} = d_{3-3}$
- Geometrische Abmessungen:  
.,cl: Einfeldträger mit einer Spannweite von 40 m  
Querrichtung: gemäß Bild C-2
- Anordnung von 1,0 m dicken Querscheiben in den Auflagerachsen
- Modellierung der Fahrbahnplatte, der Stege, der Bodenplatte und der Querscheiben mit Schalenelementen
- Elementgröße 20 cm x 20 cm
- Anordnung der Schalenelemente der Fahrbahnplatte unterhalb der jeweiligen Knoten
- Starre Kopplung der Fahrbahnplatte an die Stege

- Auflagerbedingungen: Punktlagerung der Eckknoten der Bodenplatte:  
Ecke 1: unverschieblich in x, y, z  
Ecke 2: unverschieblich in z  
Ecke 3: unverschieblich in y und z  
Ecke 4: unverschieblich in z
  - Eigengewicht  $g_{k1}$  wird programmintern ermittelt
  - Ausbaulasten  $g_{k2}$ :  
Kappengesims beidseitig: 3,7 kN/m  
Kappe beidseitig: 3,75 kN/m<sup>2</sup>  
Fahrbahnbelag: 2,3 kN/m<sup>2</sup>
  - Verkehrslasten LM1:  
UDL-Grundlast  $q_{k, \text{UDL-Grund}}$ : 3,0 kN/m<sup>2</sup>  
UDL-Überlast  $q_{k, \text{UDL}}$ : FS1: 9,0 kN/m<sup>2</sup>  
FS2: 3,0 kN/m<sup>2</sup>
- TS  $q_{k, \text{TS}}$ :  
FS1: 150 kN/(0,86 x 0,86 m) = 202,8 kN/m<sup>2</sup>  
FS2: 100 kN/(0,86 x 0,86 m) = 135,2 kN/m<sup>2</sup>  
FS3: 50 kN/(0,86 x 0,86 m) = 67,6 kN/m<sup>2</sup>
- Lastausbreitung bis zur Plattenmitte, gemäß Bild C-1 Anordnung des TS in Feldmitte der Längsrichtung
  - Abminderung auflagernaher Einzellasten gemäß DIN EN 1992-2, 6.2.2

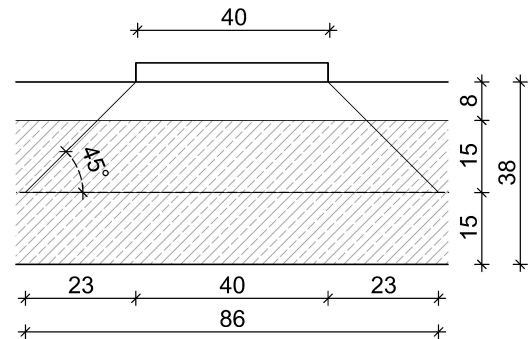


Bild C-1: Lastausbreitung bis zur Plattenmitte

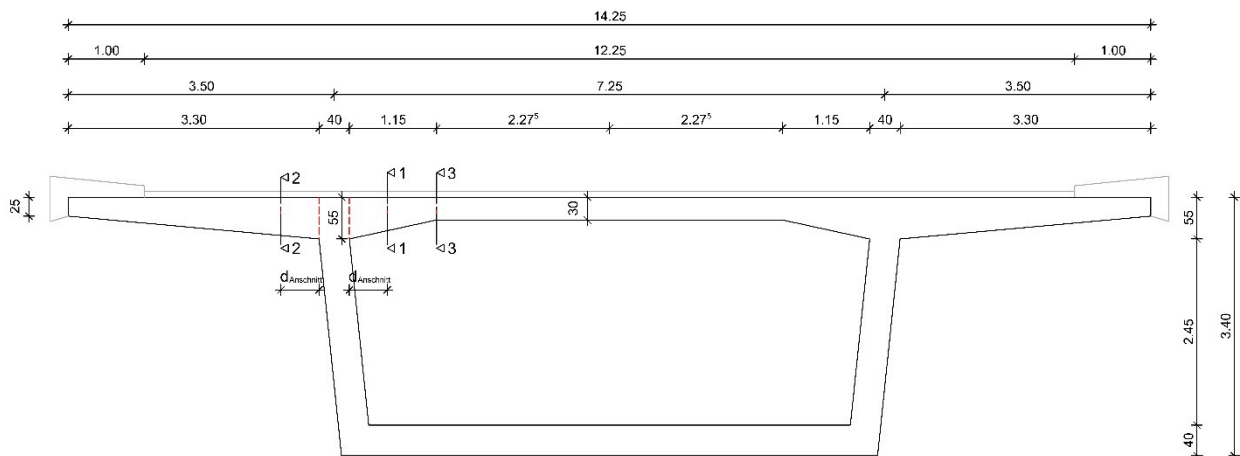


Bild C-2: Abmessung Hohlkastenquerschnitt, Darstellung der zu untersuchenden Nachweisschnitte

**Ermittlung der statischen Nutzhöhe d in den Nachweisschnitten:**

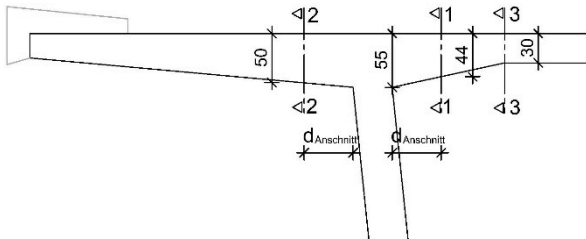


Bild C-3: Ausschnitt zur Darstellung der statischen Nutzhöhe d in den Nachweisschnitten

- Schnitt 1-1:  $h_{1-1} = 0,44 \text{ m}$   
 $d_{1-1} = 0,44 - 0,05 = 0,39 \text{ m}$
- Schnitt 2-2:  $h_{2-2} = 0,50 \text{ m}$   
 $d_{2-2} = 0,50 - 0,05 = 0,45 \text{ m}$
- Schnitt 3-3:  $h_{3-3} = 0,30 \text{ m}$   
 $d_{3-3} = 0,30 - 0,05 = 0,25 \text{ m}$

**Beanspruchungen infolge Eigengewicht, Ausbaulasten und Verkehrslasten:**

Eigengewicht  $g_{k1}$ :

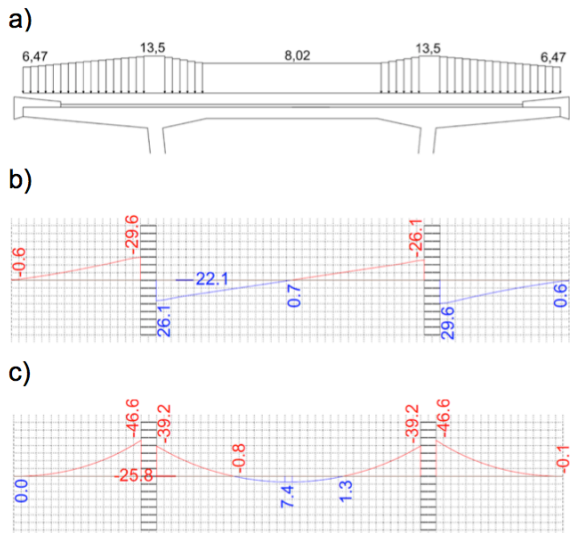


Bild C-4: a) Lastbild Eigengewicht  $g_{k1}$   
b) Querkraftverlauf Eigengewicht  $v_y$  [kN/m]  
c) Momentenverlauf Eigengewicht  $m_y$  [kNm/m]

$V_{gk1, 1-1} = 22,1 \text{ kN/m}$   
 $M_{gk1, 1-1} = 25,8 \text{ kNm/m}$

Ausbau  $g_{k2}$ :

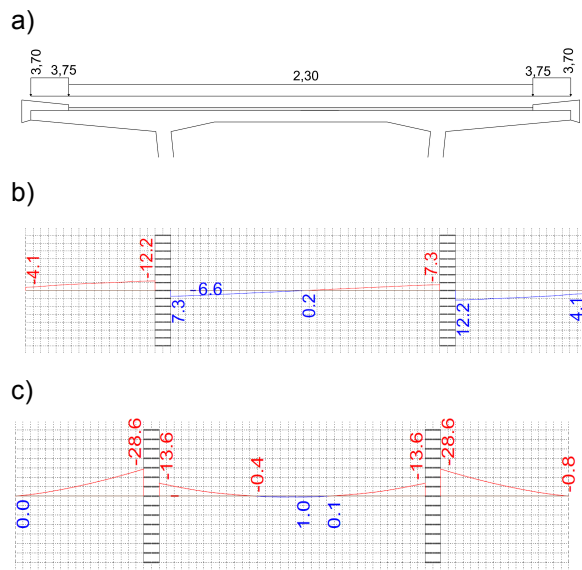


Bild C-5: a) Lastbild Ausbau  $g_{k2}$   
b) Querkraftverlauf Ausbau  $v_y$  [kN/m]  
c) Momentenverlauf Ausbau  $m_y$  [kNm/m]

$V_{gk2, 1-1} = 6,6 \text{ kN/m}$   
 $M_{gk2, 1-1} = 9,3 \text{ kNm/m}$

Verkehrslast UDL-Grundlast  $q_{k, UDL, Grund}$ :

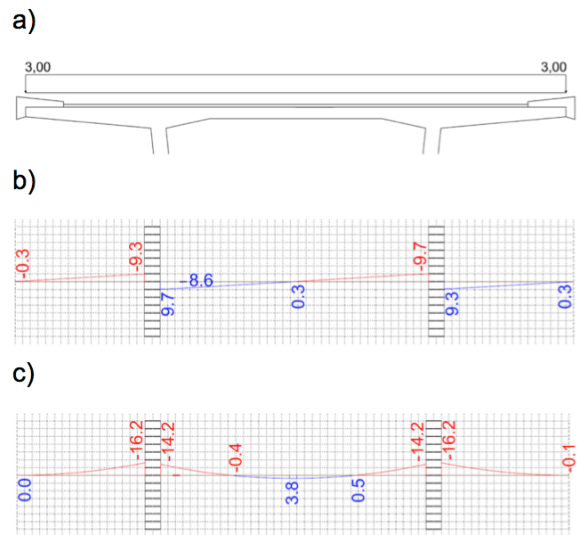


Bild C-6: a) Lastbild UDL-Grundlast  $q_{k, UDL, Grund}$   
b) Querkraftverlauf UDL-Grundlast  $v_y$  [kN/m]  
c) Momentenverlauf UDL-Grundlast  $m_y$  [kNm/m]

$V_{qk, UDL-Grund, 1-1} = 8,6 \text{ kN/m}$   
 $M_{qk, UDL-Grund, 1-1} = 9,6 \text{ kNm/m}$

**Schnitt 1-1**

Verkehrslast TS und UDL  $q_k, TS+UDL$ :

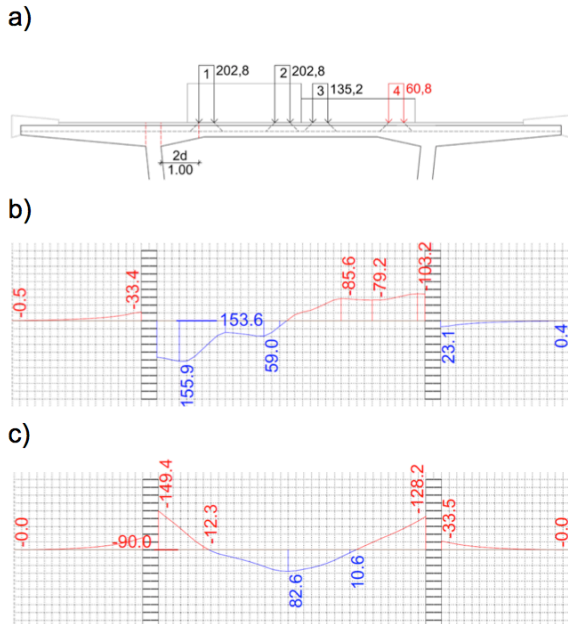


Bild C-7: a) Lastbild TS und UDL  $q_k, TS+UDL$   
 b) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt der Radachse  
 c) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im Schnitt der Radachse

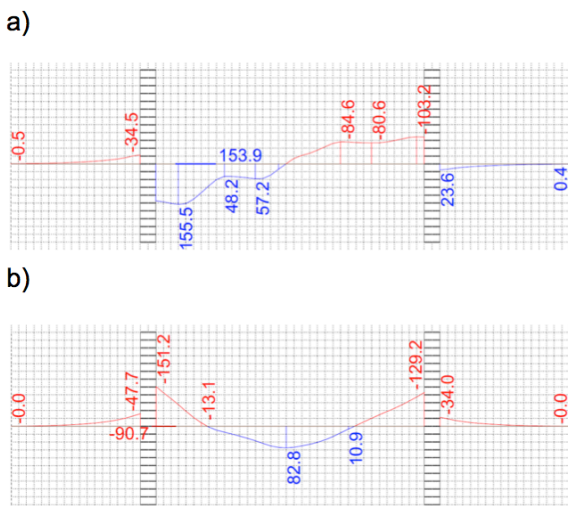


Bild C-8: a) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt zwischen den Radachsen  
 b) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im Schnitt zwischen den Radachsen

- $V_{qk, TS+UDL, 1-1, Rad} = 153,6 \text{ kN/m}$
- $M_{qk, TS+UDL, 1-1, Rad} = 90 \text{ kNm/m}$
- $V_{qk, TS+UDL, 1-1, mittig} = 153,9 \text{ kN/m (maßgebend)}$
- $M_{qk, TS+UDL, 1-1, mittig} = 90,7 \text{ kNm/m (maßgebend)}$

Querkraftbeanspruchung:

$$V_{Ed,1-1} = 1,35 \cdot (22,1 + 6,6) + 1,35 \cdot (8,6 + 153,9) = 258,1 \text{ kN/m}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit:

$$C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c = 0,15 / 1,5 = 0,1$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/390} = 1,72 \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{a_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{20,9}{100 \cdot 39,0} = 0,54 \% \leq 2,0 \%$$

$$V_{Rd,c,1-1} = \left[ 0,1 \cdot 1,72 \cdot (100 \cdot 0,0054 \cdot 45)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 1,0 \cdot 0,39 = 194 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} \cdot k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

mit:

$$v_{min} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} = \frac{0,0525}{1,5} \cdot \sqrt{1,72^3 \cdot 45} = 0,530$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c,min,1-1} = 0,530 \cdot 1,0 \cdot 0,39 = 206,7 \text{ kN/m}$$

$V_{Rd,c,min,1-1}$  ist maßgebend!

Ermittlung des Querkraftanteils  $V_{ccd}$  der geneigten Biegedruckkraft infolge der zugehörigen Momentenbeanspruchung:

$$V_{ccd} = \frac{M}{z} \cdot \sin \delta$$

$$M_{Ed,1-1} = 1,35 \cdot (25,8 + 9,3) + 1,35 \cdot (9,6 + 90,7) = 182,8 \text{ kNm/m}$$

$$\delta = 12,4^\circ \text{ (Neigungswinkel der Voute)}$$

$$V_{ccd} = \frac{182,8}{0,9 \cdot 0,39} \cdot \sin 12,4^\circ = 111,8 \text{ kN/m}$$

Der Querkraftwiderstand  $V_{Rd}$  ergibt sich damit zu:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{ccd} = 206,7 + 111,8 = 318,5 \text{ kN/m} > 258,1 \text{ kN}$$

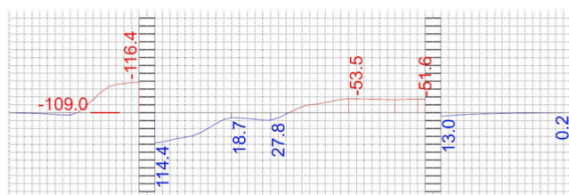
Nachweis mit  $V_{ccd}$  erfüllt!

**Schnitt 2-2**Verkehrslast TS und UDL  $q_k$ , TS+UDL:

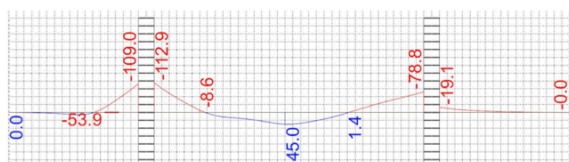
a)



b)



c)

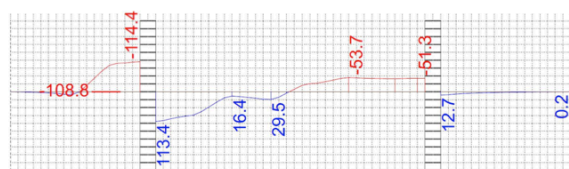
Bild C-9: a) Lastbild TS und UDL  $q_k$ , TS+UDLb) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt

der Radachse

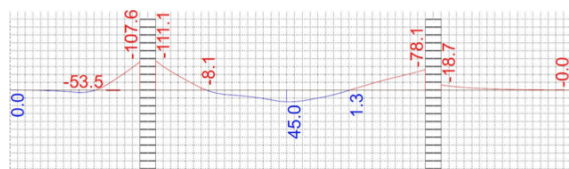
c) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im

Schnitt der Radachse

a)



b)

Bild C-10: a) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt

zwischen den Radachsen

b) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im

Schnitt zwischen den Radachsen

$$V_{qk, TS+UDL, 2-2, Rad} = 108,8 \text{ kN/m}$$

$$M_{qk, TS+UDL, 2-2, Rad} = 53,5 \text{ kNm/m}$$

$$V_{qk, TS+UDL, 2-2, mittig} = 109,0 \text{ kN/m (maßgebend)}$$

$$M_{qk, TS+UDL, 2-2, mittig} = 53,9 \text{ kNm/m (maßgebend)}$$

Querkraftbeanspruchung:

$$\begin{aligned} V_{Ed,2-2} &= 1,35 \cdot (25,1 + 11,4) + 1,35 \cdot (8,2 + 109) \\ &= 207,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit:

$$C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c = 0,15 / 1,5 = 0,1$$

$$\begin{aligned} k &= 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/450} \\ &= 1,67 \leq 2,0 \end{aligned}$$

$$\rho_l = \frac{a_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{20,9}{100 \cdot 45} = 0,46 \% \leq 2,0 \%$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,2-2} &= \left[ 0,1 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,0046 \cdot 45)^{\frac{1}{3}} \right] \\ &\quad \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 207 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} \cdot k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

mit:

$$\begin{aligned} v_{min} &= \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} \\ &= \frac{0,0525}{1,5} \cdot \sqrt{1,67^3 \cdot 45} = 0,507 \end{aligned}$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c,min,2-2} = 0,507 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 228,2 \text{ kN/m}$$

 $V_{Rd,c,min,2-2}$  ist maßgebend!Ermittlung des Querkraftanteils  $V_{ccd}$  der geneigten Biegedruckkraft infolge der zugehörigen Momentenbeanspruchung:

$$V_{ccd} = \frac{M}{z} \cdot \sin \delta$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,2-2} &= 1,35 \cdot (32,3 + 22,6) + 1,35 \cdot (12 + 53,9) \\ &= 162,7 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\delta = 5,2^\circ \text{ (Neigungswinkel der Voute)}$$

$$V_{ccd} = \frac{162,7}{0,9 \cdot 0,45} \cdot \sin 5,2^\circ = 36,4 \text{ kN/m}$$

Der Querkraftwiderstand  $V_{Rd}$  ergibt sich damit zu:

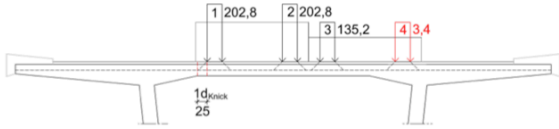
$$\begin{aligned} V_{Rd} &= V_{Rd,c} + V_{ccd} = 228,2 + 36,4 \\ &= 264,6 \text{ kN/m} > 207,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nachweis mit  $V_{ccd}$  erfüllt!

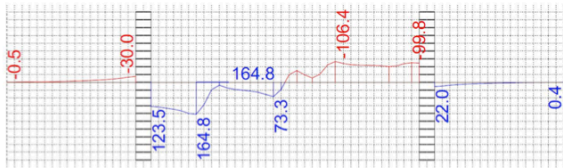
**Schnitt 3-3**

Verkehrslast TS und UDL  $q_{k, TS+UDL}$ :

a)



b)



c)

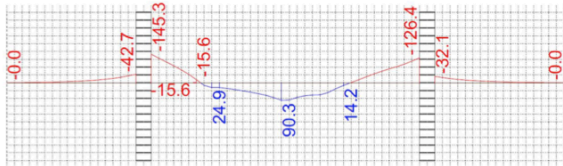
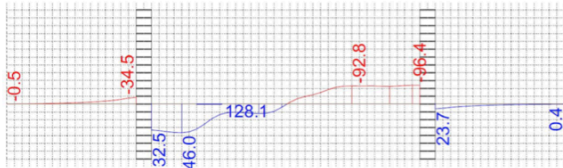


Bild C-11: a) Lastbild TS und UDL  $q_{k, TS+UDL}$   
 b) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt der Radachse  
 c) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im Schnitt der Radachse

a)



b)

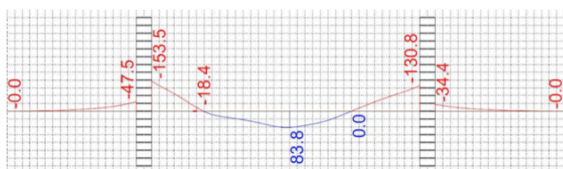


Bild C-12: a) Querkraftverlauf TS und UDL  $v_y$  [kN/m] im Schnitt zwischen den Radachsen  
 b) Momentenverlauf TS und UDL  $m_y$  [kNm/m] im Schnitt zwischen den Radachsen

$V_{qk, TS+UDL, 3-3, Rad} = 164,8 \text{ kN/m}$  (maßgebend)

$M_{qk, TS+UDL, 3-3, Rad} = 15,6 \text{ kNm/m}$

$V_{qk, TS+UDL, 3-3, mittig} = 128,1 \text{ kN/m}$

$M_{qk, TS+UDL, 3-3, mittig} = 18,6 \text{ kNm/m}$  (maßgebend)

Querkraftbeanspruchung:

$$V_{Ed,3-3} = 1,35 \cdot (16,9 + 5,2) + 1,35 \cdot (6,8 + 164,8) = 261,5 \text{ kN/m}$$

Querkrafttragfähigkeit:

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit:

$C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c = 0,15 / 1,5 = 0,1$

$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/250} = 1,89 \leq 2,0$

$\rho_l = \frac{a_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{20,9}{100 \cdot 25} = 0,84 \% \leq 2,0 \%$

$$V_{Rd,c,3-3} = \left[ 0,1 \cdot 1,89 \cdot (100 \cdot 0,0084 \cdot 45)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 159 \text{ kN/m}$$

$V_{Rd,c,min} = [v_{min} \cdot k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

mit:

$v_{min} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$

$= \frac{0,0525}{1,5} \cdot \sqrt{1,89^3 \cdot 45} = 0,610$

$\sigma_{cp} = 0$

$V_{Rd,c,min,3-3} = 0,610 \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 152,5 \text{ kN/m}$

$V_{Rd,c,3-3}$  ist maßgebend!

Der Querkraftwiderstand  $V_{Rd}$  ergibt sich damit zu:

$V_{Rd} = V_{Rd,c} = 159 < 261,5 \text{ kN}$

Nachweis nicht erfüllt!



## C.2 Plattenbalkenquerschnitt

### Allgemeines:

Zunächst wird die Querkraftbeanspruchung am räumlichen FE-Modell für den nachfolgend dargestellten Brückenquerschnitt ermittelt. Anschließend erfolgt der Nachweis für den Schnitt 1-1 im Abstand  $1,0d_{\text{Anschnitt}}$  des Innenfeldes.

Angaben zum FE-Modell:

- C45/55
- $d_{\text{Anschnitt}} = 0,5 \text{ m} = d_{1-1}$
- Geometrische Abmessungen:  
Längsrichtung: Einfeldträger mit einer Spannweite von 40,00 m  
Querrichtung:
- Modellierung der Fahrbahnplatte mit Schalenelementen; Stege sowie Querbalken als Stabelemente. Die Stege des Plattenbalkens werden starr mit den Schalenelementen der Fahrbahnplatte gekoppelt
- Elementgröße 20 cm x 20 cm
- Anordnung der Schalenelemente der Fahrbahnplatte unterhalb der jeweiligen Knoten
- Starre Kopplung der Fahrbahnplatte an die Stege, vgl. Kapitel 8.
- Auflagerbedingungen: Punktlagerung
- Eigengewicht  $g_{k1}$  wird programmintern ermittelt
- Ausbaulasten  $g_{k2}$ :  
Kappengesims beidseitig:  $3,7 \text{ kN/m}^2$  am Kragarmende  
Kappe beidseitig:  $3,75 \text{ kN/m}^2$   
Fahrbahnbelag:  $2,3 \text{ kN/m}^2$  zwischen den Kappen

- Verkehrslasten LM1:  
UDL-Grundlast  $q_{k, \text{UDL-Grund}}$ :  $3,0 \text{ kN/m}^2$   
UDL-Überlast:  $q_{k, \text{UDL}}$ :
  - Fahrstreifen 1:  $9,0 \text{ kN/m}^2$
  - Fahrstreifen 2:  $3,0 \text{ kN/m}^2$
- TS  $q_{k, \text{TS}}$ :  
Fahrstreifen 1:  $150 \text{ kN} / (0,86 \text{ m} \times 0,86 \text{ m}) = 202,8 \text{ kN/m}^2$   
Fahrstreifen 2:  $100 \text{ kN} / (0,86 \text{ m} \times 0,86 \text{ m}) = 135,2 \text{ kN/m}^2$   
Fahrstreifen 3:  $50 \text{ kN} / (0,86 \text{ m} \times 0,86 \text{ m}) = 67,6 \text{ kN/m}^2$
- Lastausbreitung bis zur Plattenmitte, Bild C-13
- Anordnung des TS in Feldmitte der Längsrichtung
- Für Querkraftgrenzlinie: Lastpaket aus TS und UDL wird in Schritten, die der Elementgröße entsprechen, also 20 cm, quer über das System geschoben.
- Abminderung auflagernaher Einzellasten gemäß DIN EN 1992-2, 6.2.2.

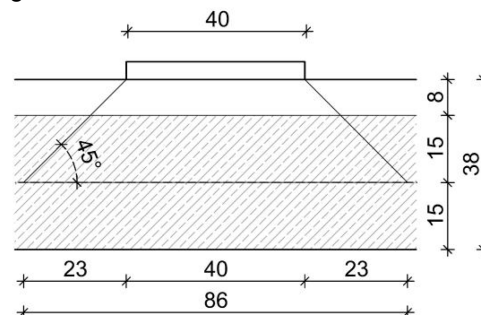


Bild C-13: Lastausbreitung bis zur Plattenmitte

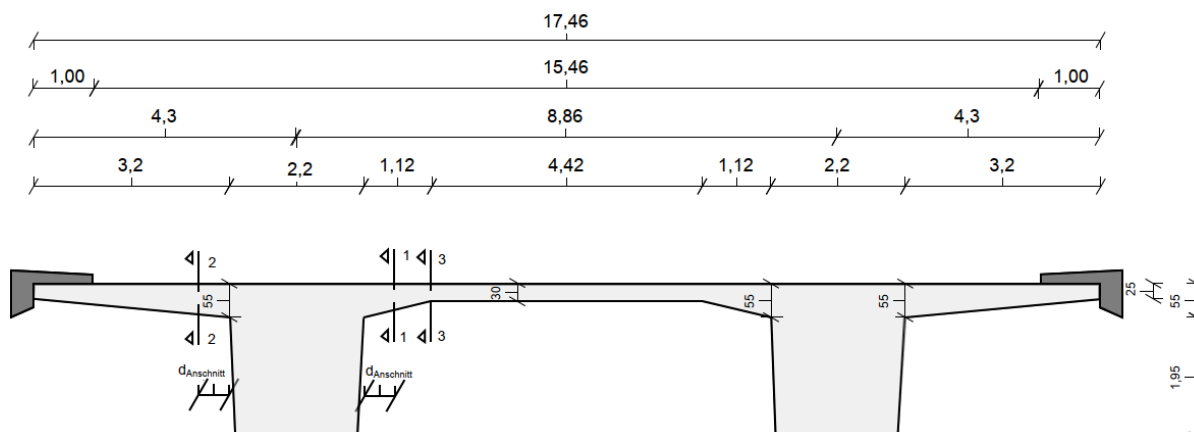


Bild C-14: Abmessungen Plattenbalkenquerschnitt, Darstellung der zu untersuchenden Nachweisschnitte

**Beanspruchung infolge Eigengewicht, Ausbaulasten und Verkehrslasten:**

Eigengewicht  $g_{k1}$ :

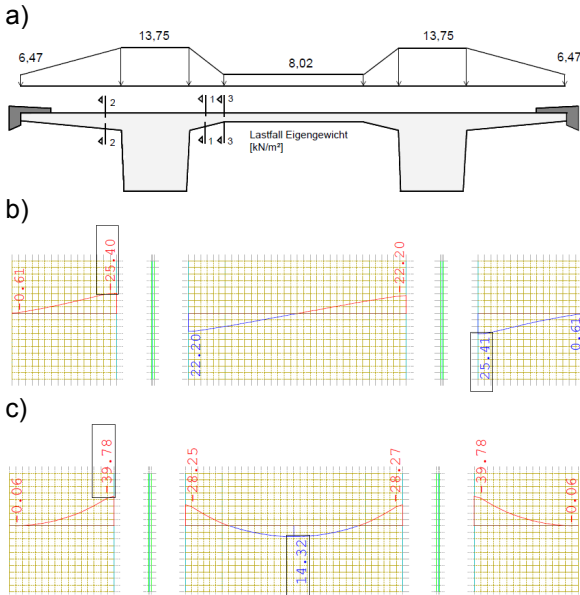


Bild C-15: a) Lastbild Eigengewicht  $g_{k1}$   
 b) Querkraftverlauf  $v_y$  [kN/m]  
 c) Momentenverlauf  $m_y$  [kNm/m] in Feldmitte

Schnitt 1-1:  $V_{gk1, 1-1} = 20,5 \text{ kN/m}$   
 $M_{gk1, 1-1} = -18,3 \text{ kNm/m}$

Ausbaulast  $g_{k2}$ :

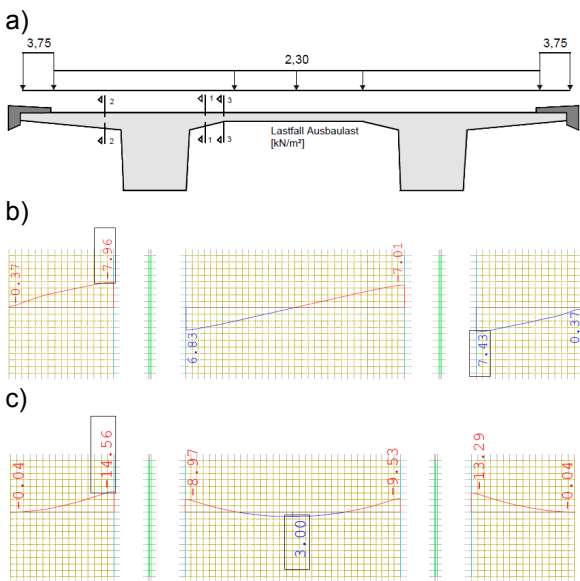


Bild C-16: a) Lastbild Ausbaulasten  $g_{k2}$   
 b) Querkraftverlauf  $v_y$  [kN/m]  
 c) Momentenverlauf  $m_y$  [kNm/m] in Feldmitte

Schnitt 1-1:  $V_{gk2, 1-1} = 6,2 \text{ kN/m}$   
 $M_{gk2, 1-1} = -6,31 \text{ kNm/m}$

Verkehrslast UDL-Grundlast  $q_k$ , UDL-Grund:

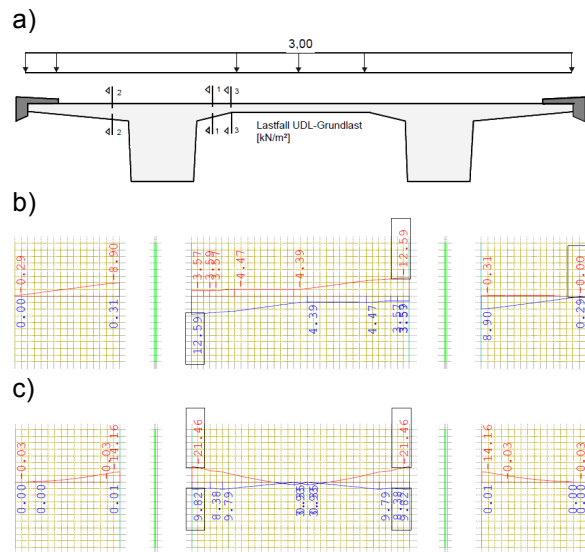


Bild C-17: a) Lastbild UDL-Grundlast  $q_k$ , UDL-Grund  
 b) Querkraftverlauf  $v_y$  [kN/m]  
 c) Momentenverlauf  $m_y$  [kNm/m] in Feldmitte

Schnitt 1-1:  $V_{qk, \text{UDL-Grund}, 1-1} = 11,9 \text{ kN/m}$   
 $M_{qk, \text{UDL-Grund}, 1-1} = -16,9 \text{ kNm/m}$

Verkehrslast TS und UDL  $q_k$ , TS+UDL Überlast:

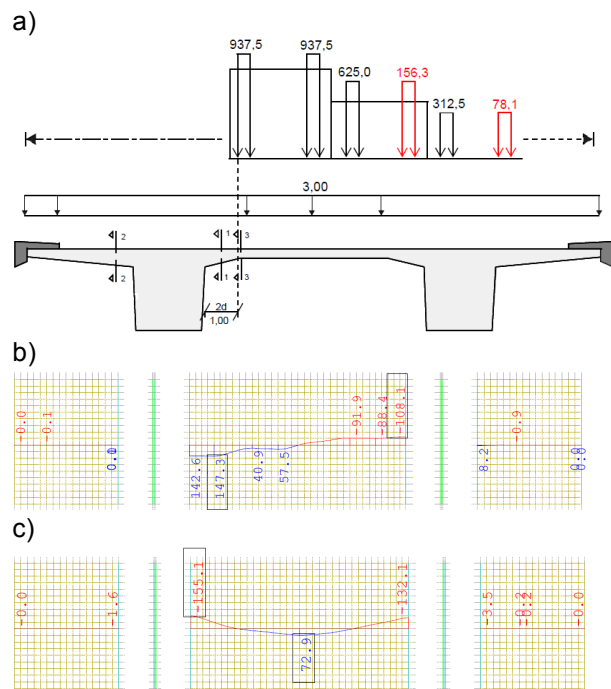
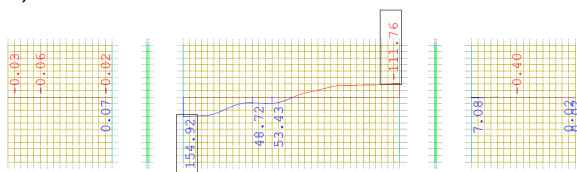


Bild C-18: a) Lastbild Verkehrslast  $q_k$ , TS+UDL  
 b) Querkraftverlauf  $v_y$  [kN/m]  
 c) Momentenverlauf  $m_y$  [kNm/m] in Radachse

Schnitt 1-1:  $V_{qk, \text{TS+UDL}, 1-1} = 146,9 \text{ kN/m}$   
 $M_{qk, \text{TS+UDL}, 1-1} = -109,7 \text{ kNm/m}$

a)



b)

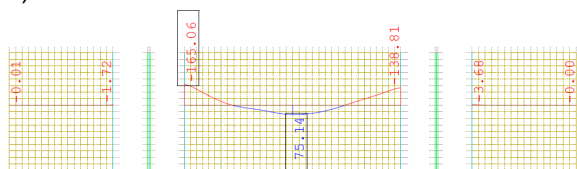


Bild C-19: a) Querkraftverlauf  $v_y$  [kN/m] aus  $q_{k, TS+UDL}$   
 b) Momentenverlauf  $m_y$  [kNm/m] in Feldmitte  
 zwischen den Radachsen

$$\text{Schnitt 1-1: } V_{qk, TS+UDL, 1-1} = 154,7 \text{ kN/m}$$

$$M_{qk, TS+UDL, 1-1} = -113,5 \text{ kNm/m}$$

In Radachse:

$$V_{Ed,1-1} = 1,35 \cdot (20,5 + 6,2) + 1,35 \cdot (11,9 + 146,9)$$

$$= 250,4 \text{ kN/m}$$

Zwischen den Radachsen:

$$V_{Ed,1-1} = 1,35 \cdot (20,5 + 6,2) + 1,35 \cdot (11,9 + 154,7)$$

$$= 261,0 \text{ kN/m}$$

### Ermittlung der statischen Nutzhöhe $d$ in den Nachweisschnitten:

$$\text{Schnitt 1-1: } h_{1-1} = 0,44 \text{ m}$$

$$d_{1-1} = 0,44 - 0,05 = 0,39 \text{ m}$$

### Querkrafttragfähigkeit:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d$$

$$\text{mit: } C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_c = 0,15/1,5 = 0,1$$

$$k_{1-1} = 1 + \sqrt{200/d_{1-1}} = 1 + \sqrt{200/390}$$

$$= 1,72 \leq 2,0$$

$$\rho_{l,1-1} = \frac{a_{sl}}{b_w \cdot d_{1-1}} = \frac{20,9}{100 \cdot 39} = 0,54 \% \leq 2,0 \%$$

$$V_{Rd,c,1-1} = [0,1 \cdot 1,72 \cdot (100 \cdot 0,0054 \cdot 45)^{1/3}]$$

$$\cdot 1,0 \cdot 0,39 = 193,4 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$\text{mit: } v_{min,1-1} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot \sqrt{k_{1-1}^3 \cdot f_{ck}}$$

$$= \frac{0,0525}{1,5} \cdot \sqrt{1,72^3 \cdot 45} = 0,530$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$V_{Rd,c,min,1-1} = 0,530 \cdot 1,0 \cdot 0,39 = 206,6 \text{ kN/m}$$

$V_{Rd,c,min,1-1}$  ist maßgebend

Ermittlung des Querkraftanteils  $V_{ccd}$  der geneigten Biegedruckkraft infolge der zugehörigen Momentenbeanspruchung:

$$V_{ccd} = \frac{M}{Z} \cdot \sin \delta$$

$$M_{Ed,1-1} = 1,35 \cdot (-18,3 - 6,31) + 1,35 \cdot (-16,9 - 113,5)$$

$$= -209,3 \text{ kNm/m}$$

$$\delta = 12,6^\circ \text{ (Neigung der Voute)}$$

$$V_{ccd} = \frac{209,3}{0,9 \cdot 0,39} \cdot \sin 12,6^\circ = 130,1 \text{ kN/m}$$

Der Querkraftwiderstand  $V_{Rd}$  ergibt sich damit zu:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{ccd} = 206,6 + 130,1 = 336,7 \text{ kN/m}$$

$$= 336,7 \text{ kN/m} > 261,0 \text{ kN/m}$$

Somit wird der Nachweis mit  $V_{ccd}$  erfüllt.

Beispielshafter Vergleich der Einwirkungs- mit der Widerstandsseite unter Ausschluss von  $V_{ccd}$ :

$$V_{Ed,1-1} = 261,0 \text{ kN/m} < V_{Rd,c,1-1} = 206,7 \text{ kN/m}$$

(nicht OK)

Nachweis wäre unter Ausschluss von  $V_{ccd}$  nicht erfüllt.

### C.3 Zusammenfassung

#### Hohlkastenquerschnitt:

$$a_{sl}=20,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

	Berechnung nach Kapitel 8			Berechnung nach aktueller Norm					
	$V_{Ed}$ [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$\mu$ [-]	$V_{Ed}$ [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$\mu$ [-]	$V_{ccd}$ [kN/m]	$V_{Rd,c} + V_{ccd}$ [kN/m]	$\mu$ [-]
Schnitt 1-1	257,7	291,0	<b>0,89</b>	258,1	206,7	<b>1,25</b>	111,8	318,5	<b>0,81</b>
Schnitt 2-2	207,5	310,0	<b>0,67</b>	207,5	228,2	<b>0,91</b>	36,4	264,6	<b>0,78</b>
Schnitt 3-3	240,6	238,0	<b>1,00</b>	261,5	159,0	<b>1,64</b>	0,0	159,0	<b>1,64</b>

#### Plattenbalkenquerschnitt:

$$a_{sl}=20,9 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{zwischen Radachsen}$$

	Berechnung nach Kapitel 8			Berechnung nach aktueller Norm					
	$V_{Ed}$ [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$\mu$ [-]	$V_{Ed}$ [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$\mu$ [-]	$V_{ccd}$ [kN/m]	$V_{Rd,c} + V_{ccd}$ [kN/m]	$\mu$ [-]
Schnitt 1-1	277,70	277,00	<b>1,00</b>	261,02	206,6	<b>1,26</b>	130,1	336,7	<b>0,78</b>
Schnitt 2-2	194,94	296,00	<b>0,66</b>	192,05	227,33	<b>0,84</b>	39,3	266,63	<b>0,72</b>
Schnitt 3-3	218,70	227,40	<b>0,96</b>	212,44	158,70	<b>1,34</b>	0,00	158,70	<b>1,34</b>