

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_{Spann} Spannweite

l_{Krag} Kraglänge

h_{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

ρ_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_{fq} 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

τ_{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 _g	b _{F,y}	d	a _s	ρ _I
			-	-	m	m	m	mm	m	mm	cm ² /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	(Nataro et al., 2014)	SN2A	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
20	(Nataro et al., 2014)	SN3A	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
21	(Nataro et al., 2014)	SN2B	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
22	(Nataro et al., 2014)	SN3B	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
23	(Nataro et al., 2014)	SN5D	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
24	(Nataro et al., 2014)	SN6D	K	e_DW	3	1,25	0,18	32	0,4	152	20,11	1,32
25	(Nataro et al., 2015)	FN6W	K	e_DW	3	1,5	0,25	16	0,4	210	20,11	0,96
26	(Nataro 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 _g	d	ρ _l	f _{ck}	a _v /d	γ _{exp}	τ _{exp}
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm ²
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 _g	d	ρ ₁	f _{ck}	a _{√d}	v _{exp}	τ _{exp}
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm ²
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 _g	d	ρ _l	f _{ck}	a _{√d}	v _{exp}	τ _{exp}
			-		m	mm	mm	%	Mpa		kN/m	N/mm ²
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 _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,50	1,91	472,58	1,96
63		MS5C (VK1-2)	EP	fd + e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,50	4,41	303,55	1,26
64		MS5B (VK3-1)	EP	fd + e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,50	3,16	306,36	1,27
65		MP5B (VK3-2)	EP	fd + e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,50	3,16	317,95	1,32
66		MS5B-dr (VK6-1)	EP	fd + e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,74	3,16	320,08	1,33
67		MP/25B (VK6-2)	EP	fd + e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,74	3,16	281,06	1,17
68		CS5A (VK7-1)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,02	1,91	323,29	1,34
69	(Reißen, Hegger, 2017)	CS5C (VK7-2)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	37,02	4,41	304,42	1,27
70		CS5B-1 (VK9-1)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,85	3,16	285,49	1,19
71		CP5B-1 (VK9-2)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,85	3,16	293,02	1,22
72		CS5B-h-1 (VK12-1)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	31,91	3,16	292,64	1,22
73		CP5B-h-1 (VK12-2)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	32,85	3,16	314,23	1,31
74		MS5A-dr (VK13-1)	EP	fd + e _{DW}	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 _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	301,54	1,25
77		CP5B-h-2 (VK15-2)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	315,59	1,31
78		CS5B-2 (VK16-1)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	303,37	1,26
79		CP5B-2 (VK16-2)	K	e _{DW}	0,50	16	240,5	0,98	33,36	3,16	261,84	1,09
80	(Jäger, Marti, 2005)	A3V1	K	e _{DW}	0,80	16	162	1,75	54,80	3,33	331,06	2,04
81		A5V1	K	e _{DW}	0,80	16	174	1,08	52,70	3,10	276,75	1,59
82		B3V1	K	e _{DW}	2,00	16	405	1,75	49,70	3,33	635,69	1,57
83		B5V1	K	e _{DW}	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 _g	d	ρ_1	f_{ck}	$a_{\sqrt{d}}$	ν_{exp}	τ_{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	5 =WB5 (Regan 1983)	EP	fd	0,60	10	83	1,58	23,73	4,22	134,75	1,62	
104	(Regan, Rezai-Jorabi, 1988)	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

Section	6.2.2 (1)
Parameter	$C_{Rd,c}$, v_{min} , k_1
Description	coefficients for calibration of the expressions (6.2) for the shear resistance of members not requiring design shear reinforcement
Beschreibung	Beiwerte zur empirischen Kalibrierung der Gleichungen (6.2) für den Querkraftwiderstand für Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung
recommended values	$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_C$ $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ $k_1 = 0,15$
Values in the National Annexes	
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, ≥ 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 (σ_{cp} negative for tension) $v_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ($f_{ck} \leq 65$ N/mm ²)
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 ²
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_{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/m²
Fahrbahnbelag: 2,3 kN/m²
- Verkehrslasten LM1:
UDL-Grundlast $q_{k, \text{UDL-Grund}}$: 3,0 kN/m²
UDL-Überlast $q_{k, \text{UDL}}$: FS1: 9,0 kN/m²
FS2: 3,0 kN/m²
- TS $q_{k, \text{TS}}$:
FS1: 150 kN/(0,86 x 0,86 m) = 202,8 kN/m²
FS2: 100 kN/(0,86 x 0,86 m) = 135,2 kN/m²
FS3: 50 kN/(0,86 x 0,86 m) = 67,6 kN/m²
- 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

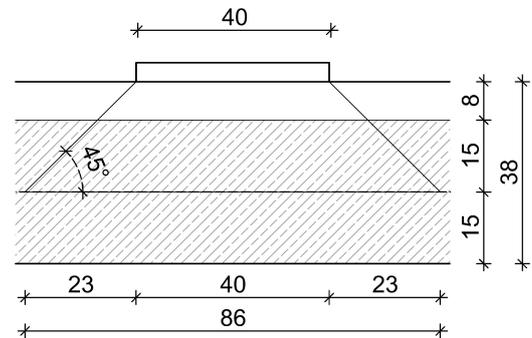


Bild C-1: Lastausbreitung bis zur Plattenmitte

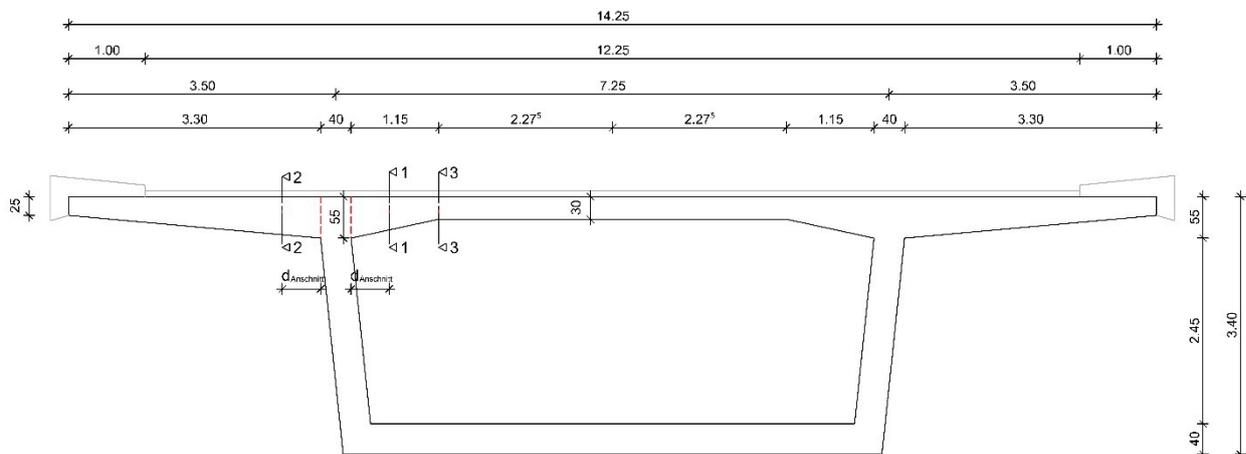


Bild C-2: Abmessung Hohlkastenquerschnitt, Darstellung der zu untersuchenden Nachweisschnitte

Ermittlung der statischen Nutzhöhe d in den Nachweisschnitten:

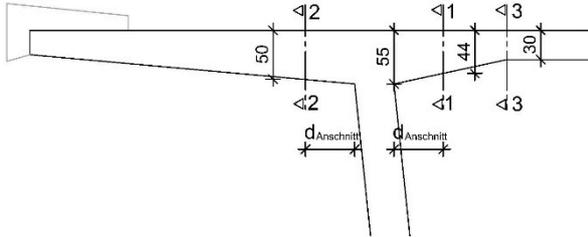


Bild C-3: Ausschnitt zur Darstellung der statischen Nutzhöhe d in den Nachweisschnitten

- 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} :

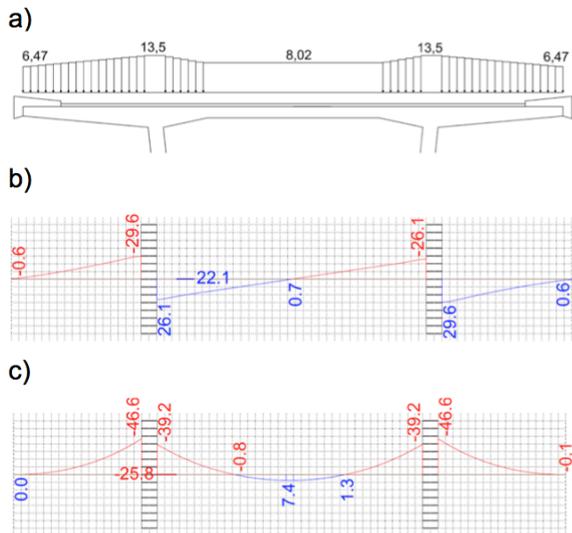


Bild C-4: a) Lastbild Eigengewicht g_{k1}
b) Querkraftverlauf Eigengewicht v_y [kN/m]
c) Momentenverlauf Eigengewicht m_y [kNm/m]

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

Ausbau g_{k2} :

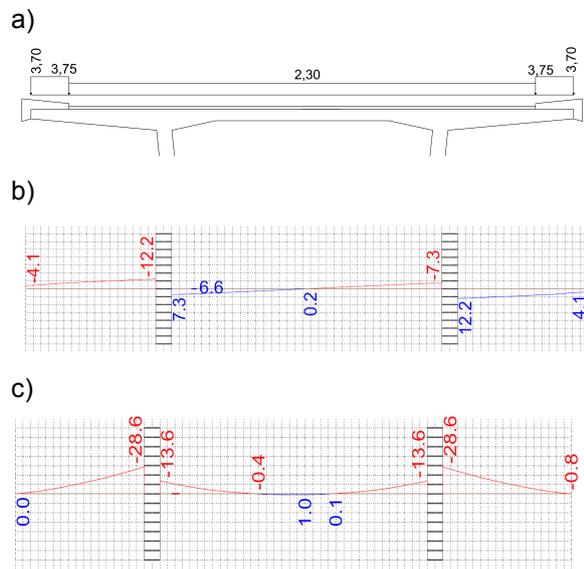


Bild C-5: a) Lastbild Ausbau g_{k2}
b) Querkraftverlauf Ausbau v_y [kN/m]
c) Momentenverlauf Ausbau m_y [kNm/m]

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

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

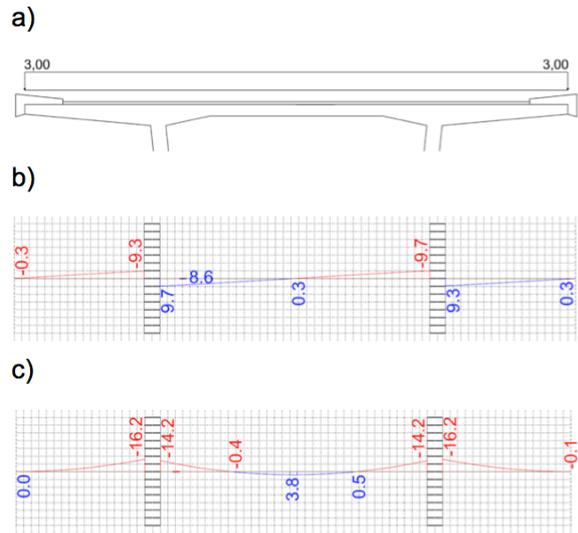


Bild C-6: a) Lastbild UDL-Grundlast $q_{k, UDL, Grund}$
b) Querkraftverlauf UDL-Grundlast v_y [kN/m]
c) Momentenverlauf UDL-Grundlast m_y [kNm/m]

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

Schnitt 1-1

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

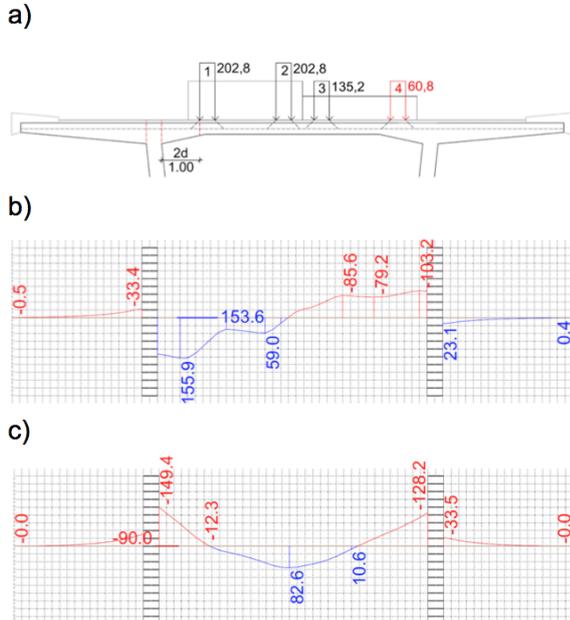


Bild C-7: a) Lastbild TS und UDL $q_k, TS+UDL$
 b) Querkraftverlauf TS und UDL v_y [kN/m] im Schnitt der Radachse
 c) Momentenverlauf TS und UDL m_y [kNm/m] im Schnitt der Radachse

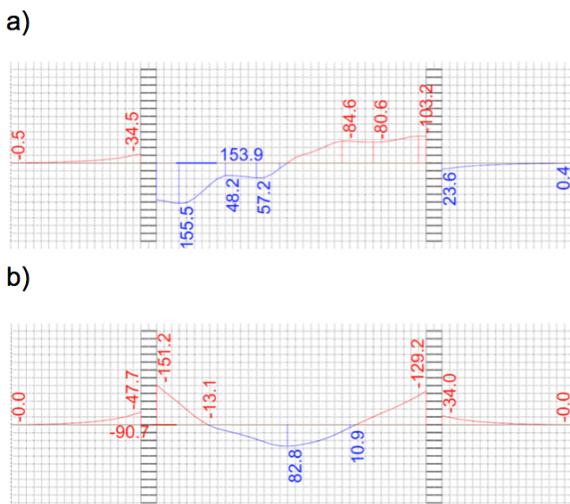


Bild C-8: a) Querkraftverlauf TS und UDL v_y [kN/m] im Schnitt zwischen den Radachsen
 b) Momentenverlauf TS und UDL m_y [kNm/m] im Schnitt zwischen den Radachsen

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

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

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

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

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

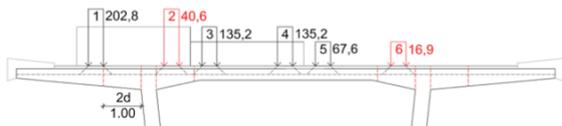
Der Querkraftwiderstand V_{Rd} ergibt sich damit zu:

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

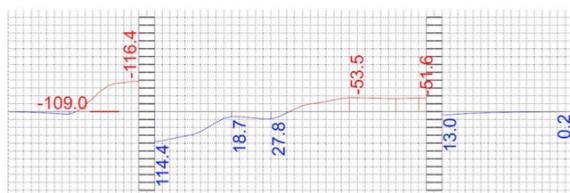
Nachweis mit V_{ccd} erfüllt!

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

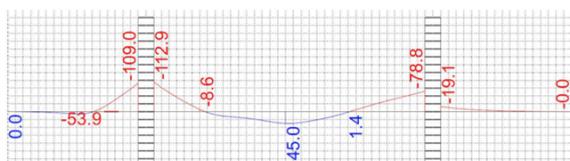
a)



b)

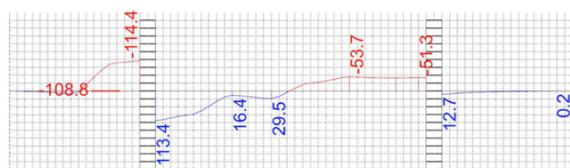


c)

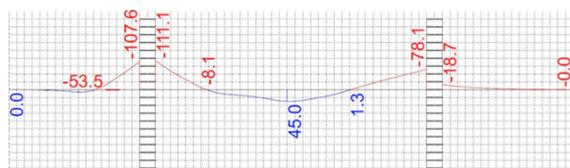
Bild C-9: a) Lastbild TS und UDL q_k , TS+UDL

- 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-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:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{ccd} = 228,2 + 36,4$$

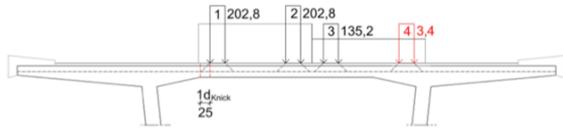
$$= 264,6 \text{ kN/m} > 207,5 \text{ kN}$$

Nachweis mit V_{ccd} erfüllt!

Schnitt 3-3

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

a)



b)



c)

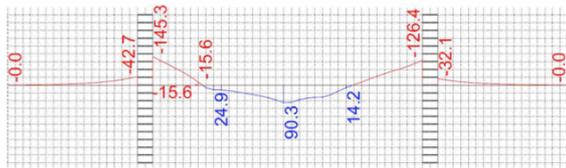


Bild C-11: a) Lastbild TS und UDL $q_{k, TS+UDL}$

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)

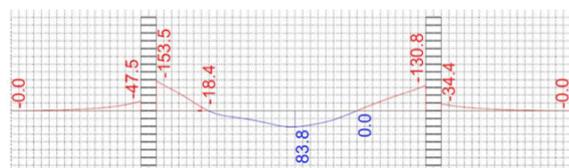


Bild C-12: a) Querkraftverlauf TS und UDL v_y [kN/m] im Schnitt zwischen den Radachsen

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 auflagnaher Einzellasten gemäß DIN EN 1992-2, 6.2.2.

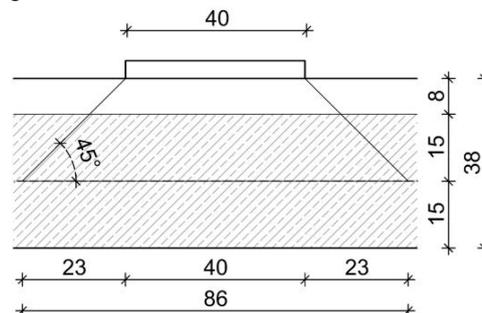


Bild C-13: Lastausbreitung bis zur Plattenmitte

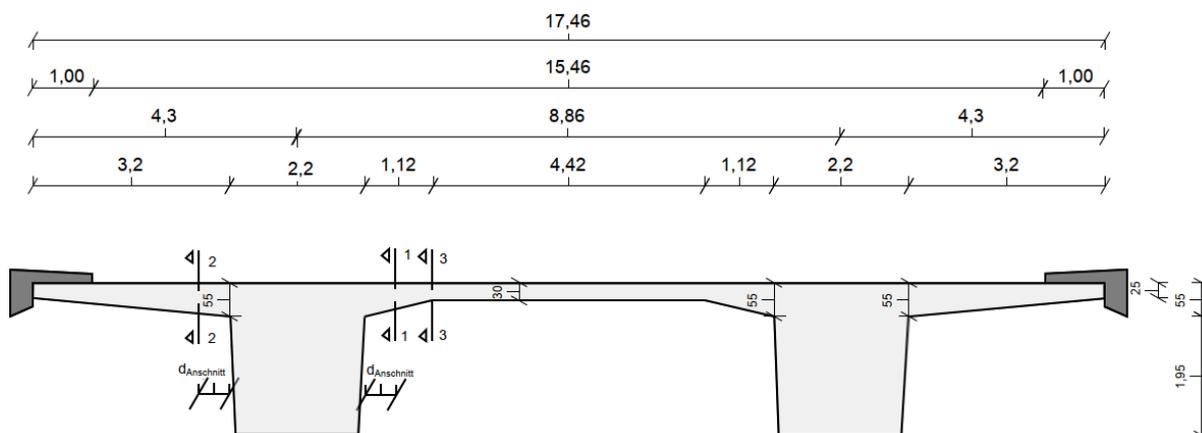


Bild C-14: Abmessungen Plattenbalkenquerschnitt, Darstellung der zu untersuchenden Nachweisschnitte

Beanspruchung infolge Eigengewicht, Ausbaulasten und Verkehrslasten:

Eigengewicht g_{k1} :

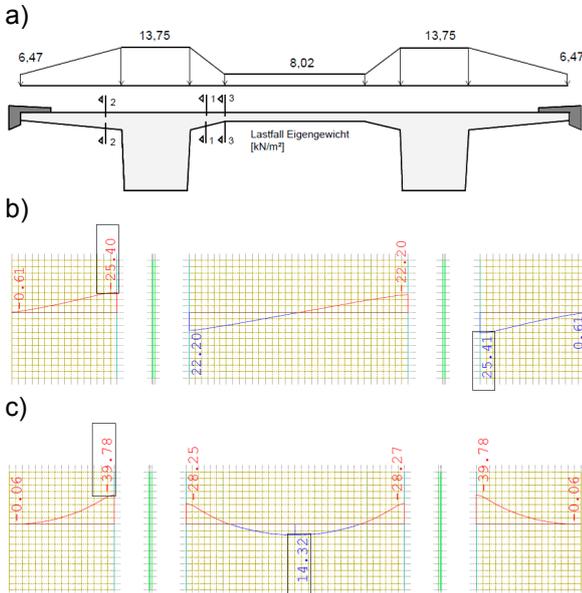


Bild C-15: a) Lastbild Eigengewicht g_{k1}
 b) Querkraftverlauf v_y [kN/m]
 c) Momentenverlauf m_y [kNm/m] in Feldmitte

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

Ausbaulast g_{k2} :

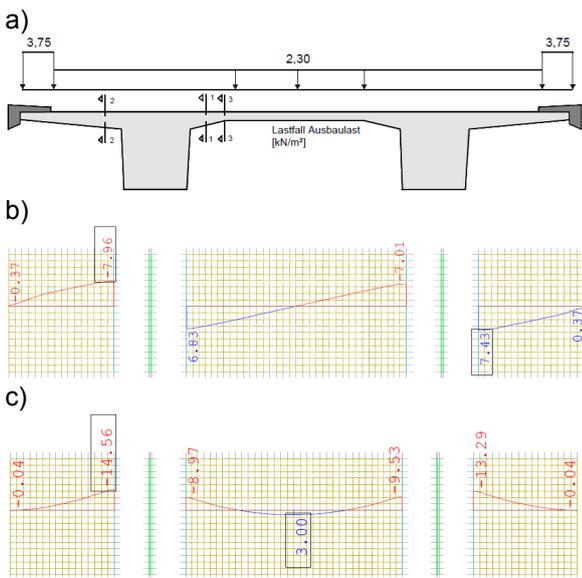


Bild C-16: a) Lastbild Ausbaulasten g_{k2}
 b) Querkraftverlauf v_y [kN/m]
 c) Momentenverlauf m_y [kNm/m] in Feldmitte

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:

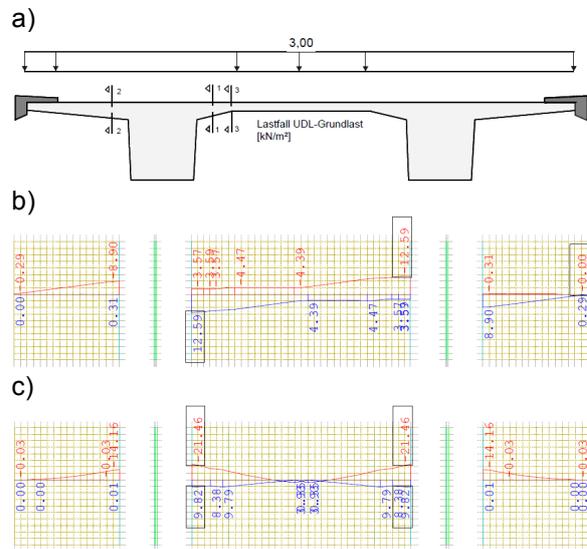


Bild C-17: a) Lastbild UDL-Grundlast q_k , UDL-Grund
 b) Querkraftverlauf v_y [kN/m]
 c) Momentenverlauf m_y [kNm/m] in Feldmitte

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:

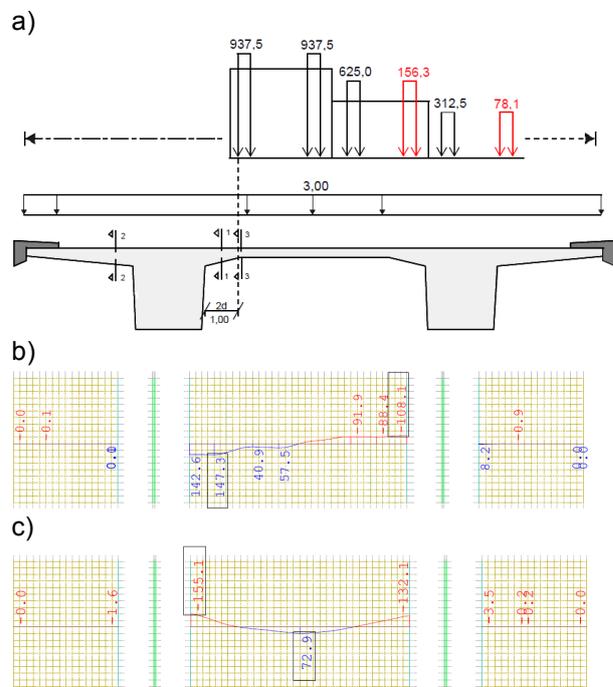
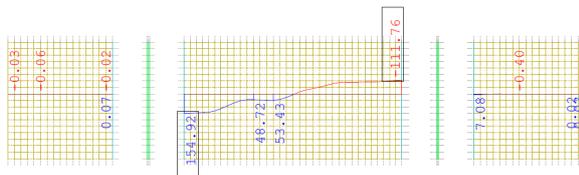


Bild C-18: a) Lastbild Verkehrslast q_k , TS+UDL
 b) Querkraftverlauf v_y [kN/m]
 c) Momentenverlauf m_y [kNm/m] in Radachse

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)

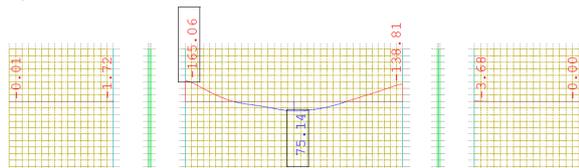


Bild C-19: a) Querkraftverlauf v_y [kN/m] aus $q_{k, TS+UDL}$
 b) Momentenverlauf m_y [kNm/m] in Feldmitte
 zwischen den Radachsen

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

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

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

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