



**INGENIEURBÜRO
LEHMANN + PARTNER**

Beratende Ingenieure & Architekten

STRASSENBAU/INGENIEURBAU
TRAGWERKSPLANUNG
ZERTIFIZIERTE BAUWERKSPRÜFUNG
WASSERWIRTSCHAFT



- Schmutzfrachtsimulation
- Hydrodynamische
Kanalinetzberechnung

ZERTIFIZIERTER
KANAL-SANIERUNGS-BERATER®
ARCHITEKTUR/GEWERBEBAU
BAUÜBERWACHUNG
SiGe-PLANUNG
KOORDINIERUNG BGR 128, 6A

Bauherr / Auftraggeber:

Landestalsperrenverwaltung des
Freistaates Sachsen
FM/Z
Rauenstein 6A

09514 Lengefeld

Büro Burkhardtsdorf:
Telefon: 03721- 600 5 (0)
Fax: 03721 - 600 5 55

Büro Chemnitz:
0371 - 495 128 50
0371 - 495 128 55

e-mail: info@ib-lehmann.de

<http://www.ib-lehmann.de>

Standortsicherheitsnachweis

Bauvorhaben:

**Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3, Maßnahme M4
FG Würschnitz in Chemnitz
Klaffenbach, Birkencenter bis Wasserschloss
Projekt -Nr.5.232.7151.001**

M4.20R – M4.60L

Planungsphase:

Lph 4

Proj.-Nr.:

LTV-1303

Ausfertigung:

1. Ausfertigung

Datum:

07.03.2016

Dipl.-Ing. (FH) D. Klitzsch
FB.-Ltr. Ing.-bau

Dipl.-Ing. Giso Lehmann
Geschäftsführer



Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3

Maßnahme M4

FG Würschnitz in Chemnitz

Klaffenbach, Birkencenter bis Wasserschloss

Projekt -Nr.5.232.7151.001

statische Bemessung

Bauteile
M4.20R / M4.60L

HINSICHTLICH DER STANDSICHERHEIT GEPRÜFT	
Prüfbericht-Nr. 100/2013	Datum: 20.05.10
Unterschrift: 	
DIPL.-ING. MANFRED RUDOLPH PRÜFINGENIEUR FÜR STANDSICHERHEIT Fachrichtungen: Metallbau, Massivbau, Holzbau - vom Sächsischen Staatsministerium des Innern anerkannter Prüfenieur -	
Wilkestraße 22, 08112 Wilkau-Haßlau Tel./Fax: 0375 - 61 74 00 E-Mail: rudrea@t-online.de	

Genehmigungsplanung

Dezember 2015



Inhaltsverzeichnis

1. Vorschriften	3
2. Allgemeine Beschreibung des Bauwerkes	4
2.1 Konstruktion	4
2.2 Baustoffe	8
2.3 Einstufung der Bauwerke in geotechnische Kategorien	8
3. Belastung/Lastfälle	8
4. Standsicherheitsnachweise	8
Anschlussbewehrung Kragarm	45 – 48
Rissweitenbemessung Aufkantung	49 – 51

Anlagen

1. Vorschriften

- [VO] DIN EN 1997-1 – EC7
- [V1] DIN EN 1997-1/NA
- [V2] DIN EN 206-1
- [V3] DIN EN 1992 - EC2
- [V4] DIN EN 19712:2013-01
- [V5] DIN 1045
- [V6] ZTV-ING „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
(Loseblatt-Sammlung)
- [V7] DIN 1055-1
- [V8] DIN 1054: 2010-12
- [V9] ZTV-W

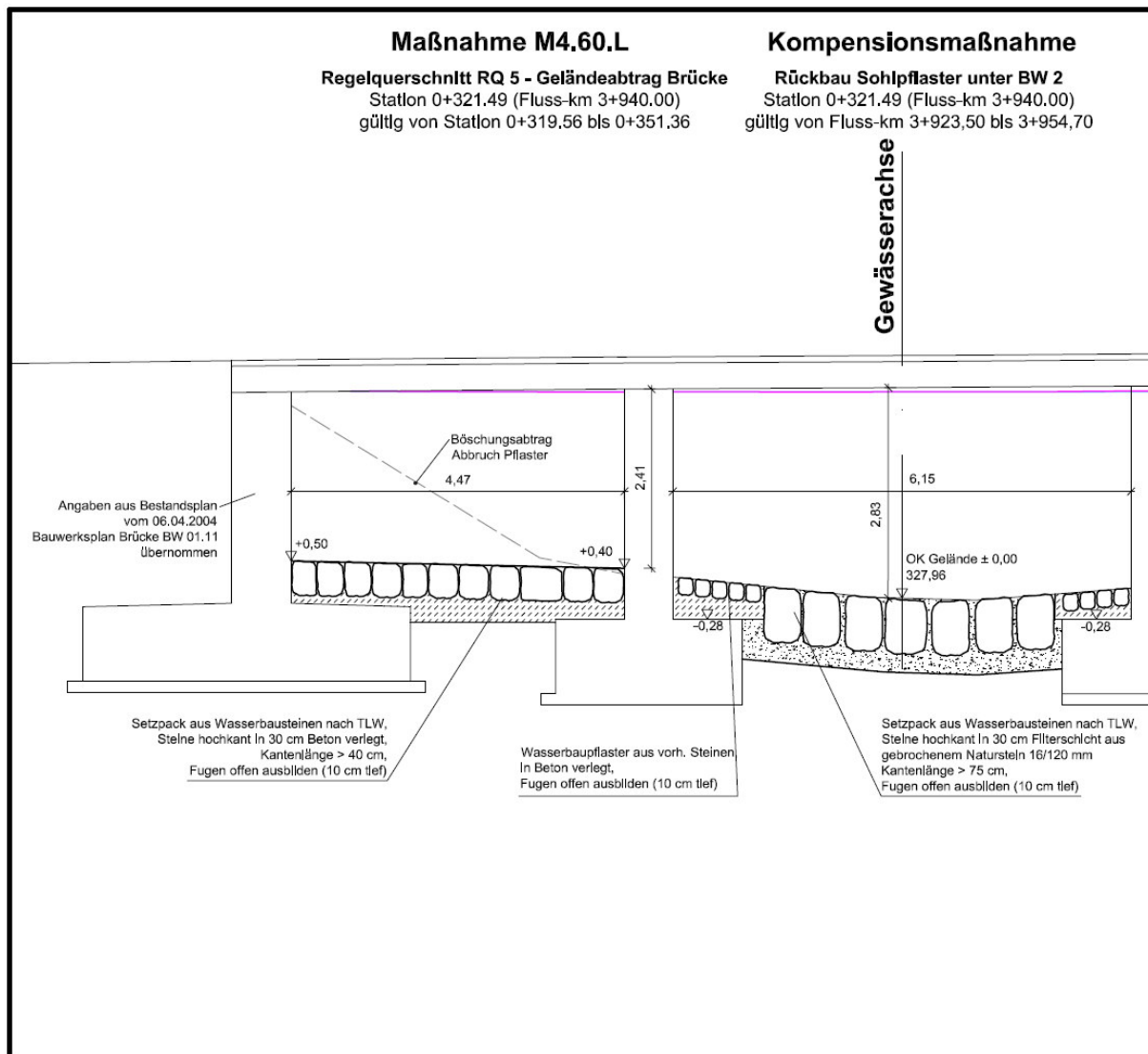
Literaturhinweise

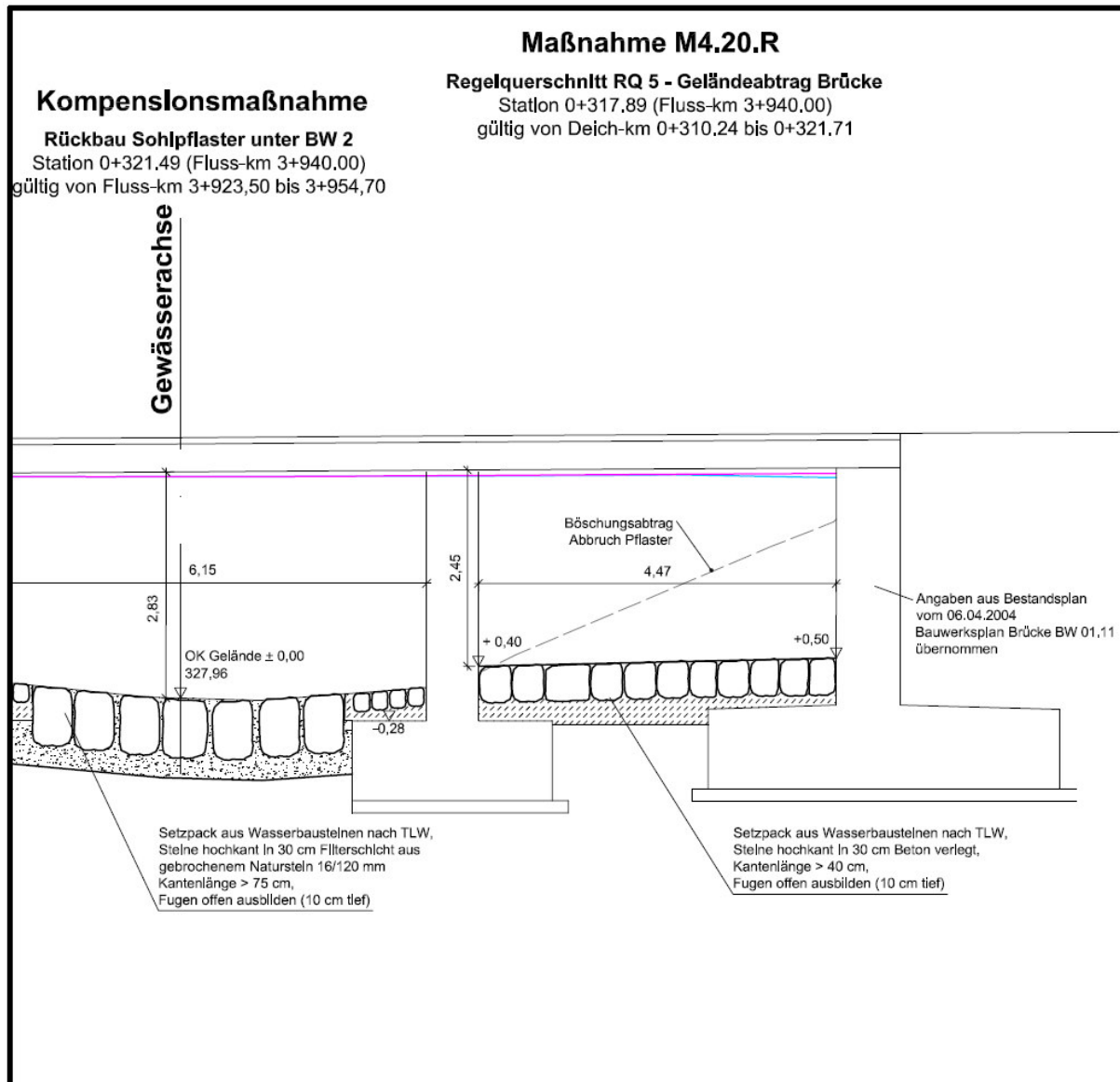
- [L1] Entwurfsunterlagen Arcadis, Arbeitsstand vom 25.02.2015
- [L2] Lohmeyer: „Weiße Wannen“
- [L3] Schneider: „Bautabellen für Ingenieure“

Programme

- [P1] Microsoft Excel 2013

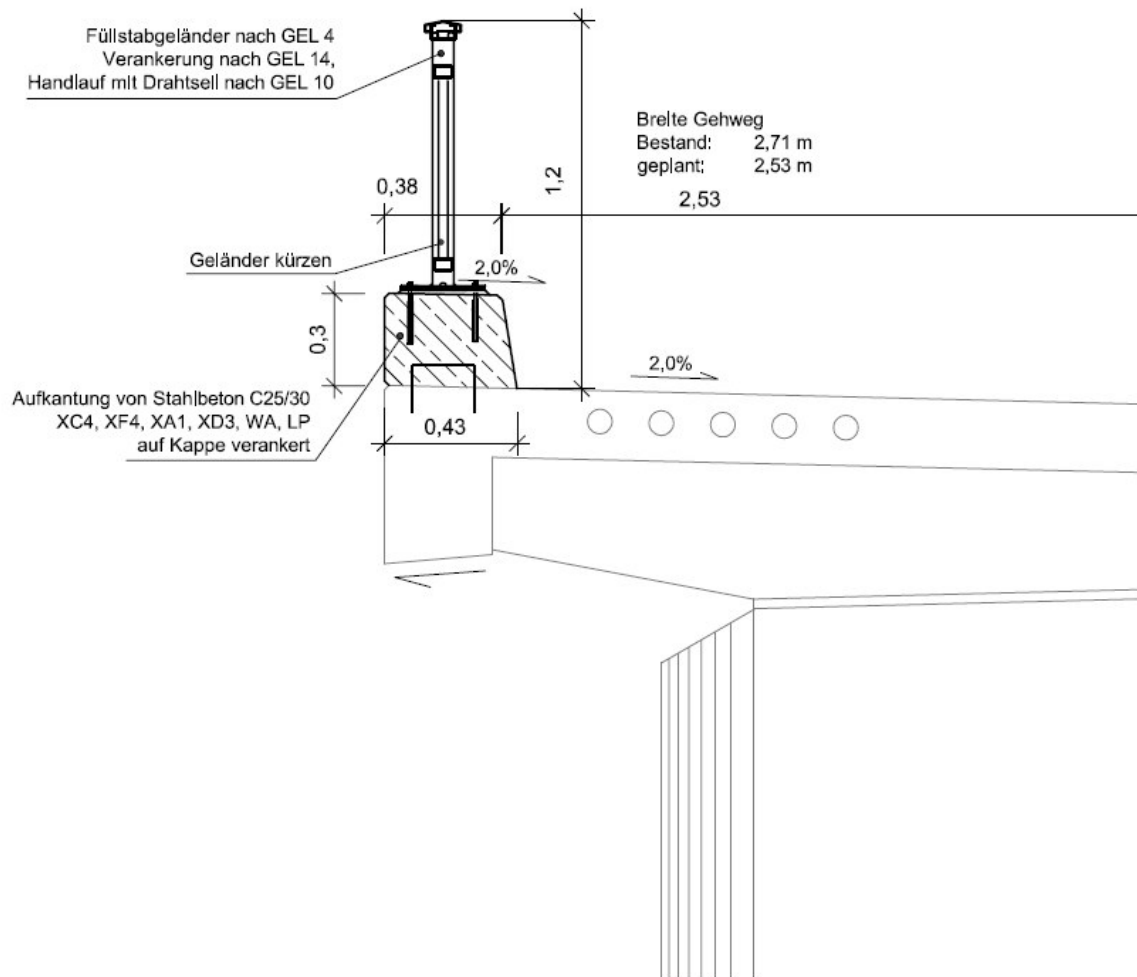
Der aktuelle Stand der Programme wird durch langjährige Softwareverträge sichergestellt.





Brücke BW 2 Klaffenbacher Hauptstraße

Aufkantung Brückenkappe M 1 : 25



2.2 Baustoffe

- Kappenaufkantung: C25/30 LP XC4, XF3, XD2, XA1, WA
BSSt 500 S

2.3 Einstufung der Bauwerke in geotechnische Kategorien

Die HWS-Wände werden auf Basis der DIN1054:2010-12 in die geotechnische Kategorie GK2 eingestuft. Es handelt sich um Bauwerke mit hohem Sicherheitsanspruch. Die Wasserspiegellagendifferenz bleibt kleiner als 2,0m und die Wasserdruckhöhe ist kleiner als 5,0m.

3. Belastung/Lastfälle

Aufweitung der Brückenfelder:

Für die beiden Seitenfelder ergibt sich eine Reduzierung der ständigen Auflast auf die Fundamente der Brücke.

Aufkantung auf der Kappe:

Durch die zusätzliche Aufkantung ergibt sich eine höhere Eigenlast auf den Kragarm der Brücke.

4. Standsicherheitsnachweise

Die Standsicherheitsnachweise werden auf Basis der vorliegenden statischen Berechnung der Brücke erstellt.

Dabei wird lediglich eine Überprüfung der Tragfähigkeit des Kragarmes erforderlich. Die Entlastung der Fundamente bedarf keiner neuen statischen Berechnung.

Die Verankerung der Aufkantung der Kappe erfolgt konstruktiv mit eingebohrlen Ankerstäben $\varnothing 14/20$. Die Ausführung erfolgt als u-förmiger Steckbügel. Die Einbindetiefe wird zu 20 cm festgelegt. Die Bohrlöcher sind mit einem zugelassenen schwindreduzierten Verbundmörtel zu verfüllen.

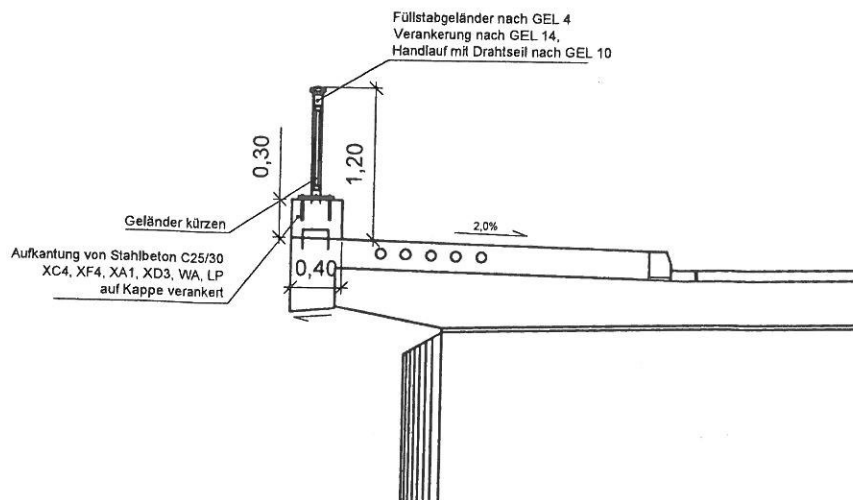
Nachrechnung Kragarm der Brücke

Nachtrag zur Statischen Berechnung vom März 2004

Veranlassung:

Am oberstromigen Kragarm der Brückenplatte soll zum Hochwasserschutz eine Stahlbetonaufrichtung nachträglich hergestellt werden.

Siehe nachstehende Skizze:



Die Stahlbetonaufrichtung wird am äußeren Kappende angeordnet, und stellt eine ständige Zusatzlast für den Kragarm dar.

Nachfolgend wird die Berechnung und Bemessung des Kragarms für die Zusatzlast $\Delta g = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 25 = 3,0 \text{ kN/m}$ durchgeführt.



Windlasten

$$w_k = 1,20 \cdot 2,0 = 2,40 \text{ kN/m}$$

$$m_{gwk} = -2,40 \cdot (0,35/2 + 0,23 + 2,0/2) = -3,37 \text{ kNm/m}$$

$$n_{gwk} = -2,40 \text{ kN/m}$$

Außergewöhnliche Einwirkungen

Fahrzeug auf dem fch- / Radweg

$$Q_{AK} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ kN}, \text{ Aufstandsfläche } 40 \times 40 \text{ cm}$$

$$\text{Verteilungsbreite } l_v = (1,20 - 0,2) + 2 \cdot 0,2 + 2,0 = 3,40 \text{ m}$$

$$m_{qAK} = -160 \cdot 1,00 / 3,40 = -47,06 \text{ kNm/m}$$

$$V_{qAK} = -160 / 3,40 = -47,06 \text{ kN/m}$$

Anprall auf Schrankeborde

$$H_s = 100 \text{ kN}$$

$$l_v = 0,23 - 0,05 + 0,35/2 = 0,36 \text{ m}$$

$$l_v = 0,50 + (1,20 - 0,35/2) \cdot 2 = 2,55 \text{ m}$$

$$m_{qsk} = -100 \cdot 0,36 / 2,55 = -14,12 \text{ kNm/m}$$

$$n_{qsk} = -100 / 2,55 = -39,22 \text{ kN/m}$$

2. Bewehrung

in Kragrichtung
senkrecht zum Rand:

oben: $\phi 14 / 10 \text{ cm}$, $a_s = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

unten: $\phi 14 / 10 \text{ cm}$, $a_s = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

parallel zum Rand:

oben: $\phi 14 / 9 \text{ cm}$, $a_s = 17,10 \text{ cm}^2/\text{m}$

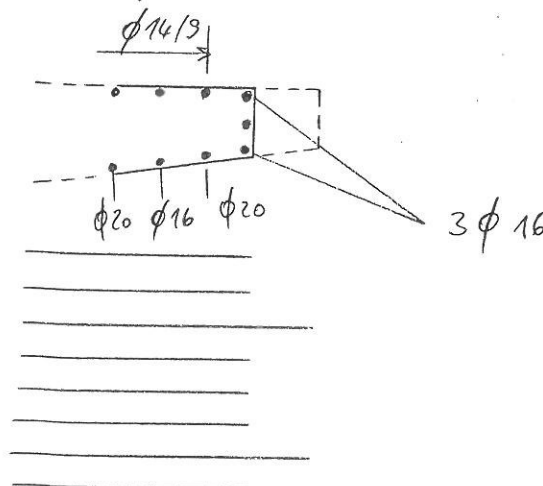
Stütz bereich oben: $\phi 14 / 9 \text{ d}$, $a_s = 34,20 \text{ cm}^2/\text{m}$

unten Feld 1+3: $\phi 16 / 9 \text{ cm}$, $a_s = 22,34 \text{ cm}^2/\text{m}$

unten Feld 2: $\phi 16 / 18 + \phi 20 / 18$, $a_s = 28,63 \text{ cm}^2/\text{m}$

Kappenanschlussbewehrung: $\phi 14 / 40 \text{ cm}$

Randverbügelung: jeweils $3 \phi 14 / 10 \text{ cm}$





Nachweis der Bewehrung im Krapsenendbinder:

$$\max d_{kr} = 45 \text{ cm}$$

$$A_c \leq \frac{45 + 30}{2} \cdot 85 = 3188 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf. } A_s = 3188 \cdot 0,008 = 25,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{je Seite erf. } A_s = 25,5 / 2 = 12,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{oben: } 7 \phi 14/9 + 1 \phi 16/9 \quad \text{mit } A_s = 12,73 \text{ cm}^2 > \text{erf. } A_s$$

$$\text{unten: } 4 \phi 16/18 + 4 \phi 20/18 \quad \text{mit } A_s = 20,60 \text{ cm}^2 > \text{erf. } A_s$$

bzw.

$$8 \phi 16/9$$

$$\text{mit } A_s = 16,10 \text{ cm}^2 > \text{erf. } A_s$$



3.) Nachweise

Nachweise im GZT

C 35/45, Bst 500 (3)

$c = 4,5 \text{ cm}$, $d_s = 14 \text{ mm}$

Biegung mit Längskraft

a) ständige und vorübergehende Bemessungssituation

$$d = 0,35 - 0,045 - 0,014/2 = 0,298 \text{ m}$$

$$z_{sl} = 0,298 - 0,35/2 = 0,123 \text{ m}$$

$$M_{E,d} = -(1,5 \cdot (0,80 + 0,3 \cdot 2,4)) = -2,28 \text{ kNm}$$

$$M_{E,d} = -(1,35 \cdot 13,67 + 1,50 \cdot (1,30 + 1,60 + 0,3 \cdot 3,37)) = -24,32 \text{ kNm/m}$$

$$M_{E,d,s} = -24,32 - 2,28 \cdot 0,123 = -24,60 \text{ kNm/m}$$

$$k_d = \frac{29,8}{\sqrt{24,60}} = 6,008, \quad k_s = 2,333$$

$$a_{s,req} = 2,333 \cdot 24,60 / 29,8 + 2,28 / 43,5 = 1,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

b) außergewöhnliche Bemessungssituation

Fahrzeug auf dem fah- / Radweg ist maßgebend.

$$M_{E,d} = M_{E,d,s} = -13,67 - 47,06 = -60,73 \text{ kNm/m}$$

$$k_d = \frac{29,8}{\sqrt{60,73}} = 3,824, \quad k_s = 2,354$$

$$a_{s, req} = 2,36 \cdot 60,73 / 29,8 = 4,80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gewählt: $\phi 14/10 \text{ cm}$ mit $a_{s, prov} = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

Querkraft

a) ständige und vorübergehende Bemessungssituation

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 20,37 + 1,50 \cdot 4,00 = 33,50 \text{ KN/m}$$

$$V_{Rd, ct} = \left[0,10 \cdot K \cdot (100 \cdot \rho_e \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot d$$

$$V_{Rd, ct, min} = 0,035 \cdot K^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot d$$

$$K = 1 + (200/298)^{1/2} = 1,82 < 2,0$$

$$\rho_e = 15,39 / (29,8 \cdot 100) = 0,0052$$

$$d = 0,298 \text{ m}$$

$$V_{Rd, ct} = \left[0,10 \cdot 1,82 \cdot (100 \cdot 0,0052 \cdot 35)^{1/3} \right] \cdot 0,298 = 0,143 \text{ MN/m}$$

$$V_{Rd, ct, min} = 0,035 \cdot 1,82^{3/2} \cdot 35^{1/2} \cdot 1,0 \cdot 0,298 = 0,151 \text{ MN/m}$$

$$V_{Ed} = 33,50 \text{ KN/m} < V_{Rd, ct, min} = 151 \text{ KN/m}$$

→ keine Schubbewehrung erforderlich



b) außergeröhlische Bemessungssituation

Fahrgang auf dem fl-/Radweg ist maßgebend.

$$V_{E,d} = 1,0 \cdot 20,37 + 1,0 \cdot \left(80 / (0,4 + 2 \cdot 0,35/2) \right) = 127,0 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,ct} = \left[0,115 \cdot 1,82 \cdot (100 \cdot 0,0052 \cdot 35)^{1/3} \right] \cdot 0,298 = 0,164 \text{ MN/m}$$

$$V_{Rd,ct,min} = 0,040 \cdot 1,82^{3/2} \cdot 35^{1/2} \cdot 1,0 \cdot 0,298 = 0,173 \text{ MN/m}$$

$$V_{E,d} = 127,0 \text{ kN/m} < V_{Rd,ct,min} = 173 \text{ kN/m}$$

→ keine Schubbewehrung erforderlich



Nachweise im GZG

a) Spannungsbegrenzung für Biegung mit Längskraft

- Überprüfung $\bar{\sigma}_{c,max} < f_{ctm} = 3,2 \text{ MN/m}^2$

seltene Einwirkungskombination:

$$m_{Ed} = m_{g,k} + m_{qfk} + m_{q_{del,k}} + \psi_0 \cdot m_{q_{w,k}}$$

$$m_{Ed} = -(13,67 + 1,30 + 1,60 + 0,3 \cdot 3,37) = -17,58 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed} = n_{q_{del,k}} + \psi_0 \cdot n_{q_{w,k}}$$

$$n_{Ed} = -(0,8 + 0,3 \cdot 2,40) = -1,52 \text{ kN/m}$$

$$A_c = 0,35 \cdot 1,00 = 0,35 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$W_{co} = 1,0 \cdot 0,35^2/6 = 0,020 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$\bar{\sigma}_{co} = \left(\frac{1,52}{0,35} + \frac{17,58}{0,020} \right) \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ MN/m}^2 < f_{ctm}$$

→ Nachweise im Zustand I

- Nachweis Betonstahl

wicht-läufige Einwirkungskombination

$$m_{Ed} = m_{g,k} + \psi_1' \cdot (m_{qfk} + m_{q_{del,k}}) + \psi_{1,2} \cdot m_{q_{w,k}}$$

$$w_{E,d} = \psi_1' \cdot u_{q_{Gd},k} + \psi_2' \cdot u_{q_{Wd},k}$$

$$m_{Ed} = -(13,67 + 0,80(1,60 + 1,30) + 0,5 \cdot 3,37) = -17,68 \text{ kNm/m}$$

$$u_{E,d} = -(0,80 \cdot 0,80 + 0,5 \cdot 2,40) = -1,84 \text{ kN/m}$$

$$d = 0,35 \cdot 0,045 - 0,014/2 = 0,298 \text{ m}$$

$$a_s = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s = \frac{1}{15,39 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{17,68 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 0,298} + 1,84 \cdot 10^{-3} \right) = 44,03 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_s = 44,0 \text{ N/mm}^2 < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$$

- Nachweis Beton

$$\sigma_c = \left(\frac{1,84}{0,35} + \frac{17,68}{0,020} \right) \cdot 10^{-3} = 0,89 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_c = 0,89 \text{ MN/m}^2 < 0,6 f_{ck} = 21,0 \text{ MN/m}^2$$

b) Beschränkung der Rinnebreite

- Mindestbewehrung

Anforderungsklasse D, $w_{Kk} = 0,2 \text{ mm}$

$$\text{Vorb } d_s = 14 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 239,2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Fb 102, Tab 4,120}$$

$$d_s^* = 14 \cdot \frac{3,0}{3,2} = 13,1 \text{ mm}$$



$$u_c \approx 0 \rightarrow \sigma_c = 0$$

$$k_c = 0,4 < 1,0$$

$$k = 0,8 \quad \text{für } h \leq 300 \text{ mm} \quad \text{FB 102, S. 173}$$

$$A_{ct} \approx 0,5 \cdot 0,45 \cdot 1,0 = 0,225 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3,2 \text{ MN/m}^2$$

Mindestbewehrung:

$$a_s = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot \frac{0,225}{239,2} \cdot 10^4 = 9,63 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{gew. } \phi 14 / 10 \text{ cm mit } a_s = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Beschränkung der Rissbildung

häufige Einwirkungskombination

$$m_{E,d} = m_{g,k} + \psi_{1,1} \cdot (m_{qf,k} + m_{qad,k}) + \psi_{2,1} \cdot m_{qw,k}$$

$$u_{E,d} = \psi_{1,1} \cdot u_{qad,k} + \psi_{2,1} \cdot u_{qw,k}$$

$$m_{E,d} = - (13,67 + 0,4 \cdot (1,60 + 1,30) + 0 \cdot 3,37) = -14,83 \text{ kNm/m}$$

$$u_{E,d} = - (0,4 \cdot 0,8 + 0 \cdot 2,4) = -0,32 \text{ kN/m} \approx 0$$

$$m_{E,d,s} = -14,83 \text{ kNm/m}$$



$$\bar{\sigma}_s = \frac{1}{15,39 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{14,83 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 0,298} = 35,9 \text{ MN/m}^2 < 160 \text{ N/mm}^2$$

Fb 102, S. 176, Tab. 4.121

$$s_{\max} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{\text{prov}} = 100 \text{ mm} < s_{\max}$$

Somit ist der Nachweis zur Beschränkung der Rissbreite erbracht.

Die lokalen Nachweise für den Kragarm wurden alle unter Berücksichtigung der veränderten Lasten erbracht. Die Kragarme der Fahrbahnplatte sind ausreichend dimensioniert und bewehrt.

Die Lastweiterleitung über die Fahrbahnplatte auf die Unterbänke und die Lastabtragung in den Baugrund sind ohne weitere Nachweise möglich. Ausreichende Standsicherheit ist gewährleistet.

Aufgestellt: Burkhardtsdorf, den 01.12.2015
Dipl.-Ing. Uwe Noll

Bemessung Rissweiten Aufkantung



Ermittlung der erforderlichen Rissbewehrung nach G. Lohmeyer "Weiße Wannen"

Betondeckung	$c_{\text{nom}} = 6,0 \text{ cm}$ $c_v = 6,0 \text{ cm}$
Druckgefälle	$h_w / h = 1$
Höhe Wasserstand	$h_w = 0,30 \text{ m}$
Betonfestigkeitsklasse	C 25/30 $f_{\text{ct,m}} = 2,90 \text{ N/mm}^2$
Zementgehalt	$Z = 320 \text{ kg/m}^3$
Länge der Wand	$l_o = 22,0 \text{ m}$
Höhe der Wand	$h_b = 0,30 \text{ m}$
Verhältnis l_o/h_b	$l_o/h_b = 73,33$
Dicke der Wand	$h = 0,40 \text{ m}$
Frischbetontemperatur	$T_{\text{co}} = 15,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperatur der Fundamentplatte	$T_F = 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Zeitpunkt der maximalen Temperatur im Bauteil	$t_{\text{max. T}} = 1,3 \text{ d}$
E-Modul, effektiv	$E_{\text{c,eff}} = 23250 \text{ N/mm}^2$
Hydratationswärme	$H_w = 230 \text{ kJ/kg}$
Temperaturerhöhung im Wandbauteil durch Hydratationswärme H_w mit Beiwert α_b aus Tafel 4.4	$\alpha_b = 0,75$ $\Delta T_{\text{b,H}} = 22,08 \text{ K}$
mittlere Temperatur im Wandbauteil	$k_{\text{TV}} = 0,50$ $T_{\text{b,m}} = 29,6 \text{ }^\circ\text{C}$
wirksame Temperaturdifferenz zwischen Wand und Fundament	$\Delta T_{\text{b,eff}} = 19,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Bauteil

Arch Nr.



Abschätzung der Gesamtwangsspannung $\sigma_{ct,d}$ am Wandfuss

$$\sigma_{ct,ges} = 4,55 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Zwangsspannung $\sigma_{ct,d}$ in 1/4 der Wandhöhe mit $k_{ct,d}$ nach Tafel 4.9

$$k_{ct,d} = 1,00$$

$$\sigma_{ct,d} = 4,55 \text{ N/mm}^2$$

wirksame Zugfestigkeit in der Wand

$$f_{ct,eff} = 1,45 \text{ N/mm}^2$$

Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung erforderlich !

Rissschnittgröße und Stahlspannung

$$F_{ct,eff} = 0,580 \text{ N/mm}^2$$

Wandbewehrung

Grundbewehrung:

Ø 10

a = 6,5 cm

Zulagebewehrung:

Ø 0

a = 10,0 cm

$$A_{s,eff} = 24,17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_1 = 6,5 \text{ cm}$$

$$d = 33,5 \text{ cm}$$

wirksamer Betonquerschnitt

$$A_{c,eff} = 3250 \text{ cm}^2/\text{m}$$

wirksamer Bewehrungsgrad

$$A_s/A_{c,eff} = 0,00744$$

Stahlspannung beim entstehen der Trennrisse

$$\sigma_s = 239,97 \text{ N/mm}^2$$

Rissabstand

$$s_{r,max} = 373,36 \text{ mm}$$

Dehnungsdifferenz

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000785$$

Rechenwert der Rissweite

$$w_K = 0,102$$

Abminderung der erforderlichen Bewehrung mit Faktor 0,85 bei Verwendung von langsam erhärtendem Beton ($r < 0,3$):

$$\text{erf } a_s = 0,85 \cdot 36,56/2 = 10,27 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gewählt:

Ø 12

a = 12,5 cm

$$= 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bauteil

Arch Nr.