

Kanton Graubünden

168/II/

Hiezu Pläne N°:
168/12, 13

Strassenbrücke
über das
Salginatobel

Statische Berechnung

Ingenieurbureau
Maillart
Genf, 1 Juni 1929.

Vorbemerkungen:

Der statischen Berechnung ist ein Wagen von 8 t Gesamtgewicht zu Grunde gelegt mit einem Axstand von 3 m & einem Radstand von 1.50 m. Die Verteilung der Last erfolgt zu 3 t auf die Vorderaxe & zu 5 t auf die Hinteraxe. Als gleichmässig verteilte zufällige Last sind 350 kg/cm^2 in Rechnung gestellt.

Für die zulässigen Spannungen ist massgebend die Ver-
ordnung betr. Eisenbetonbauten vom 26. Nov. 1915.

Gewölbe: Die zulässige Kantenpressung nach Vorschrift ergibt sich zu $(40 + 0.15 \cdot l) = 53.5 \text{ kg/cm}^2$. Für die Ausführung aller höher beanspruchten Teile ist hochwertiger Zement vorgesehen, wobei die Anforderungen an die Druckfestigkeit sowohl als die Spannungen, laut dem der Offerte beigelegten Erläuterungsbericht, um $\frac{1}{3}$ erhöht werden. Somit beträgt die zulässige maximale Kantenpressung $53.5 \cdot \frac{4}{3} = 71 \text{ kg/cm}^2$.

Die errechnete grösste Kantenpressung beträgt jedoch nur rd. 56 kg/cm^2 , indem die früher angenommenen, ausreichenden Dimensionen um rund 10% vergrössert worden sind.

Die Gelenke sind so berechnet, dass die durchgehenden Eisen allein im Stande wären, den ganzen Schub bei einer Spannung von 2000 kg/cm^2 aufzunehmen, so dass ohne Mitwirkung des Betons die Standfestigkeit gewährleistet wäre. Die Druckspannungen im Beton erreichen den Grösstwert von 85 kg/cm^2 , also nur 20% mehr als den nach oben allgemein zulässigen Wert, während für eine derartige Gelenkfuge ein um 50% höherer Wert ohne weiteres zulässig wäre.

I. Seitenöffnungen.

(Rechtes Ufer)

a. Fahrbahnplatte.

Gewichte und Momente der Konsole

Geländermoment 100×1.10

Geländer $0.15 \times 0.10 \times 2500$

$$\frac{0.10 + 0.15}{2} \times 1.0 \times 2500$$

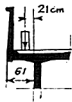
Gurt $0.23 \times 0.15 \times 2500$

Platte $0.46 \times 0.20 \times 2500$

Fahrbahn $0.36 \times 0.06 \times 2000$

Gewicht, kg/m	Hebelarm m	Konsol- moment
		110 mkg
38	0.54	21 "
312	0.53	165 "
86	0.54	47 "
230	0.22	50 "
43	0.18	8
$g = 709 \text{ kg}$		<u>401 mkg</u>

Verkehrslast:



Raddruck = 2.5 t

Stoßzuschlag: $2(15-2.4) = 25\% = 0.6 \text{ t}$

$$P = 3.1 \text{ t}$$

max. Konsolenmoment $3100 \times 0.21 =$

650 mkg

$$\underline{\underline{\text{max. } M_K = 1051 \text{ mkg}}}$$

Dimensionierung

$$M_{\text{max}} = 1051 \text{ mkg} \quad h = 25 \text{ cm} \quad h' = 22 \text{ cm}$$

$$G_b / \sigma_e = 18/1000 \quad f_e = 5.3 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{vorhanden } f_e \sim 11 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Gewichte und Momente der Fahrbahnplatte

Das Konsolmoment aus Eigengewicht berechnet auf Axe Längswand wird:

Gewicht	Hebelarm	Moment
38	0.63	24 mkg
312	0.62	194 "
86	0.63	54 "
230	0.31	71 "
43	0.27	12 "
		<u>355 mkg</u>

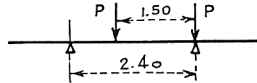
Konsolmoment aus Eigengewicht : 355 mkg
 " " Verkehrslast : $3100 \cdot 0.3 = 930 "$

Fahrbahnplatte

Eigengewicht: Platte $0.16 \cdot 2500 = 400 \text{ kg/m}^2$
 Belag $0.08 \cdot 2000 = 160 "$
 $g = 560 \text{ kg/m}^2$

Verkehrslast (s.5.2) $P = 3100 \text{ kg}$

Als ungünstigste Laststellung ergibt sich folgende:



Schnitt unter der Last

Momente : aus Eigengewicht : $560 \cdot 2.4 \cdot \frac{0.9}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.9}{2.4}\right) = 380 \text{ mkg}$

" Verkehrslast : $3100 \cdot \frac{1.5 \cdot 0.9}{2.4} = 1750 "$

$M_g = 2130 \text{ mkg}$

minus Konsolmoment aus Eigengewicht :

$M_{K_g} = 355 "$

$M_{\text{tot}} = 1775 \text{ mkg}$

Dimensionierung:

$\max M = 177500 \text{ cmkg}$ $h = 16 \text{ cm}$ $h' = 14 \text{ cm}$

$G_b / G_e = 44 / 880 \text{ kg/cm}^2$ $f_e = 17.4 \text{ cm}^2$

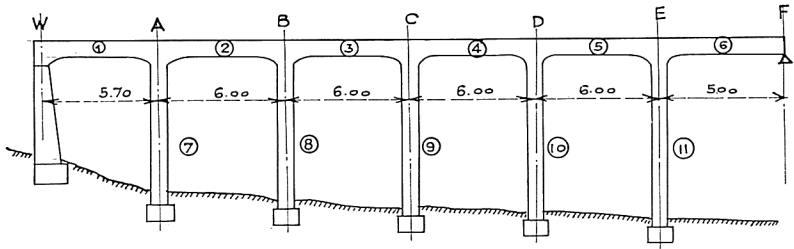
$\phi 18 \text{ } l = 15 \text{ cm}$

Hierbei ist der günstige Einfluss der Vouten nicht berücksichtigt.

b. Längsträger

Die Längsträger werden berechnet als kontinuierliche Träger auf elastisch drehbaren Stützen. Die Veränderlichkeit des Trägheitsmomentes wird berücksichtigt. Die Ermittlung der Momente erfolgt mit Hilfe der Fixpunkte (siehe Suter, Methode der Fixpunkte). Die Fixpunktabstände für einen beliebigen geradlinigen Stab betragen allgemein:

$$a = \frac{l \cdot \beta}{\alpha^a + \varepsilon^a} \quad b = \frac{l \cdot \beta}{\alpha^b + \varepsilon^b}$$

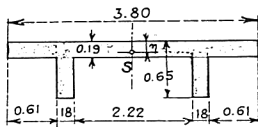
Berechnung der Trägheitsmomente & DrehwinkelBalken 1Feldmitte

mittlere Plattenstärke incl. Vouten

$$d = 19 \text{ cm}$$

Schwerpunkt

$$\eta = \frac{3.44 \times \frac{0.19^2}{2} + 0.36 \times \frac{0.65^2}{2}}{3.44 \times 0.19 + 0.36 \times 0.65} = \frac{0.138}{0.889} = \underline{0.156 \text{ m}}$$

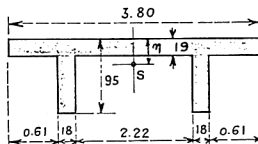


$$J_m = 3.80 \times \frac{0.156^3}{3} + 0.36 \times \frac{0.494^3}{3} + 3.44 \times \frac{0.034^3}{3} = \underline{0.0194 \text{ m}^4}$$

über der Stütze

Schwerpunkt

$$\eta = \frac{3.44 \times \frac{0.19^2}{2} + 0.36 \times \frac{0.95^2}{2}}{3.44 \times 0.19 + 0.36 \times 0.95} = \frac{0.225}{0.997} = \underline{0.225 \text{ m}}$$



$$J = 3.80 \times \frac{0.225^3}{3} + 0.36 \times \frac{0.725^3}{3} - 3.44 \times \frac{0.035^3}{3} = \underline{0.0601 \text{ m}^4}$$

$$\frac{J_m}{J} = \frac{0.0194}{0.0601} = 0.322 \quad \text{Voutenlänge} \approx \frac{l}{4}$$

$$E \alpha_1^2 = E \alpha_1^b = \frac{l}{2 J_m} \cdot C_1 = \frac{5.70}{2 \cdot 0.0194} \times 0.860 = \underline{126}$$

$$E \beta_1 = \frac{l}{6 J_m} \cdot C_2 = \frac{5.70}{6 \cdot 0.0194} \times 0.946 = \underline{46}$$

Balken 2, 3, 4, 5

$$J_m = 0.0194 \text{ m}^4$$

$$J = 0.0601 \text{ m}^4$$

$$\frac{J_m}{J} = 0.322 \quad \text{Voutenlänge} \approx \frac{l}{4}$$

5.

$$\underline{E\alpha_{2-5}^a = E\alpha_{2-5}^b = \frac{6.00}{2 \times 0.0194} \times 0.860 = 133}$$

$$\underline{E\beta_{2-5} = \frac{6.00}{6 \times 0.0194} \times 0.946 = 49}$$

Balken 6

$$J_m = 0.0194 \text{ m}^4$$

$$J = 0.0601 \text{ m}^4$$

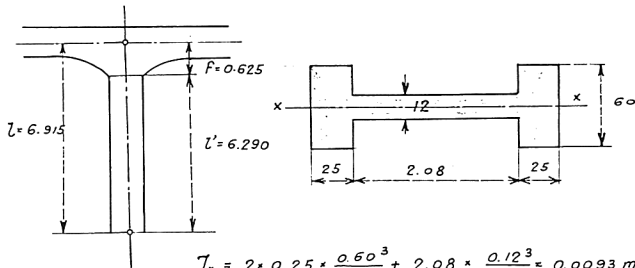
$$\frac{J_m}{J} = 0.322 \quad \text{Voutenlänge} = -\frac{l}{3}$$

$$\underline{E\alpha_6^a = \frac{l}{2J_m} \cdot c_1 = \frac{5.00}{2 \times 0.0194} \cdot 0.829 = 107}$$

$$\underline{E\alpha_6^b = \frac{l}{2J_m} \cdot c_2 = \frac{5.00}{2 \times 0.0194} \cdot 0.982 = 127}$$

$$\underline{E\beta_6 = \frac{l}{6J_m} \cdot c_3 = \frac{5.00}{6 \times 0.0194} \cdot 0.953 = 41}$$

Säule 7



$$J_x = 2 \times 0.25 \times \frac{0.60^3}{12} + 2.08 \times \frac{0.12^3}{12} = \underline{\underline{0.0093 \text{ m}^4}}$$

$$\underline{E\alpha_7^a = \frac{l' (l' + 2f)}{2 \cdot l \cdot J} = \frac{6.29 \times 7.54}{2 \times 6.915 \times 0.0093} = 365}$$

$$\underline{E\alpha_7^b = \frac{l'^2}{2 l J} = \frac{6.29^2}{2 \times 6.915 \times 0.0093} = 306}$$

$$\underline{E\beta_7 = \frac{l'^2 (l + 2f)}{6 l^2 J} = \frac{6.29^2 \times 8.165}{6 \times 6.915^2 \times 0.0093} = 105}$$

Säule 8

$$l = 8.345 \text{ m}$$

$$f = 0.625 \text{ m}$$

$$l' = 7.720 \text{ m}$$

$$J = 0.0093 \text{ m}^4$$

$$E\alpha_8^a = \frac{7.72 \times 8.97}{2 \times 8.345 \times 0.0093} = 445$$

$$E\alpha_8^b = \frac{7.72^2}{2 \times 8.345 \times 0.0093} = 384$$

$$E\beta_8 = \frac{7.72^2 \times 9.595}{6 \times 8.345^2 \times 0.0093} = 127$$

Säule 9

$$l = 9.975 \text{ m}$$

$$f = 0.625 \text{ m}$$

$$l' = 9.350 \text{ m}$$

$$J = 0.0093 \text{ m}^4$$

$$E \alpha_9^a = \frac{9.35 \times 10.60}{2 \times 9.975 \times 0.0093} = \underline{535}$$

$$E \alpha_9^b = \frac{9.35^2}{2 \times 9.975 \times 0.0093} = \underline{470}$$

$$E \beta_9 = \frac{9.35^2 \times 11.225}{6 \times 9.975^2 \times 0.0093} = \underline{178}$$

Säule 10

$$l = 10.355 \text{ m}$$

$$f = 0.625 \text{ m}$$

$$l' = 9.730 \text{ m}$$

$$J = 0.0093 \text{ m}^4$$

$$E \alpha_{10}^a = \frac{9.73 \times 10.98}{2 \times 10.355 \times 0.0093} = \underline{550}$$

$$E \alpha_{10}^b = \frac{9.73^2}{2 \times 10.355 \times 0.0093} = \underline{495}$$

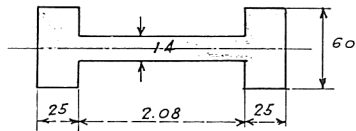
$$E \beta_{10} = \frac{9.73^2 \times 11.605}{6 \times 10.355^2 \times 0.0093} = \underline{185}$$

Säule 11

$$l = 10.635$$

$$f = 0.625$$

$$l' = 10.010$$



$$J_x = 2 \times 0.25 \times \frac{0.6^3}{12} + 2.08 \times \frac{0.14^3}{12} = 0.0095 \text{ m}^4$$

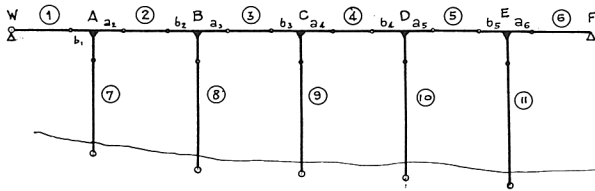
Die Verbreiterung der Säule am Fuss wird nicht berücksichtigt

$$E \alpha_{11}^a = \frac{10.01 \times 11.26}{2 \times 10.635 \times 0.0095} = \underline{560}$$

$$E \alpha_{11}^b = \frac{10.01}{2 \times 10.635 \times 0.0095} = \underline{505}$$

$$E \beta_{11} = \frac{10.01^2 \times 11.885}{6 \times 10.635^2 \times 0.0095} = \underline{188}$$

Berechnung der Fixpunkte



Nach Plan 168/7 hat Balken 1 am Ende ein Auflagergelenk, während Balken 6 freischiebbar gelagert ist. Folglich ist $a_1 = 0$ & $b_6 = 0$

Für die Säulen wird unten gelenkige Lagerung angenommen :

$$a_7 = a_8 = a_9 = a_{10} = a_{11} = 0$$

$$\text{Fixpunktstand } a_2 = \frac{l_2 \beta_2}{\alpha_2^a + \varepsilon_2^a}$$

$$E\beta_2 = 49 \quad E\alpha_2^a = 133 \quad \varepsilon_2^a = \tau_{1-7}^A$$

$$\tau_{1-7}^A = \frac{\tau_1^A \cdot \tau_7^A}{\tau_1^A + \tau_7^A}$$

$$E\tau_1^A = \alpha_1^b - \frac{l_1}{l_1 - a_1} \cdot \beta_1 = 126 - \frac{5.70}{5.70} \cdot 46 = 80$$

$$E\tau_7^A = \alpha_7^b - \frac{l_7}{l_7 - a_7} \cdot \beta_7 = 306 - \frac{6.915}{6.915} \cdot 105 = 201$$

$$\tau_{1-7}^A = \frac{80 \cdot 201}{80 + 201} = 57$$

$$\underline{a_2 = \frac{6.0 \cdot 49}{133 + 57} = 1.55 \text{ m}}$$

$$a_3 = \frac{l_3 \beta_3}{\alpha_3^a + \varepsilon_3^a}$$

$$E\beta_3 = 49 \quad E\alpha_3^a = 133 \quad \varepsilon_3^a = \tau_{2-8}^B = \frac{\tau_2^B \cdot \tau_8^B}{\tau_2^B + \tau_8^B}$$

$$E\tau_2^B = \alpha_2^b - \frac{l_2}{l_2 - a_2} \cdot \beta_2 = 133 - \frac{6.0}{6.00 - 1.55} \cdot 49 = 67$$

$$E\tau_8^B = \alpha_8^b - \frac{l_8}{l_8 - a_8} \cdot \beta_8 = 384 - 127 = 257$$

$$\tau_{2-8}^B = \frac{67 \cdot 257}{67 + 257} = 53$$

$$\underline{a_3 = \frac{6.0 \cdot 49}{133 + 53} = 1.58 \text{ m}}$$

$$a_4 = \frac{l_4 \beta_4}{\alpha_4^a + \varepsilon_4^a}$$

$$E\beta_4 = 49 \quad E\alpha_4^a = 133 \quad \varepsilon_4^a = \tau_{3-9}^C$$

$$E\tau_3^C = \alpha_3^b - \frac{l_3}{l_3 - a_3} \cdot \beta_3 = 133 - \frac{6.0}{6.00 - 1.58} \cdot 49 = 66$$

$$E\tau_9^C = \alpha_9^b - \beta_9 = 470 - 178 = 292$$

$$\tau_{3-9}^C = \frac{66 \cdot 292}{66 + 292} = 54$$

$$\underline{a_4 = \frac{6.00 \cdot 49}{133 + 54} = 1.57 \text{ m}}$$

8.

$$a_5 = \frac{l_5 \beta_5}{\alpha_5^a + \varepsilon_5^a}$$

$$E\beta_5 = 49 \quad E\alpha_5^a = 133 \quad \varepsilon_5^a = \tau_{4-10}^D$$

$$E\tau_{4-10}^D = \alpha_4^b - \frac{l_4}{l_4 - a_4} \beta_4 = 133 - \frac{6.00}{6.00 - 1.57} \cdot 49 = 66$$

$$E\tau_{10}^D = \alpha_{10}^b - \beta_{10} = 495 - 185 = 310$$

$$\tau_{4-10}^D = \frac{66 \times 310}{66 + 310} = 54$$

$$a_5 = \frac{6.00 \times 49}{133 + 54} = \underline{\underline{1.57m}}$$

$$a_6 = \frac{l_6 \beta_6}{\alpha_6^a + \varepsilon_6^a}$$

$$E\beta_6 = 41 \quad E\alpha_6^a = 107 \quad \varepsilon_6^a = \tau_{5-11}^E$$

$$E\tau_{5-11}^E = \alpha_5^b - \frac{l_5}{l_5 - a_5} \beta_5 = 133 - \frac{6.00}{6.00 - 1.57} \cdot 49 = 66$$

$$E\tau_{11}^E = \alpha_{11}^b - \beta_{11} = 505 - 188 = 317$$

$$\tau_{5-11}^E = \frac{66 \times 317}{66 + 317} = 55$$

$$a_6 = \frac{5.00 \times 41}{107 + 55} = \underline{\underline{1.27m}}$$

Fixpunktabstand

$$b_5 = \frac{l_5 \beta_5}{\alpha_5^b + \varepsilon_5^b}$$

$$E\beta_5 = 49 \quad E\alpha_5^b = 133 \quad \varepsilon_5^b = \tau_{6-11}^E = \frac{\tau_{6-11}^E \times \tau_{11}^E}{\tau_{6-11}^E + \tau_{11}^E}$$

$$E\tau_{6-11}^E = \alpha_6^a - \frac{l_6}{l_6 - b_6} \beta_6 = 107 - 41 = 66$$

$$E\tau_{11}^E = 317 \quad \tau_{6-11}^E = \frac{66 \times 317}{66 + 317} = 55$$

$$b_5 = \frac{6.00 \times 49}{133 + 55} = \underline{\underline{1.57m}}$$

$$b_4 = \frac{l_4 \beta_4}{\alpha_4^b + \varepsilon_4^b}$$

$$E\beta_4 = 49 \quad E\alpha_4^b = 133 \quad \varepsilon_4^b = \tau_{5-10}^D$$

$$E\tau_{5-10}^D = \alpha_5^a - \frac{l_5}{l_5 - b_5} \beta_5 = 133 - \frac{6.00}{6.00 - 1.57} \cdot 49 = 67$$

$$E\tau_{10}^D = 310 \quad \tau_{5-10}^D = \frac{67 \times 310}{67 + 310} = 55$$

$$b_4 = \frac{6.00 \times 49}{133 + 55} = \underline{\underline{1.57}}$$

$$b_3 = \frac{l_3 \beta_3}{\alpha_3^b + \varepsilon_3^b}$$

$$E\beta_3 = 49 \quad E\alpha_3^b = 133 \quad \varepsilon_3^b = \tau_{4-9}^C$$

$$E\tau_{4-9}^C = \alpha_4^a - \frac{l_4}{l_4 - b_4} \beta_4 = 133 - \frac{6.00}{6.00 - 1.57} \cdot 49 = 67$$

$$E\tau_{9}^C = 292 \quad \tau_{4-9}^C = \frac{67 \times 292}{67 + 292} = 54$$

$$b_3 = \frac{6.00 \times 49}{133 + 54} = \underline{\underline{1.57}}$$

$$b_2 = \frac{l_2 \beta_2}{\alpha_2^b + \varepsilon_2^b} \quad E\beta_2 = 49 \quad E\alpha_2^b = 133 \quad \varepsilon_2^b = \varepsilon_{3-8}^B$$

$$E\varepsilon_3^B = \alpha_3^a - \frac{l_3}{l_3 - b_3} \beta_3 = 133 - \frac{6.0}{6 - 1.57} \times 49 = 67$$

$$E\varepsilon_8^B = 257 \quad \varepsilon_{3-8}^B = \frac{67 \times 257}{67 + 257} = 53$$

$$b_2 = \frac{6.0 \times 49}{133 + 53} = \underline{\underline{1.58 \text{ m}}}$$

$$b_1 = \frac{l_1 \beta_1}{\alpha_1^b + \varepsilon_1^b} \quad E\beta_1 = 46 \quad E\alpha_1^b = 126 \quad \varepsilon_1^b = \varepsilon_{2-7}^A$$

$$E\varepsilon_2^A = \alpha_2^a - \frac{l_2}{l_2 - b_2} \beta_2 = 133 - \frac{6.00}{6.00 - 1.58} \times 49 = 66$$

$$E\varepsilon_7^A = 201 \quad \varepsilon_{2-7}^A = \frac{66 \times 201}{66 + 201} = 50$$

$$b_1 = \frac{5.70 \times 46}{126 + 50} = \underline{\underline{1.50 \text{ m}}}$$

Verteilungsmasse für den Übergang der Momente am Pfeilerkopf.

Der Wert z.B. μ_{1-2}^A gibt die Reduktion im Knotenpunkt A beim Übergang von Stab 1 nach 2

Knotenpunkt A

$$\mu_{1-2}^A = \frac{\frac{1}{\varepsilon_2^A}}{\frac{1}{\varepsilon_2^A} + \frac{1}{\varepsilon_7^A}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{201}} = 0.755$$

$$\mu_{1-7}^A = 0.245$$

$$\mu_{2-1}^A = \frac{\frac{1}{\varepsilon_1^A}}{\frac{1}{\varepsilon_1^A} + \frac{1}{\varepsilon_7^A}} = \frac{\frac{1}{80}}{\frac{1}{80} + \frac{1}{201}} = 0.715$$

$$\mu_{2-7}^A = 0.285$$

Knotenpunkt B

$$\mu_{2-3}^B = \frac{\frac{1}{\varepsilon_3^B}}{\frac{1}{\varepsilon_3^B} + \frac{1}{\varepsilon_8^B}} = \frac{\frac{1}{67}}{\frac{1}{67} + \frac{1}{257}} = 0.795$$

$$\mu_{2-8}^B = 0.205$$

$$\mu_{3-2}^B = \frac{\frac{1}{\varepsilon_2^B}}{\frac{1}{\varepsilon_2^B} + \frac{1}{\varepsilon_8^B}} = \frac{\frac{1}{67}}{\frac{1}{67} + \frac{1}{257}} = 0.795$$

$$\mu_{3-8}^B = 0.205$$

Knotenpunkt C

$$\mu_{3-4}^C = \frac{\frac{1}{\tau_4^C}}{\frac{1}{\tau_4^C} + \frac{1}{\tau_9^C}} = \frac{\frac{1}{67}}{\frac{1}{67} + \frac{1}{292}} = 0.815$$

$$\mu_{3-9}^C = 0.185$$

$$\mu_{4-3}^C = \frac{\frac{1}{\tau_3^C}}{\frac{1}{\tau_3^C} + \frac{1}{\tau_9^C}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{292}} = 0.815$$

$$\mu_{4-9}^C = 0.185$$

Knotenpunkt D

$$\mu_{4-5}^D = \frac{\frac{1}{\tau_5^D}}{\frac{1}{\tau_5^D} + \frac{1}{\tau_{10}^D}} = \frac{\frac{1}{67}}{\frac{1}{67} + \frac{1}{310}} = 0.825$$

$$\mu_{4-10}^D = 0.175$$

$$\mu_{5-4}^D = \frac{\frac{1}{\tau_4^D}}{\frac{1}{\tau_4^D} + \frac{1}{\tau_{10}^D}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{310}} = 0.825$$

$$\mu_{5-10}^D = 0.175$$

Knotenpunkt E

$$\mu_{5-6}^E = \frac{\frac{1}{\tau_6^E}}{\frac{1}{\tau_6^E} + \frac{1}{\tau_{11}^E}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{317}} = 0.825$$

$$\mu_{5-11}^E = 0.175$$

$$\mu_{6-5}^E = \frac{\frac{1}{\tau_5^E}}{\frac{1}{\tau_5^E} + \frac{1}{\tau_{11}^E}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{317}} = 0.825$$

$$\mu_{6-11}^E = 0.175$$

Die Konstruktion der Einflusslinien erfolgt
auf Blatt N^o 168/12

Momente infolge Eigengewicht

Ständige Last & Eigengewicht

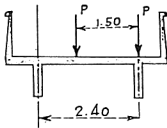
Geländer	$[0.10 \times 0.15 + \frac{0.10+0.15}{2} \times 1.0] \times 2 \times 2.5 =$	0.700 t/m'
Gurt	$0.15 \times 0.23 \times 2 \times 2.5 =$	0.173 "
Platte	$0.16 \times 0.21 \times 2 \times 2.5 =$	0.168 "
(bis U.K. Vouten)	$0.15 \times 0.78 \times 2 \times 2.5 =$	0.585 "
Vouten	$\frac{0.78+0.18}{2} \times 0.10 \times 2 \times 2.5 =$	0.240 "
	$\frac{0.15+0.16}{2} \times 0.81 \times 2 \times 2.5 =$	0.630 "
Belag	$3.30 \times 0.07 \times 2.0 =$	0.460 "
		2.956 t/m'
Trärgewicht	$2 \times 0.18 \times 0.40 \times 2.5 =$	0.360 "
	$g =$	$3.316 \approx \underline{\underline{3.32 \text{ t/m'}}}$

M_o - Momente

$$\begin{aligned}
 {}_1 M_o &= 3.32 \times \frac{5.7^2}{8} = \underline{13.50 \text{ mt}} \\
 {}_{2-5} M_o &= 3.32 \times \frac{6.0^2}{8} = \underline{15.00 \text{ mt}} \\
 {}_6 M_o &= 3.32 \times \frac{5.0^2}{8} = \underline{10.40 \text{ mt}}
 \end{aligned}$$

Die Momentenlinien aus Eigengewicht ergeben sich graphisch auf Plan N: 168/12

Auswertung der Einflusslinien



pro Träger :

$$\text{Auflagerkraft : } A = P \left(1 + \frac{0.9}{2.4}\right) = 1.375 P$$

$$\text{Stoßzuschlag : } 2 / (15 - 6) \% = 18 \%$$

$$\text{Raddruck vorn : } 1.5 + 0.27 = 1.77 \text{ t}$$

$$\text{hinten : } 2.5 + 0.45 = 2.95 \text{ t}$$

$$\text{pro Träger : Vorderrad } P_1 = 1.77 \times 1.375 = 2.44 \text{ t}$$

$$\text{Hinterrad } P_2 = 2.95 \times 1.375 = \underline{\underline{4.05 \text{ t}}}$$

Momente aus Verkehrslast

Da die Momente inf. Eigengewicht, sowie alle Trägheitsmomente auf den ganzen Querschnitt berechnet sind werden auch die Momente aus Verkehr für die ganze Breite berechnet. Um pro Träger die max. Momente M_p zu erhalten wird als Belastung die doppelte ungünstigste Trägerbelastung angenommen.

$$P_1 = 2 \times 2.44 = 4.88 \text{ t oder rd. } 4.9 \text{ t}$$

$$P_2 = 2 \times 4.05 = 8.10 \text{ t} \quad \underline{\underline{8.1 \text{ t}}}$$

Für die Säulenmomente betragen die entsprechende Lasten

$$P_1 = 3.0 + 18\% = 3.6 \text{ t}$$

$$P_2 = 5.0 + 18\% = 5.9 \text{ t}$$

Schnitt	Laststellung	P	η		$P \cdot \eta$		$M \text{ m t}$	
			+	-	+	-	+	-
1	max. P_2 in 1	8.1	0.95	0.10	7.70	0.81	8.7	1.15
	min. P_2 in 4	4.9	0.20	0.07	1.00	0.34		
2	max. P_2 in 2	8.1	1.05	0.20	8.5	1.62	8.5	2.2
	min. P_2 in 4	4.9	—	0.12	—	0.60		
3	max. P_2 in 3	8.1	0.61	0.30	4.95	2.42	4.95	3.30
	min. P_2 in 4	4.9	—	0.18	—	0.88		
7	P_2 in 7	8.1 4.9	0.61 —	—	4.95 —	—	4.95	—
8	max. P_2 in 8	8.1	0.90	0.15	7.30	1.22	7.30	1.61
	min. P_2 in 10	4.9	—	0.08	—	0.39		
9	max. P_2 in 9	8.1	0.61	0.30	4.95	2.42	4.95	3.30
	min. P_2 in 10	4.9	—	0.18	—	0.88		
A_L		8.1	—	0.65	—	5.3	—	7.1
		4.9	—	0.36	—	1.8		
A_R		8.1	—	0.65	—	5.3	—	6.8
		4.9	—	0.30	—	1.5		
$B_L = B_R$	wie A_L od A_R	8.1	—	0.60	—	4.88	—	6.85
		4.9	—	0.40	—	1.97		
16	max. P_2 in 16	8.1	0.55	0.32	4.50	2.60	4.50	3.60
	min. P_2 zw. 13-14	4.9	—	0.20	—	1.00		
17	max. P_2 in 16	8.1	0.92	0.20	7.50	1.62	7.50	2.35
	min. P_2 zw. 13-14	4.9	—	0.15	—	0.73		
18	max. P_2 in 18	8.1	0.85	0.10	6.90	0.80	7.40	1.1
	min. P_2 zw. 13-14	4.9	0.10	0.06	0.50	0.30		
E_R	wie A_R	8.1	—	0.63	—	5.1	—	6.9
		4.9	—	0.37	—	1.8		

Querkräfte

Die Querkräfte aus Eigengewicht ergeben sich graphisch auf
Plan N° 168 /12

Die Querkräfte aus Verkehrslast ergeben sich aus den Einfluss-
linien wie folgt :

Schnitt	P	η	$P\eta$	Q
W	8.1 4.9	1.0 0.35	8.1 1.7	9.8
1	8.1 4.9	0.67 0.12	5.4 0.6	6.0
2 max	8.1 4.9	0.38 -	3.1 -	3.1
2 min.	8.1 4.9	-0.62 -	-5.0 -	-5.0
3	8.1 4.9	-0.85 -0.30	-6.9 -1.5	-8.4
AL	8.1 4.9	-1.00 -0.60	-8.1 -3.0	-11.1
Ar	8.1 4.9	1.00 0.50	8.1 2.5	10.6
4	8.1 4.9	0.79 0.20	6.40 1.00	7.4
5	8.1	0.50	4.05	4.05
Er	8.1 4.9	1.00 0.52	8.1 2.5	10.6
16	8.1 4.9	0.84 0.20	6.8 1.0	7.8
17 max.	8.1	0.62	5.2	5.2
17 min.	8.1	-0.37	-3.0	-3.0
18	8.1 4.9	-0.65 -0.08	-5.3 -0.4	-5.7
F	8.1 4.9	-1.00 -0.26	-8.1 -1.3	-9.4

Dimensionierung der Träger

Feld 1

$$M_{\max} \text{ pro Träger} = \frac{17.0}{2} = 8.5 \text{ mt}$$

$$h = 65 \text{ cm} \quad h' = 60 \text{ cm} \quad b_s = 18 \text{ cm} \quad b = 1.32 \text{ m}$$

$$M_{\text{pro } m'} = \frac{8.5}{1.32} = 644.000 \text{ cmkg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 16 / 1000 \quad f_e \text{ nötig} = 15.4 \text{ cm}^2$$

vorhanden $5 \phi 18$

Feld 3

$$M_{\max} \text{ pro Träger} = \frac{11.5}{2} = 5.75 \text{ mt}$$

$$h = 65 \text{ cm} \quad h' = 60 \text{ cm} \quad b_o = 18 \text{ cm} \quad b = 1.38 \text{ m}$$

$$M_{\text{pro } m'} = \frac{5.75}{1.38} = 415000 \text{ cmkg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 12 / 1000 \quad f_e = 9.9 \text{ cm}^2$$

vorhanden 5 ϕ 18

Feld 6

$$M_{\max} \text{ pro Träger} = \frac{13.6}{2} = 6.8 \text{ mt}$$

$$h = 65 \text{ cm} \quad h' = 60 \text{ cm} \quad b_o = 18 \text{ cm} \quad b = 1.18$$

$$M_{\text{pro } m'} = \frac{6.8}{1.18} = 575000 \text{ cmkg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 15 / 1000 \quad f_e = 12.3 \text{ cm}^2$$

vorh. 5 ϕ 18

Stütze A

in Säulenflucht

$$M_{\max. \text{ pro Träger}} = \frac{15.2}{2} = 7.75 \text{ mt}$$

$$h = 95 \text{ cm} \quad h' = 90 \text{ cm} \quad b_o = b = 18 \text{ cm}$$

$$M_{\text{pro } m'} = \frac{7.75}{0.18} = 4300000 \text{ cmkg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 32 / 1000 \quad f_e = 10 \text{ cm}^2$$

vorh. 6 ϕ 18

Stütze E

in Säulenflucht

$$M_{\max. \text{ pro Träger}} = \frac{14}{2} = 7.0 \text{ mt}$$

$$h = 95 \text{ cm} \quad h' = 90 \text{ cm} \quad b_o = b = 18 \text{ cm}$$

$$M_{\text{pro } m'} = \frac{7.0}{0.18} = 3900000 \text{ cmkg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e : 30 / 1000 \quad f_e = 9 \text{ cm}^2$$

vorh. 4 ϕ 18

c. Säulen

Säule II

Eigengewicht (Fahrbahn & Träger)

$$\text{Auflagerkraft} = 10.5 + 10.2 = 20.7 \text{ t}$$

$$\text{Moment am Säulenkopf} = +0.3 \text{ mt}$$

Verkehrslast: Momente und Auflagerkraft
ergeben sich aus den Einflusslinien
auf Plan 168/12 wie folgt:

a) max. Auflagerkräfte & entspr. Säulenmomente

$$A = 1.0 \times 5.9 + 0.62 \times 3.6 = 5.9 + 2.23 = 8.13 \text{ t}$$

$$M = 0.10 \times 3.6 = -0.36 \text{ mt}$$

b) max. Säulenmomente und entspr. Auflagerkräfte

$$M = 0.10 \times 5.9 + 0.05 \times 3.6 = 0.59 + 0.18 = +0.77 \text{ mt}$$

$$A = 0.88 \times 5.9 + 0.35 \times 3.6 = 5.2 + 0.13 = 6.5 \text{ t}$$

Spannungen

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad M &= M_g + M_p = 0 \\ N &= A_g + A_p = 20.7 + 8.13 = \sim 29 \text{ t} \end{aligned}$$

Betonquerschnitt:

$$F_b = 2 \times 25 \times 60 + 208 \times 14 = 3000 + 2900 = 5900 \text{ cm}^2$$

Eisenquerschnitt:

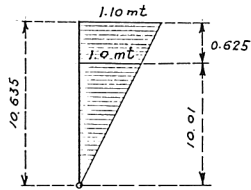
$$F_e = 8 \phi 16 + 11 \phi 14 = 16 \text{ cm}^2 + 17 \text{ cm}^2 = 33 \text{ cm}^2$$

$$10 \times F_e = 10 \times 33 =$$

$$F_i = \frac{330}{6230} \text{ cm}^2$$

$$G = \frac{29000}{6230} \approx \underline{\underline{5 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$b) \quad M = M_g + M_p = 0.3 + 0.77 = \sim 1.1 \text{ mt}$$



$$N = A_g + A_p = 20.7 + 6.5 = 27.2 \text{ t}$$

$$J_x = 0.0095 \text{ m}^4$$

$$W_x = \frac{0.0095}{0.3} = 0.0316 \text{ m}^3 = 31600 \text{ cm}^3$$

$$G = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} = \frac{27200}{6230} \pm \frac{100000}{31600} = 4.4 \pm 3.2$$

$$G_1 = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_2 = 1 \text{ kg/cm}^2$$

Wind

Getroffene Sichtfläche:

$$1.80 \times 3.5 = 63.0 \text{ m}^2$$

$$5 \times 0.60 \times 3.5 = \sim 10.0 \text{ m}^2$$

$$73.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Winddruck } W = 73 \text{ m}^2 \times 150 \text{ kg/m}^2 = 11 \text{ t}$$

$$\text{auf die Säule } \frac{1}{2} \times 11 = 5.5 \text{ t}$$

$$\text{Moment: } M = 5.5 \times \sim 10 \text{ m} = \underline{\underline{55 \text{ mt}}}$$

Normaldruck:

$$\text{Fahrbahn \& Träger} \quad 20.70 \text{ t}$$

$$\text{Säule: } 0.6 \times 0.25 \times 2 \times 7.30 \times 2.5 = 5.5 \text{ t}$$

$$\frac{0.3 + 0.67}{2} \times 3.0 \times 2.5 = 3.65$$

$$0.14 \times 2.08 \times 10.85 \times 2.5 = 7.80 \quad \underline{\underline{16.95 \text{ t}}}$$

$$N = \underline{\underline{37.65 \text{ t}}}$$

$$\text{Exentrität } e = \frac{55}{37.65} = 1.46 \text{ m}$$

$$f_{1,2} = 28 \times 60 = 1680 \text{ cm}^2$$

$$f_{3-6} = 30 \times 14 = 420 \text{ cm}^2$$

$$f_{e1} = 6 \text{ cm}^2 \quad n f_{e1} = 20 \times 6 = 120 \text{ cm}^2$$

$$f_{e2,3} = 5.5 \text{ cm}^2 \quad n f_{e2,3} = 20 \times 5.5 = 110 \text{ cm}^2$$

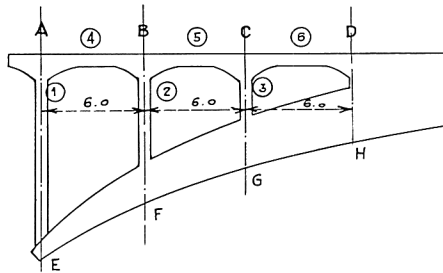
II. Aufbau über dem Bogen.

a. Fahrbahnplatte : siehe Seite 2

b. Längsträger:

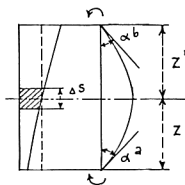
Die Längsträger werden berechnet als kontinuierliche Träger auf elastisch drehbaren Stützen. Die Veränderlichkeit der Trägheitsmomente der Träger & Stützen werden berücksichtigt. Die Ermittlung der Momente erfolgt mit Hilfe der Fixpunkte. Die Fixpunktabstände für einen beliebigen, geradlinigen Stab betragen allgemein :

$$a = \frac{l\beta}{\alpha^a + \varepsilon^a} \quad b = \frac{l\beta}{\alpha^b + \varepsilon^b}$$



Berechnung der Drehwinkel

Säule 1 veränderliches Trägheitsmoment.



Für Bestimmung der Drehwinkel α^a & α^b teilen wir die reduzierte Momentenfläche der an beiden Enden gleichzeitig mit $M=1$ belasteten Säule in Streifen von der Breite Δs ; der Inhalt eines Streifens beträgt

$$\Delta F = \frac{\Delta s}{EJ} \quad \text{Da } E \text{ konstant ist}$$

$$\Delta F = w = \frac{\Delta s}{J}$$

Die χ , α^a & α^b sind gleich den Auflagerdrücken der mit w belasteten Säule:

$$E\alpha^a = \frac{1}{l} \sum_0^l w z'$$

$$E\alpha^b = \frac{1}{l} \sum_0^l w z \quad l = 12.42 \text{ m}$$

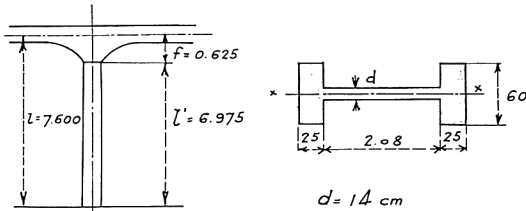
Lamelle	Δs m	J m ⁴	z m	z' m	$w = \frac{\Delta s}{J}$	wz	$\frac{wz}{l}$	wz'	$\frac{wz'}{l}$	wzz'
1	1.00	0.0698	0.50	11.92	14.31	7.150	0.576	170.60	13.72	85.30
2	1.00	0.0458	1.50	10.92	21.80	32.750	2.635	238.00	19.20	357.00
3	1.00	0.0310	2.50	9.92	32.30	80.600	6.490	320.00	25.80	800.00
4	1.00	0.0224	3.50	8.92	44.60	156.200	12.580	398.00	32.00	1395.00
5	1.00	0.0190	4.50	7.92	52.60	237.000	19.080	426.00	33.60	1878.00
6	1.00	0.0185	5.50	6.92	54.10	297.500	23.900	374.00	30.10	2060.00
7	1.00	0.0185	6.50	5.92	54.10	351.500	28.300	320.00	25.80	2080.00
8	1.00	0.0185	7.50	4.92	54.10	405.000	32.650	266.00	21.40	1998.00
9	1.00	0.0185	8.50	3.92	54.10	460.000	37.000	212.00	17.10	1805.00
10	1.00	0.0185	9.50	2.92	54.10	514.000	41.300	158.00	12.73	1503.00
11	1.00	0.0185	10.50	1.92	54.10	567.000	45.700	104.10	8.38	1091.00
12	0.80	0.0185	11.40	1.092	43.25	493.000	39.700	47.20	3.80	538.00
					11.80	3601.70	289.911	3033.90	243.63	15590.3

$$E\alpha^a = \underline{\underline{243.63}}$$

$$E\alpha^b = \underline{\underline{289.91}}$$

$$E\beta_1 = \frac{1}{l^2} \sum_0^l w z z' = \frac{15590.3}{12.42^2} = \underline{\underline{101}}$$

Säule 2 konstanter Querschnitt mit starrer Strecke f am oberen Ende.



$$d = 14 \text{ cm}$$

$$J_x = 2 \times 0.25 \times \frac{0.60^3}{12} + 2.08 \times \frac{0.14^3}{12} = 0.0095 \text{ m}^4$$

$$E\alpha_2^a = \frac{l'(l'^2 + 2f)}{2lJ} = \frac{6.975 \times 8.225}{2 \times 7.6 \times 0.0095} = \underline{\underline{398}}$$

$$E\alpha_2^b = \frac{l'^2}{2lJ} = \frac{6.975^2}{2 \times 7.6 \times 0.0095} = \underline{\underline{337}}$$

$$E\beta_2 = \frac{l'^2(L + 2f)}{6l^2J} = \frac{6.975^2}{6 \times 7.6^2 \times 0.0095} = \underline{\underline{131}}$$

Säule 3 :

$$d = 12 \text{ cm}$$

$$J_x = 2 \cdot 0.25 \cdot \frac{0.60^3}{12} + 2.08 \cdot \frac{0.12^3}{12} = 0.0093 \text{ m}^4$$

$$l = 3.950$$

$$f = 0.625$$

$$l' = 3.325$$

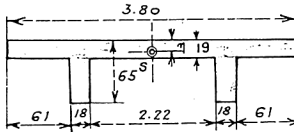
$$E \alpha_3^a = \frac{3.325 \cdot 4.575}{2 \cdot 3.95 \cdot 0.0093} = \underline{\underline{201}}$$

$$E \alpha_3^b = \frac{3.325^2}{2 \cdot 3.95 \cdot 0.0093} = \underline{\underline{150}}$$

$$E \beta_3 = \frac{3.325^2 \cdot 5.20}{6 \cdot 3.95^2 \cdot 0.0093} = \underline{\underline{66}}$$

Balken 4 :

Trägheitsmomente für den ganzen Querschnitt, ohne Geländer.



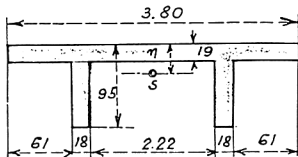
mittl. Plattenstärke incl. Vouten

$$d = \frac{0.719}{3.8} = 0.19 \text{ m}$$

Feldmitte

$$\eta = \frac{3.44 \cdot \frac{0.19^2}{2} + 0.36 \cdot \frac{0.65^2}{2}}{3.44 \cdot 0.19 + 0.36 \cdot 0.65} = \frac{0.138}{0.887} = 0.156 \text{ m}$$

$$J_s = 3.80 \cdot \frac{0.156^3}{3} + 0.36 \cdot \frac{0.494^3}{3} + 3.44 \cdot \frac{0.034^3}{3} = \underline{\underline{0.0194 \text{ m}^4}}$$

Stütze

$$\eta = \frac{3.44 \cdot \frac{0.19^2}{2} + 0.36 \cdot \frac{0.95^2}{2}}{3.44 \cdot 0.19 + 0.36 \cdot 0.95} = \frac{0.225}{0.995} =$$

$$= 0.226 \text{ m}$$

$$J = 3.80 \cdot \frac{0.226^3}{3} + 0.36 \cdot \frac{0.724^3}{3} - 3.44 \cdot \frac{0.036^3}{3} = \underline{\underline{0.0601 \text{ m}^4}}$$

$$\frac{J_s}{J} = \frac{0.0194}{0.0601} = 0.33 \quad \text{Voute} = -\frac{1}{4}$$

$$E \alpha^a = E \alpha^b = \frac{l}{2J_s} \cdot C_1 = \frac{6.00}{2 \cdot 0.0194} \cdot 0.860 = \underline{\underline{133}}$$

$$E \beta = \frac{l}{6J_s} \cdot C_2 = \frac{6.00}{6 \cdot 0.0194} \cdot 946 = \underline{\underline{49}}$$

$$b_6 = \frac{6.00}{3} = \underline{\underline{2.00 \text{ m}}} \text{ wegen Einspannung}$$

$$b_5 = \frac{l_5 \beta_5}{\alpha_5^b + \varepsilon_5^b} \quad E \beta_5 = 49 \quad E \alpha_5^b = 133 \quad \varepsilon_5^b = \varepsilon_{3-6}^c = \frac{\varepsilon_3^c \cdot \varepsilon_6^c}{\varepsilon_3^c + \varepsilon_6^c}$$

$$E \varepsilon_3^c = 51$$

$$E \varepsilon_6^c = \alpha_6^a - \frac{l_6}{l_6 - b_6} \beta_6 = 133 - \frac{6.00}{4.00} \cdot 49 = 60$$

$$E \varepsilon_{3-6}^c = \frac{51 \cdot 60}{51 + 60} = 28$$

$$b_5 = \frac{6.0 \cdot 49}{133 + 28} = \underline{\underline{1.82 \text{ m}}}$$

$$b_4 = \frac{l_4 \beta_4}{\alpha_4^b + \varepsilon_4^b} \quad E \beta_4 = 49 \quad E \alpha_4^b = 133 \quad \varepsilon_4^b = \varepsilon_{2-5}^a = \frac{\varepsilon_2^a \cdot \varepsilon_5^a}{\varepsilon_2^a + \varepsilon_5^a}$$

$$E \varepsilon_2^a = 141$$

$$E \varepsilon_5^a = \alpha_5^a - \frac{l_5}{l_5 - b_5} \beta_5 = 133 - \frac{6.0}{4.18} \cdot 49 = 63$$

$$E \varepsilon_{2-5}^a = \frac{141 \cdot 63}{141 + 63} = 44$$

$$b_4 = \frac{6.0 \cdot 49}{133 + 44} = \underline{\underline{1.66}}$$

$$b_1 = \frac{l_1 \beta_1}{\alpha_1^b + \varepsilon_1^b} \quad E \beta_1 = 101 \quad E \alpha_1^b = 289.91 \quad \varepsilon_1^b = \varepsilon_4^A$$

$$E \varepsilon_4^A = \alpha_4^a - \frac{l_4}{l_4 - b_4} \beta_4 = 133 - \frac{6.0}{4.34} \cdot 49 = 66$$

$$b_1 = \frac{12.42 \cdot 101}{289.91 + 66} = \underline{\underline{3.53}}$$

Verteilungsmasse für den Übergang der Momente am Pfeilerkopf

Knotenpunkt A

$$\mu_{0-4}^A = \frac{\frac{1}{\varepsilon_4^A}}{\frac{1}{\varepsilon_4^A} + \frac{1}{\varepsilon_1^A}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{138.4}} = \underline{\underline{0.678}}$$

$$\mu_{0-1}^A = \frac{\frac{1}{\varepsilon_1^A}}{\frac{1}{\varepsilon_1^A} + \frac{1}{\varepsilon_4^A}} = \frac{\frac{1}{138.4}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{138.4}} = \underline{\underline{0.322}}$$

Knotenpunkt B

$$\mu_{4-5}^B = \frac{\frac{1}{\varepsilon_5^B}}{\frac{1}{\varepsilon_5^B} + \frac{1}{\varepsilon_2^B}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{141}} = \underline{\underline{0.680}}$$

$$\mu_{4-2}^B = \underline{\underline{0.320}}$$

$$\mu_{5-4}^B = \frac{\frac{1}{e_4^B}}{\frac{1}{e_4^B} + \frac{1}{e_2^B}} = \frac{\frac{1}{73}}{\frac{1}{73} + \frac{1}{141}} = \underline{\underline{0.660}}$$

$$\mu_{5-2}^B = \underline{\underline{0.340}}$$

Knotenpunkt C

$$\mu_{5-6}^C = \frac{\frac{1}{e_6^C}}{\frac{1}{e_6^C} + \frac{1}{e_3^C}} = \frac{\frac{1}{60}}{\frac{1}{60} + \frac{1}{51}} = \underline{\underline{0.460}}$$

$$\mu_{5-3}^C = \underline{\underline{0.540}}$$

$$\mu_{6-5}^C = \frac{\frac{1}{e_5^C}}{\frac{1}{e_5^C} + \frac{1}{e_3^C}} = \frac{\frac{1}{66}}{\frac{1}{66} + \frac{1}{51}} = \underline{\underline{0.440}}$$

$$\mu_{6-3}^C = \underline{\underline{0.560}}$$

Momente infolge Eigengewicht

Belastung s. S. 11 $g = \underline{\underline{3.32 \text{ t/m}'}}$

Das M_o -Moment für alle drei Öffnungen beträgt:

$$M_o = 3.32 \times \frac{6.0^2}{8} = \underline{\underline{15 \text{ mt}}}$$

Die Momentenlinien aus Eigengewicht ergeben sich graphisch auf Plan N: 168/13

Konsolenmoment:

Auflagerkraft aus Eigengewicht im Gelenk

$$= 6 \text{ t s. Plan N: 168/12} \quad M_K = 6.0 \times 1.0 = -6.0 \text{ mt}$$

$$M_g = 3.32 \times \frac{1.0^2}{2} = \underline{\underline{-1.66}}$$

$$M_K = \underline{\underline{-7.66 \text{ mt}}}$$

Verkehrslast : siehe Seiten 11 und 12

Auswertung der Einflusslinien

Momente

Schnitt	Laststellung	P	η		$P\eta$		M_{mt}	
			+	-	+	-	+	-
1	max. P_2 in 1	8.1	0.76	0.05	6.2	0.4		
	min P_2 in 4	4.9	0.09	-	0.4	-	6.6	0.4
2	+ P_2 in 2	8.1	0.95	0.16	7.7	1.3		
	- P_2 in 4	4.9	-	0.08	-	0.4	7.7	1.7
3	+ P_2 in 3	8.1	0.55	0.25	4.5	2.1		
	- P_2 in 4	4.9	-	0.12	-	0.6	4.5	2.7
A _L	P_2 auf Gelenk	8.1		1.00	-	8.1	-	
		4.9		0.28	-	1.4		9.5
A _R	P_2 auf Gelenk	$= M_L^A \cdot \mu_{0-4}^A = -9.5 \cdot 0.678$						= 6.4
B _L	P_2 in 3	8.1	-	0.70	-	5.7	-	
		4.9	-	0.42	-	2.1	-	7.8
B _R	P_2 in 4, P_1 in 3	8.1	-	0.58	-	4.7	-	
		4.9	-	0.50	-	2.5	-	7.2
4	+ P_2 in 4	8.1	0.60	0.30	4.9	2.4		
	- P_2 in 3	4.9	-	0.20	-	1.0	4.9	3.4
5	+ P_2 in 5	8.1	0.80	0.10	6.5	0.8		
	- P_2 in 3	4.9	-	0.07	-	0.35	6.5	1.15
6	+ P_2 in 6	8.1	0.50	-	4.1	-		
	-	4.9	-	-	-	-	4.1	-
C _L	P_2 in 6	8.1		0.75	-	6.1	-	
	P_1 in 4	4.9		0.37	-	1.8	-	7.9
C _R	P_2 in 7	8.1	-	0.65	-	5.3	-	
	P_1 in 6	4.9	-	0.35	-	1.7	-	7.0
7	+ P_2 in 7	8.1	0.56	0.20	4.5	1.6		
	- P_2 in 6	4.9	-	0.10	-	0.5	4.5	2.1
8	+ P_2 in 8	8.1	0.76	0.10	6.2	0.8		
	- P_2 in 6	4.9	-	0.05	-	0.3	6.2	1.1
9	+ P_2 in 9	8.1	0.44	0.05	3.6	0.4		
	- P_2 in 6	4.9	-	0.02	-	0.1	3.6	0.5
D	P_2 in 9	8.1	-	0.82	-	6.6	-	
		4.9	-	0.37	-	1.8	-	8.4

Querkräfte

Schnitt	P	η	$P\eta$	Q
A _R	8.1	1.00	8.1	
	4.9	0.44	2.2	10.3
Q ₁	8.1	0.73	5.9	
	4.9	0.17	0.8	6.7
Q ₂	8.1	0.44	3.6	
				3.6
B _L	8.1	1.00	8.1	
	4.9	0.56	2.7	10.8
Q ₃	8.1	0.83	6.7	
	4.9	0.27	1.3	8.0
Q ₂	8.1	0.56	4.5	
				4.5

Dimensionierung der LängsträgerKonsole : Schnitt an der Säule

$$M \text{ pro Träger} = -\frac{9.8}{2} = 4.9 \text{ mt}$$

$$b_o = 18 \text{ cm} \quad h = 95 \quad h' = 90 \text{ cm}$$

$$M \text{ pro } m' = \frac{4.9}{0.18} = 2720000 \text{ cm kg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e : 24 / 1000 \quad f_e = 6.2 \text{ cm}^2 \quad \text{vorh. } 3 \neq 18$$

Feld 1 : Schnitt A_r an der Säulenflucht

$$M \text{ pro Träger} = -\frac{8.6}{2} = 4.3 \text{ mt}$$

$$b_o = 18 \text{ cm} \quad h = 95 \quad h' = 90 \text{ cm}$$

$$M \text{ pro } m' = \frac{4.3}{0.18} = 2380000 \text{ cm kg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 22 / 1000 \quad f_e = 5.4 \text{ cm} \quad \text{vorh. } 3 \neq 18$$

Schnitt im Feld

$$M \text{ pro Träger} = +\frac{12.6}{2} = 6.3 \text{ mt}$$

$$b_o = 18 \text{ cm} \quad b = 18 + \frac{2}{10} \cdot 6.0 = 1.38 \quad h = 65 \quad h' = 60 \quad d = 15$$

$$M \text{ pro } m' = \frac{6.3}{1.38} = 456000 \text{ cm kg}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 13 / 1000 \quad f_e = 11.2 \text{ cm}^2 \quad \text{vorh. } 5 \neq 18$$

Schnitt B_1 an der Säulenflucht

$$M \text{ pro Träger} = -\frac{15.0}{2} = -7.5 \text{ mt}$$

$$b_o = 18 \quad h = 95 \quad h' = 90 \text{ cm}$$

$$\sigma_b / \sigma_e = 31 / 1000 \quad f_e = 9.6 \text{ cm}^2 \quad \text{vorh. } 4 \neq 18$$

SchubspannungenSchnitt A_r an der Säule

$$\varphi \text{ pro Träger} = \frac{18.8}{2} = 9.4 \text{ t}$$

$$\tau = \frac{9400}{18 \cdot 92} \cdot \frac{8}{7} = 6.5 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Der Beton nimmt auf : } \tau_{zul} = 3.5 \text{ kg/cm}^2 \quad h' = 62$$

$$\varphi_B = 3.5 \cdot 18 \cdot 62 \cdot \frac{7}{8} = 3.4 \text{ t}$$

$$\text{Bügelteilung für } \tau_{zul} = 3.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Bügel } \phi 10$$

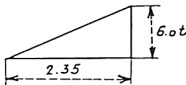
$$e = 2 \cdot \frac{0.79 \cdot 1000}{18 \cdot 3.5} = 25 \text{ cm}$$

$$\varphi_s = 9.4 - 3.4 = 6.0 \text{ t}$$

$$\tau = \frac{6000}{92 \cdot 18} \cdot \frac{8}{7} = 4.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z = 0.35 \cdot 235 \cdot 18 \cdot 4.2 = 6200 \text{ kg}$$

$$\text{Schräge Eisen } f_e = \frac{6200}{1000} = 6.2 \text{ cm}^2$$



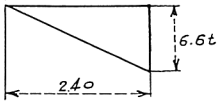
Schnitt B1 an der Säule

$$Q \text{ pro Träger} : \frac{20}{2} = 10 \text{ t}$$

$$\text{Der Beton nimmt auf} : \tau_{zul} = 3.5 \text{ kg/cm}^2 \quad h' = 62 \text{ cm}$$

$$Q_B = 3.4 \text{ t} \quad \text{s. Seite 25}$$

$$Q_3 = 10 - 3.4 = 6.6 \text{ t}$$



$$\tau = \frac{6600 \cdot 8}{92 \cdot 18 \cdot 7} = 4.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z = 0.35 \times 240 \times 18 \times 4.5 = 6800 \text{ kg}$$

$$\text{Schräge Eisen} \quad f_c = \frac{6800}{1000} = 6.8 \text{ cm}^2$$

Feld 3Schnitt D

$$M \text{ pro Träger} = - \frac{17.0}{2} = -8.5 \text{ mt}$$

$$b_0 = 18 \text{ cm} \quad h = 95 \quad h' = 90 \text{ cm}$$

$$M \text{ pro } m' = - \frac{8.5}{0.18} = 4720000 \text{ cmkg}$$

$$G_b/G_e : 34/1000 \quad f_e = 11.1 \text{ cm}^2 \quad \text{vorh. } 5 \times 18$$

Schnitt in Feldmitte

$$M \text{ pro Träger} = \frac{10.6}{2} = 5.3 \text{ mt}$$

$$b_0 = 18 \text{ cm} \quad b = 1.38 \quad h = 65 \text{ cm} \quad h' = 60 \text{ cm} \quad d = 15$$

$$M \text{ pro } m' = \frac{5.3}{1.38} = 384000 \text{ cmkg}$$

$$G_b/G_e : 12/1000 \quad f_e = 9.5 \text{ cm}^2 \quad \text{vorh. } 4 \times 18$$

c. SäulenAuflagerkräfte inf. Eigengewicht:

$$Q_A^l = 6.0 + 1.0 \times 3.3 = 9.3 \text{ t}$$

$$S_1 = Q_A^l + Q_A^r = 9.3 + 9.4 = 18.7 \text{ t}$$

$$S_2 = Q_B^l + Q_B^r = 10.6 + 10.0 = 20.6 \text{ t}$$

$$S_3 = Q_C^l + Q_C^r = 10.0 + 10.3 = 20.3 \text{ t}$$

Momente am Säulenkopf inf. Eigengewicht

$$M_{S_1} \approx -1.0 \text{ mt}$$

$$M_{S_2} \text{ u. } M_{S_3} \approx 0$$

$$W_x = \frac{2001000}{35} = 57200$$

$$\sigma_b = \frac{26200}{8647} \pm \frac{215000}{57200} = 3 \pm 3.8$$

$$\sigma_{\max} = \underline{6.8 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{\min} = \underline{-0.8 \text{ kg/cm}^2}$$

Die Zugspannungen werden durch den vorh. Eisenquerschnitt aufgenommen

Säulenfuss

Gewicht der Säule:

$$\text{Querwand} : 1.98 \times 0.20 \times 12.43 = 2.5 = 12.3 \text{ t}$$

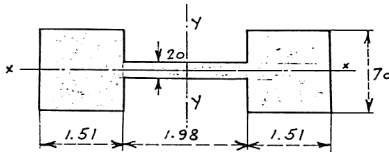
$$\text{Rippen} \quad 2 \times 0.7 \times 2.5 \times 3.7 = 3.9 \text{ t}$$

$$2 \times 0.7 \times 2.5 \times 1.0 \times [0.31 + 0.35 + 0.42 + 0.54 + 0.69 + 0.88 + 1.10 + 1.36] = 19.8 \text{ t}$$

$$\underline{\underline{36.0 \text{ t}}}$$

$$N = 26.2 + 36.0 = \underline{62.2 \text{ t}}$$

$$M = -\frac{2.5}{8.28} = 4.14 = \underline{+1.2 \text{ mt}}$$



$$F_b = 198 \times 20 + 2 \times 151 \times 70 = 25100 \text{ cm}^2$$

$$\eta f_c = 10 [18 \div 16 + 16 \div 14] = 608 \text{ }$$

$$F_1 = \underline{\underline{25708 \text{ cm}^2}}$$

$$J_x^b = 2 \times 151 \times \frac{70^3}{12} + 198 \times \frac{20^3}{12} = 8732000 \text{ cm}^4$$

$$J_x^e = 10 (12 \times 2 \times 30^2 + 12 \times 2 \times 5^2) = \frac{222000}{8954000} \text{ cm}^4$$

$$J = \underline{\underline{8954000 \text{ cm}^4}}$$

$$W_x = \frac{8954000}{35} = 255000 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{62200}{25708} \pm \frac{120000}{255000} = 2.5 \pm 0.5$$

$$\sigma_{\max} = \underline{3.0 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{\min} = \underline{2.0 \text{ kg/cm}^2}$$

Winddruck auf S_1

$$M_s = 1.80 \times \frac{19.0}{2} \times 0.15 \times 12.5 = 32 \text{ mt}$$

$$0.70 \times \frac{12.5^2}{2} \times 0.15 = \sim 8 \text{ "}$$

40 mt

$$J_y = 0.7 \times \frac{5.0^3}{12} - 0.50 \times \frac{1.98^3}{12} = 6.98 \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{6.98}{2.5} = 2.79 \text{ m}^3$$

$$\sigma_w = \pm \frac{4000000}{2790000} = \pm \underline{\underline{1.4 \text{ kg/cm}^2}}$$

aus Eigengewicht

$$N_g = 18.7 + 36 = 54.7 \text{ t}$$

$$M_g = 1.0 \text{ mt}$$

$$F_i = 25708 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 255000 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_g = \frac{54700}{25708} \pm \frac{100000}{255000} = 2.1 \pm 0.4$$

$$\sigma_g = 2.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_g = 1.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_w + \sigma_g = 2.5 + 1.4 = \underline{\underline{3.9 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_w + \sigma_g = 1.7 - 1.4 = \underline{\underline{0.3 \text{ kg/cm}^2}}$$

Säulenkopf:max. Moment

$$\max. M = M_g + M_p = -1.0 - 2.5 = \underline{\underline{-3.5 \text{ mt}}}$$

$$\text{in Schnitt U.K. Voute} = -\frac{3.5}{8.28} \times 7.66 = \underline{\underline{-3.25 \text{ mt}}}$$

entspr. Auflagerkraft

$$N = 18.7 + 5 = \underline{\underline{23.7 \text{ t}}}$$

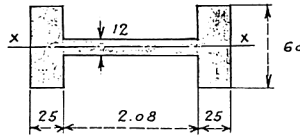
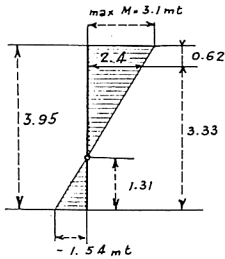
$$F_i = 8647 \text{ cm}^2$$

$$W_x = 57200 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{23700}{8647} \pm \frac{325000}{57200} = 2.8 \pm 5.8$$

$$\sigma_{\max} = \underline{\underline{8.6 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$\sigma_{\min} = \underline{\underline{-3.0 \text{ kg/cm}^2}}$$

Säule 3

$$F_b = 2 \cdot 25 \cdot 60 + 12 \cdot 20.8 = 5496 \text{ cm}^2$$

$$n f_c = 10(8 + 16 + 11 + 14) = \frac{330}{5826} \text{ cm}^2$$

$$J_x^b = 50 = \frac{60^3}{12} + 20.8 \cdot \frac{12^3}{12} = 930000 \text{ cm}^4$$

$$J_x^c = 10 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 25^2 = \frac{100000}{1030000} \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{1030000}{30} = 34200 \text{ cm}^3$$

$$M_{\max} = 3.1 \text{ mt}$$

$$\text{U.K. Route } M_{\max} = 2.4 \text{ mt}$$

entsp. Auflagerkraft

$$N = S_3 + Q_3 = 20.3 + 6.5 = 26.8 \text{ t}$$

$$\sigma = \frac{26800}{5826} \pm \frac{240000}{34200} = 4.6 \pm 7$$

$$\sigma_{\max} = 11.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = -2.4 \text{ kg/cm}^2$$

max. Auflagerdruck

$$N = S_3 + Q_3 = 20.3 + 8.5 = 28.8 \text{ t}$$

entspr. Moment

$$M = 0.9 \text{ mt}$$

$$\text{U.K. Route } M = 0.7 \text{ mt}$$

$$\sigma = \frac{28800}{5826} \pm \frac{70000}{34200} = 5 \pm 2$$

$$\sigma_{\max} = 7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = 3 \text{ kg/cm}^2$$

III. Bogen.

Gewicht der Fahrbahn incl. Träger :

$$g = 3.32 \text{ t/m'} \quad \text{siehe Seite 11}$$

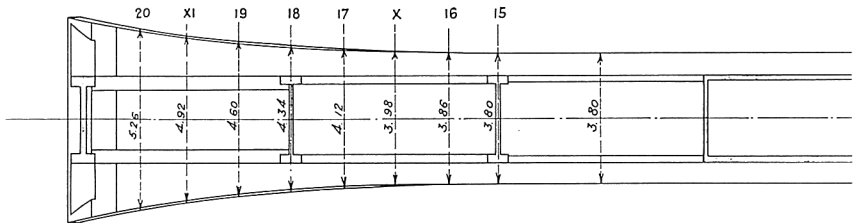
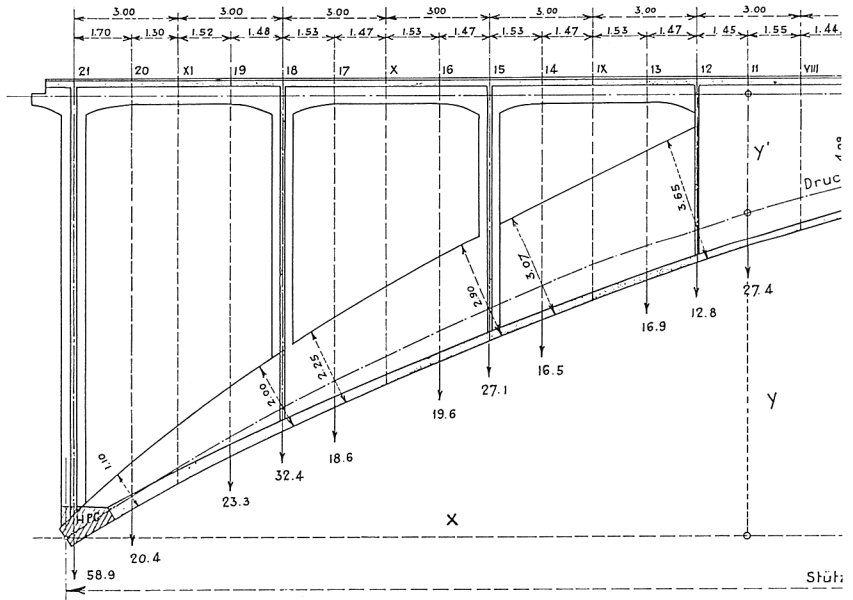
Lamellengewichte

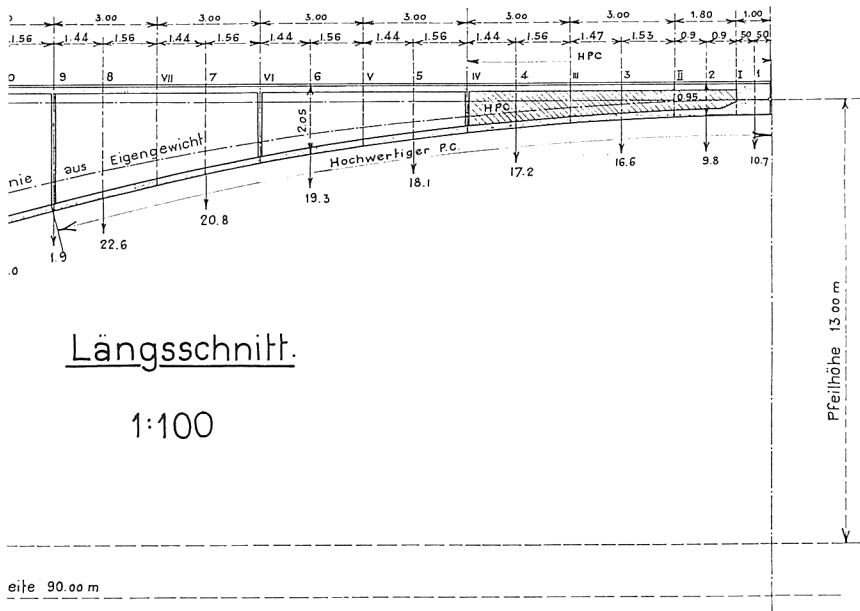
Lamelle		Gewicht
1.	$2.96 \cdot 1.0 + 3.80 \cdot 1.0 \cdot 2.5$	10.7 t
2.	$2.96 \cdot 1.8 + 3.80 \cdot 1.80 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 1.80 \cdot 0.63 \cdot 2.5$	9.8 t
3.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 0.74 \cdot 2.5$	16.6 t
4.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 0.96 \cdot 2.5$	17.2 t
5.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 1.30 \cdot 2.5$	18.1 t
6.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 1.75 \cdot 2.5$	19.3 t
7.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 2.31 \cdot 2.5$	20.8 t
8.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.0 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 2.98 \cdot 2.5$	22.6 t
9.	Querwand $2.22 \cdot 0.1 \cdot 3.35 \cdot 2.5$	1.9 t
10.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.1 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 3.78 \cdot 2.5$	25.0 t
11.	$2.96 \cdot 3.0 + 3.80 \cdot 3.1 \cdot 0.2 \cdot 2.5 + 0.36 \cdot 3.0 \cdot 4.68 \cdot 2.5$	27.4 t
12.	$3.32 \cdot 3.0 + 2.22 \cdot 0.1 \cdot 5.15 \cdot 2.5$	12.8 t
13.	$3.80 \cdot 3.2 \cdot 0.21 \cdot 2.5 + 0.4 \cdot 3.0 \cdot 3.5 \cdot 2.5$	16.9 t
14.	$3.80 \cdot 3.22 \cdot 0.23 \cdot 2.5 + 0.4 \cdot 3.0 \cdot 3.15 \cdot 2.5$	16.5 t
15.	$3.32 \cdot 6.0 + 2.08 \cdot 0.12 \cdot 7.20 + 2 \cdot 0.60 \cdot 0.25 \cdot 3.6 \cdot 2.5$	27.1 t
16.	$3.86 \cdot 3.3 \cdot 0.27 \cdot 2.5 + 0.50 \cdot 3.0 \cdot 2.7 \cdot 2.5$	19.6 t
17.	$4.10 \cdot 3.32 \cdot 0.3 \cdot 2.5 + 0.50 \cdot 3.0 \cdot 2.25 \cdot 2.5$	18.6 t
18.	$3.32 \cdot 6.0 + 2.08 \cdot 0.14 \cdot 9.70 \cdot 2.5 + 2 \cdot 0.60 \cdot 0.25 \cdot 7.2 \cdot 2.5$	32.4 t
19.	$4.60 \cdot 3.4 \cdot 0.35 \cdot 2.5 + 0.8 \cdot 3.0 \cdot 1.60 \cdot 2.5$	23.3 t
20.	$5.20 \cdot 3.0 \cdot 0.40 \cdot 2.5 + 0.80 \cdot 2.65 \cdot 0.90 \cdot 2.5$	20.4 t
21.	$3.32 \cdot 4.0 + 1.98 \cdot 0.20 \cdot 12.70 \cdot 2.5 + \frac{18.8}{\text{Rippen d. Säule}} + \frac{5.8}{\text{Konsole}}$	58.9 t
<u>ΣG</u>		<u>435.9 t</u>

Lamellenbezeichnung siehe Seiten 32, 33, 34

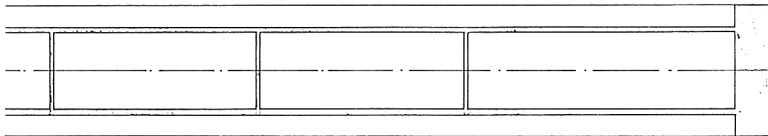
32.

33.





Grundriss.



Ordinaten der Drucklinie aus Eigengewicht

$$M_{n+1} = M_n + Q \cdot a$$

Schnitt	Lamellenmomente m	M m	$y' = \frac{M}{H}$	$y = f \cdot y'$
5 Gelenk		0	0	13.000
I	$M_I = 0.0 + 10.7 \times 0.50$	5.35	0.009	12.991
2	$M_2 = 5.35 + 10.7 \times 1.40$	20.35	0.035	12.965
II	$M_{II} = 20.35 + 20.5 \times 0.90$	38.40	0.066	12.934
3	$M_3 = 38.80 + 20.5 \times 1.53$	70.20	0.120	12.880
III	$M_{III} = 70.20 + 37.1 \times 1.47$	124.70	0.214	12.786
4	$M_4 = 124.70 + 37.1 \times 1.56$	192.60	0.330	12.670
IV	$M_{IV} = 192.60 + 54.3 \times 1.44$	270.70	0.464	12.536
5	$M_5 = 270.70 + 54.3 \times 1.56$	355.30	0.610	12.390
V	$M_V = 355.30 + 72.4 \times 1.44$	459.40	0.787	12.213
6	$M_6 = 459.40 + 72.4 \times 1.56$	572.40	0.981	12.019
VI	$M_{VI} = 572.40 + 91.7 \times 1.44$	704.40	1.208	11.792
7	$M_7 = 704.40 + 91.7 \times 1.56$	847.50	1.454	11.546
VII	$M_{VII} = 847.50 + 112.5 \times 1.44$	1009.50	1.730	11.270
8	$M_8 = 1009.50 + 112.5 \times 1.56$	1185.00	2.035	10.965
9	$M_9 = 1185.00 + 135.1 \times 1.44$	1379.50	2.365	10.635
10	$M_{10} = 1379.50 + 137.0 \times 1.56$	1593.00	2.735	10.265
VIII	$M_{VIII} = 1593.00 + 162.0 \times 1.44$	1826.00	3.135	9.865
11	$M_{11} = 1826.00 + 162.0 \times 1.55$	2077.00	3.560	9.440
12	$M_{12} = 2077.00 + 189.4 \times 1.45$	2351.50	4.030	8.970
13	$M_{13} = 2351.50 + 202.2 \times 1.47$	2648.50	4.550	8.450
IX	$M_{IX} = 2648.50 + 219.1 \times 1.53$	2983.50	5.090	7.910
14	$M_{14} = 2983.50 + 219.1 \times 1.47$	3305.00	5.675	7.325
15	$M_{15} = 3305.00 + 235.6 \times 1.53$	3665.00	6.290	6.710
16	$M_{16} = 3665.00 + 262.7 \times 1.47$	4051.00	6.955	6.045
X	$M_X = 4051.00 + 282.3 \times 1.53$	4483.00	7.690	5.310
17	$M_{17} = 4483.00 + 282.3 \times 1.47$	4898.00	8.390	4.610
18	$M_{18} = 4898.00 + 300.9 \times 1.53$	5358.00	9.195	3.805
19	$M_{19} = 5358.00 + 333.3 \times 1.48$	5851.00	10.050	2.950
XI	$M_{XI} = 5851.00 + 356.6 \times 1.52$	6393.00	10.950	2.050
20	$M_{20} = 6393.00 + 356.6 \times 1.30$	6857.00	11.780	1.220
21	$M_{21} = 6857.00 + 377.0 \times 1.70$	7498.00	12.850	0.150
Kämpfer	$M_K = 7498.00 + 435.9 \times 0.20$	7585.00	13.000	0.000

$$H_G = \frac{7585}{13.0} = \underline{\underline{583 \text{ t}}}$$

Kämpferdruck:

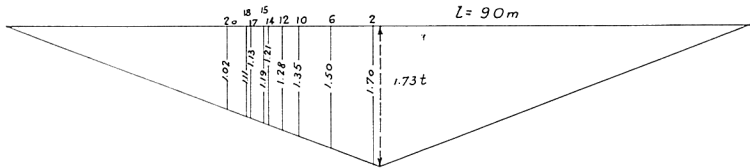
$$K_G = \sqrt{583^2 + 435.9^2} = \underline{\underline{727 \text{ t}}}$$

Bogenschub inf. Verkehrslast

$$p = 350 \text{ kg/m}^2 \quad \text{pro m': } \underline{p = 0.35 \times 3.5 = 1.23 \text{ t}}$$

Einflusslinie für H_p :

$$H = \frac{M_G}{f} = \frac{1 \cdot l}{4f} = \frac{90}{4 \times 13} = \underline{1.73 \text{ t}}$$



$$H_p = 90 \times \frac{1.73}{2} \times 1.23 = \underline{96 \text{ t}}$$

Scheitelgelenk :

(siehe Bemerkungen Seite 1)

$$H_G = 583 \text{ t}$$

$$H_p = 96 \text{ t}$$

$$\underline{H_q = 679 \text{ t}}$$

$$\sigma_e = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{folglich } f_e = \frac{679}{2} = 339 \text{ cm}^2$$

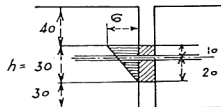
$$\text{gewählt } \underline{33 \phi 36 = 337 \text{ cm}^2}$$

aus der Spannungsfigur ergibt sich

$$H = \frac{\sigma_b \cdot h \cdot B}{2} + \frac{2}{3} n \sigma_b f_e \quad \text{woraus}$$

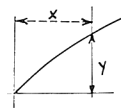
$$\sigma_b = \frac{6H}{3h \cdot B + 4nf_e} \quad h = 30 \text{ cm} \quad B = 380 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{6 \times 679000}{3 \cdot 30 \cdot 380 + 4 \cdot 337} = \underline{85 \text{ kg/cm}^2}$$

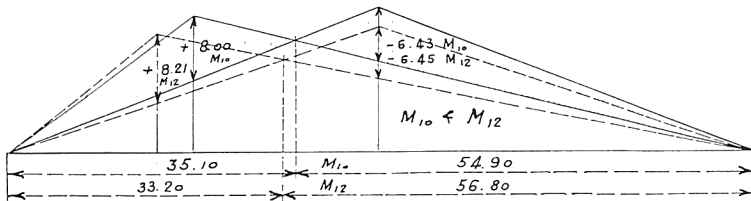
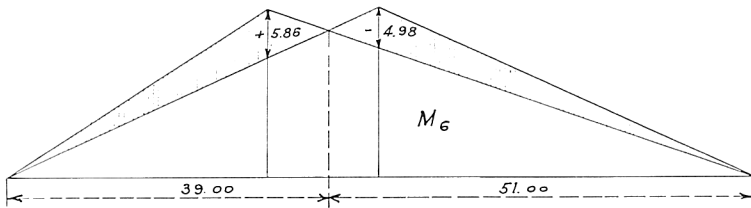
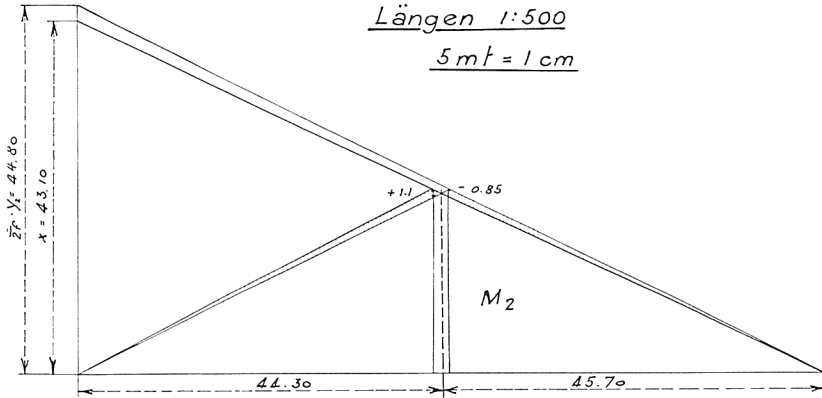
Einflusslinien der Momente

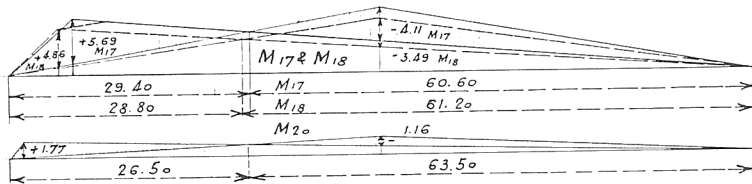
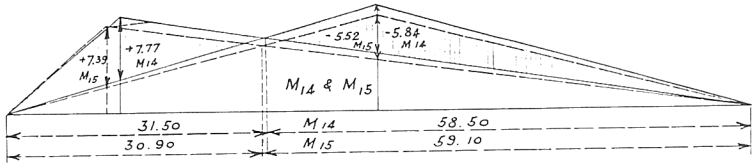
$$M = M_0 - H \cdot y$$

Schnitt 2 :	x = 43.10	y = 12.965	$\frac{l}{2f} \cdot y = 44.80$
6	31.64	12.019	41.60
10	22.64	10.265	35.50
12	18.20	8.970	31.10
14	13.73	7.325	25.40



Schnitt 15	$x = 12.20$	$y = 6.710$	$\frac{z}{2F} \cdot y = 23.25$
17	7.73	4.610	15.95
18	6.20	3.805	13.18
20	1.90	1.220	4.22

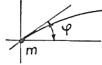




Momente & Horizontalschübe inf. Verkehrslast

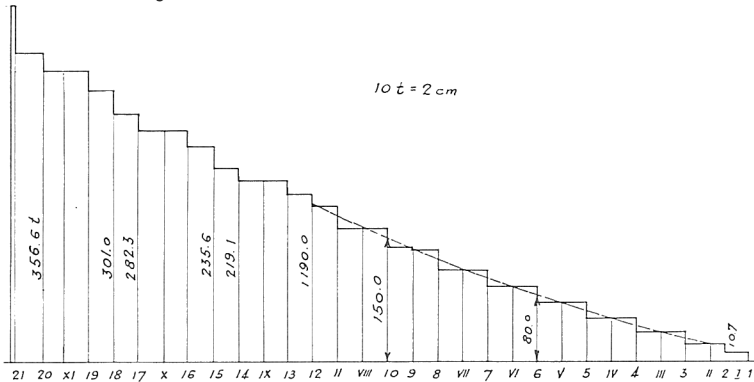
Schnitt	Momente	mt	Horizontalschub	t
2	$+M_2 = 44.30 \times \frac{1.1}{2} \times 1.23$	+ 30	$H_P^2 = 44.3 \times \frac{1.70}{2} \times 1.23$	46.4
2	$-M_2 = 45.70 \times \frac{0.85}{2} \times 1.23$	- 23.9	$H_P^2 = 96 - 46.4$	49.6
6	$+M_6 = 39.0 \times \frac{5.86}{2} \times 1.23$	+ 140.6	$H_P^6 = 39.0 \times \frac{1.50}{2} \times 1.23$	36.0
6	$-M_6 = 51.0 \times \frac{4.98}{2} \times 1.23$	- 156.1	$H_P^6 = 96 - 36$	60.0
10	$+M_{10} = 35.10 \times \frac{8.00}{2} \times 1.23$	+ 173	$H_P^{10} = 35.10 \times \frac{1.35}{2} \times 1.23$	29.2
10	$-M_{10} = 54.90 \times \frac{6.43}{2} \times 1.23$	- 217	$H_P^{10} = 96 - 29.2$	66.8
12	$+M_{12} = 33.20 \times \frac{8.21}{2} \times 1.23$	+ 168	$H_P^{12} = 33.20 \times \frac{1.28}{2} \times 1.23$	26.1
12	$-M_{12} = 56.80 \times \frac{6.45}{2} \times 1.23$	- 225	$H_P^{12} = 96 - 26.1$	69.9
14	$+M_{14} = 31.50 \times \frac{7.77}{2} \times 1.23$	+ 151	$H_P^{14} = 31.50 \times \frac{1.21}{2} \times 1.23$	23.5
14	$-M_{14} = 58.50 \times \frac{5.84}{2} \times 1.23$	- 210	$H_P^{14} = 96 - 23.5$	72.5
15	$+M_{15} = 30.90 \times \frac{7.39}{2} \times 1.23$	+ 141	$H_P^{15} = 30.90 \times \frac{1.19}{2} \times 1.23$	22.6
15	$-M_{15} = 59.10 \times \frac{5.52}{2} \times 1.23$	- 201	$H_P^{15} = 96 - 22.6$	73.4
17	$+M_{17} = 29.40 \times \frac{5.61}{2} \times 1.23$	+ 103	$H_P^{17} = 29.40 \times \frac{1.13}{2} \times 1.23$	20.4
17	$-M_{17} = 60.60 \times \frac{4.11}{2} \times 1.23$	- 153	$H_P^{17} = 96 - 20.4$	75.6
18	$+M_{18} = 28.80 \times \frac{4.86}{2} \times 1.23$	+ 86	$H_P^{18} = 28.8 \times \frac{1.11}{2} \times 1.23$	19.7
18	$-M_{18} = 61.20 \times \frac{3.49}{2} \times 1.23$	- 131	$H_P^{18} = 96 - 19.7$	76.3
20	$+M_{20} = 26.50 \times \frac{1.77}{2} \times 1.23$	+ 28.8	$H_P^{20} = 26.50 \times \frac{1.02}{2} \times 1.23$	16.6
20	$-M_{20} = 63.50 \times \frac{1.16}{2} \times 1.23$	- 45.4	$H_P^{20} = 96 - 16.6$	79.4

Normalkräfte

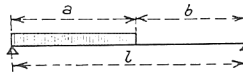


$$N_m = H \cos \varphi + Q_0 \sin \varphi$$

Die Querkräfte inf. Eigengewicht sind in der Zusammenstellung Seite 35 enthalten.



Querkräfte inf. Verkehr:



$$x < a : Q_x = \frac{p a}{l} \left(l - \frac{a}{2} \right)$$

$$x > a : Q_x = \frac{p a^2}{2 l}$$

Schnitt	$\tan \varphi = \frac{Q}{H}$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	H_g	Q_g	Laststellung entspr. dem Moment	H_p	Q_p	N_g	N_p	N_{tot}
2	0.0317	0.999	0.0319	583	10.7	+ M	46.4	-12.0	583.3	46.1	629.4
						- M	49.6	14.3	583.3	50.0	633.3
6	0.1405	0.990	0.139	"	80.0	+ M	36.0	-1.3	588.0	35.5	623.5
						- M	60.0	17.8	588.0	62.0	650.0
10	0.2567	0.968	0.247	"	150.0	+ M	29.2	6.9	602	29.9	631.9
						- M	66.8	20.6	602	69.6	671.6
12	0.339	0.947	0.320	"	190.0	+ M	26.1	10.9	613	28.2	641.2
						- M	69.9	22.0	613	73.0	686.0
14	0.400	0.928	0.372	"	219.1	+ M	23.5	15.1	623.8	27.4	651.2
						- M	72.5	23.4	623.8	75.7	699.5
15	0.426	0.919	0.393	"	235.6	+ M	22.6	16.5	627.5	27.3	654.8
						- M	73.4	23.9	627.5	76.6	704.1
17	0.501	0.893	0.448	"	282.3	+ M	20.4	20.8	647.5	27.6	675.1
						- M	75.6	25.1	647.5	78.7	726.2
18	0.551	0.876	0.482	"	301.0	+ M	19.7	22.2	656.0	27.9	683.9
						- M	76.3	25.6	656.0	79.4	735.4
20	0.633	0.845	0.534	"	356.6	+ M	16.6	25.5	683.0	27.6	710.6
						- M	79.4	27.6	683.0	81.7	764.7

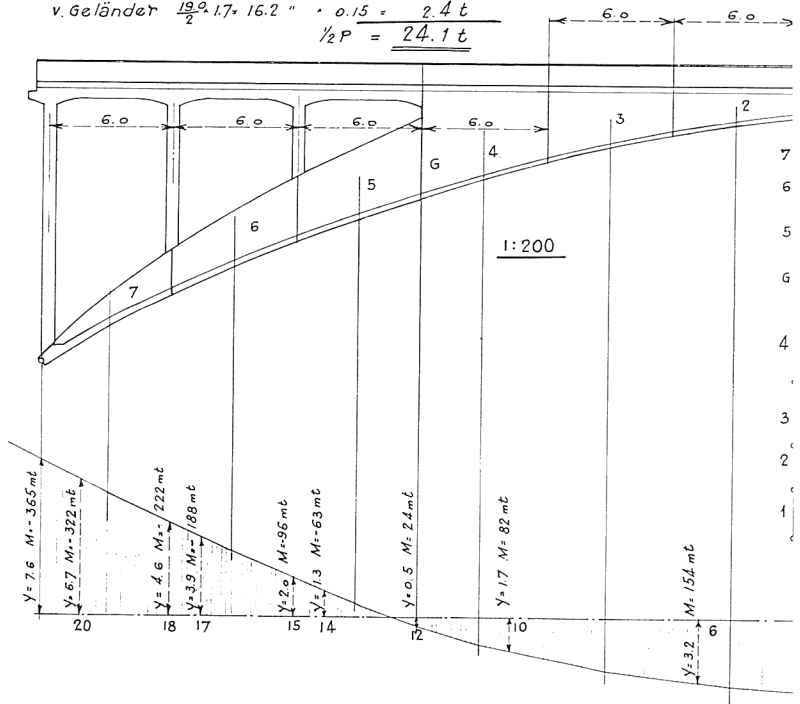
Winddruck

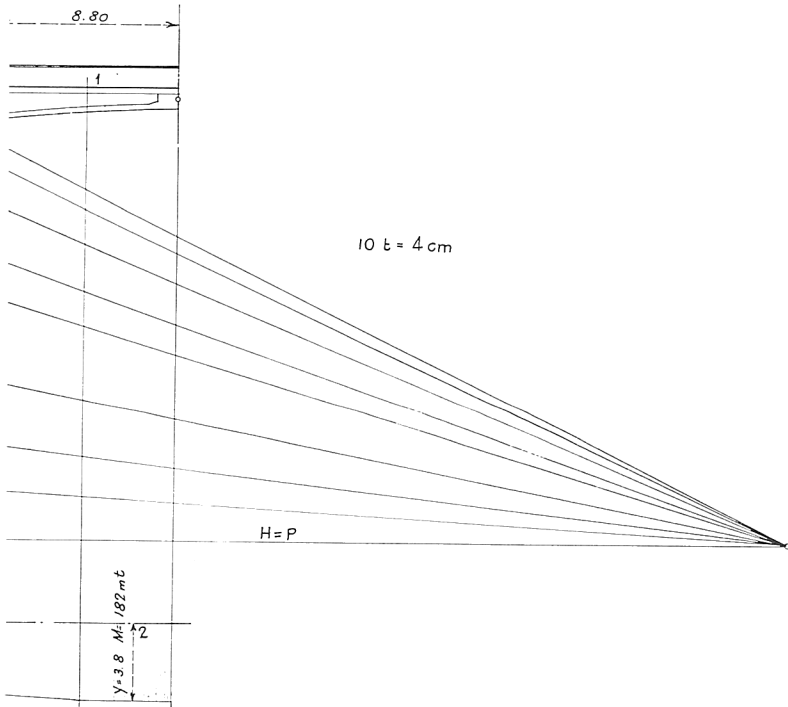
Belastung : $p = 150 \text{ kg/m}^2$ für unbelastete Brücke
 $p = 100 \text{ "}$ " belastete "

Lamellen der Ansichtfläche incl. Geländer

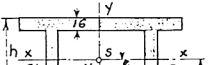
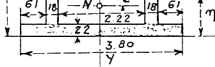
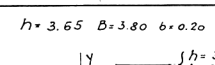
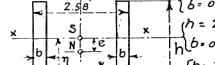
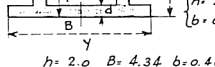
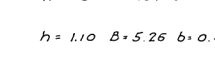
1. $8.80 \times \frac{2.0 \times 2.6}{2} = 20.2 \text{ m}^2 \times 0.15 = 3.0 \text{ t}$
2. $6.0 \times \frac{2.6 + 3.5}{2} = 18.3 \text{ m}^2 \times 0.15 = 2.8 \text{ t}$
3. $6.0 \times \frac{3.5 + 4.8}{2} = 25.0 \text{ m}^2 \times 0.15 = 3.8 \text{ t}$
4. $6.0 \times \frac{4.8 + 6.6}{2} = 34.2 \text{ m}^2 \times 0.15 = 5.1 \text{ t}$
5. $6.0 \times \frac{4.0 + 3.2}{2} = 21.6 \text{ m}^2 \times 0.15 = 3.2 \text{ t}$
6. $6.0 \times \frac{3.2 + 2.2}{2} = 16.2 \text{ m}^2 \times 0.15 = 2.4 \text{ t}$
7. $6.0 \times \frac{2.2 + 0.8}{2} = 9.0 \text{ m}^2 \times 0.15 = 1.4 \text{ t}$

$$v. \text{ Geländer } \frac{19.0}{2} \cdot 1.7 \cdot 16.2 \text{ " } \cdot 0.15 = \frac{2.4 t}{\frac{1}{2} P = 24.1 t}$$





Querschnittsgrößen

Schnitt		η_m	$J_{x_m^4}$	$J_{y_m^4}$	W_o	W_u	$W_{y_m^3}$	$F_{b_m^2}$	
2		$h=0.95$	0.44	0.215	2.06	0.422	0.490	1.085	1.65
6		$h=2.05$	0.93	1.373	2.68	1.226	1.478	1.410	2.04
10		$h=4.09$	1.83	7.00	3.82	3.100	3.820	2.01	2.70
12	$h=3.65 \quad B=3.80 \quad b=0.20 \quad d=0.22$	1.25	3.077	-	1.280	2.460	-	2.20	
14		$h=3.07 \quad B=3.80$ $b=0.25 \quad d=0.25$	0.95	1.967	-	0.928	2.070	-	2.10
15		$h=2.90 \quad B=3.80$ $b=0.25 \quad d=0.26$	0.98	1.962	2.990	1.020	2.00	-	2.30
17		$h=2.25 \quad B=4.12$ $b=0.25 \quad d=0.29$	0.65	1.005	3.030	0.629	1.548	-	2.16
18	$h=2.0 \quad B=4.34 \quad b=0.40 \quad d=0.32$	0.65	1.011	3.795	0.750	1.560	-	2.73	
20	$h=1.10 \quad B=5.26 \quad b=0.40 \quad d=0.40$	0.31	0.185	5.530	0.234	0.597	-	2.67	

Spannungen

Schnitt		2	6	10	12	14	15	17	18	20	
Eigengewicht	σ_o	35.3	13.1	3.3	12.1	27.0	21.2	33.1	21.7	22.7	
	σ_u	35.3	42.0	37.7	36.1	30.9	30.4	28.8	28.2	26.8	
Verkehrslast	+ M	σ_o	+ 9.9	+ 13.2	+ 6.7	+ 14.4	+ 17.6	+ 15.0	+ 17.7	+ 12.5	+ 13.3
		σ_u	- 3.3	- 7.8	- 3.4	- 5.5	- 6.0	- 5.8	- 5.4	- 4.5	- 3.8
	- M	σ_o	- 2.7	- 9.7	- 4.4	- 14.3	- 19.0	- 16.4	- 20.8	- 14.6	- 16.3
		σ_u	+ 7.9	+ 13.6	+ 8.3	+ 12.5	+ 13.7	+ 13.3	+ 13.6	+ 11.3	+ 10.7
Winddruck	unbelastete Brücke	σ_o	± 16.8	± 10.9	± 4.1	-	-	± 4.1	± 8.0	± 7.5	± 7.5
		σ_u	± 16.8	± 10.9	± 4.1	-	-	± 6.1	± 12.8	± 12.7	± 15.3
Grenzwerte	g+P	σ_o	45.2	26.2	10.0	26.5	44.6	36.2	50.8	34.2	36.0
		σ_u	43.2	55.6	46.0	48.6	44.6	43.7	42.4	39.5	37.50
		σ_o	32.6	3.4	-1.1	-2.2	8.0	4.8	12.3	7.1	6.4
		σ_u	32.0	33.2	34.3	30.6	24.9	24.6	23.4	23.7	23.0
	g+W	σ_o	52.1	24.0	7.4	-	-	25.3	41.1	29.2	30.2
		σ_u	52.1	52.9	41.8	-	-	36.5	41.6	40.9	42.1
		σ_o	18.5	2.2	-0.8	-	-	17.1	25.1	14.2	15.2
		σ_u	18.5	31.1	33.6	-	-	24.3	16.0	15.5	11.5

Kämpfergelenk

Kämpferdruck $K_{max} = \sqrt{679^2 + 490.9^2} = 836 \text{ t}$
 (siehe Bemerkungen Seite 1) angenommen $G_e = 2000 \text{ kg/cm}^2$

folglich $f_c = \frac{836}{2} = 418 \text{ cm}^2$

gewählt $41 \phi 36 = 418 \text{ cm}^2$

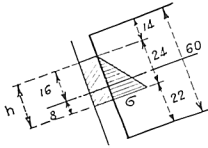
aus der Spannungsfigur ergibt sich

$$K = \frac{G_b \cdot h \cdot B}{2} + \frac{2}{3} n \cdot G_b \cdot f_c \quad \text{woraus}$$

$$G_b = \frac{6K}{2hB + 4nf_c}$$

$$h = 24 \text{ cm} \quad B = 600 \text{ cm}$$

$$G_b = \frac{6 \cdot 836000}{3 \cdot 24 \cdot 600 + 40 \cdot 418} = \underline{\underline{84 \text{ kg/cm}^2}}$$



Widerlager

a) Eigengewicht + Verkehrslast über die ganze Länge

$$V_g = 436 \text{ t} \quad H_g = 583 \text{ t}$$

$$V_p = 55 \text{ t} \quad H_p = 96 \text{ t}$$

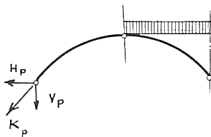
$$V_{tot} = 491 \text{ t} \quad H_{tot} = 679 \text{ t} \quad K_{tot} = \underline{\underline{836 \text{ t}}}$$

b) Eigengewicht + Verkehrslast auf halbe Länge

$$V_g = 436 \text{ t} \quad H_g = 583 \text{ t}$$

$$V_p = \frac{1.23 \cdot 45}{8} = 7 \text{ t} \quad H_p = 48 \text{ t}$$

$$V_{tot} = 443 \text{ t} \quad H_{tot} = 631 \text{ t} \quad K = \underline{\underline{776 \text{ t}}}$$



Fundamentgewichte

$$G_I = 21.0 \text{ t}$$

$$G_{II} = 15.2 \text{ t}$$

$$G_{III} = 11.5 \text{ t}$$

$$G_{IV} = 5.2 \text{ t}$$

Erdaufplast: ca. 52 t

44.

Fundamentfläche $F = 2.7 \cdot 7.8 = 21.1 \text{ m}^2$

Widerstandsmoment $W_I = 7.8 \cdot \frac{2.7^2}{6} = 9.46 \text{ m}^3$

$$W_{II} = 2.7 \cdot \frac{7.8^2}{6} = 27.4 \text{ m}^3$$

a) Totallast (g+p)

$$R_I = 900 \text{ t} \quad e = 0.035 \quad N_I = 875 \text{ t}$$

$$G = \frac{875}{21.1} \pm \frac{875 \times 0.035}{9.46} = 41.5 \pm 3.3 \quad G_{\max} = \underline{\underline{44.8 \text{ t/m}^2}} \quad G_{\min} = \underline{\underline{38.2 \text{ t/m}^2}}$$

b) Eigengewicht + Winddruck

$$R_{\bar{J}} = 790 t \quad M_W = 365 \cdot mt \quad N_{II} = 780 t$$

$$G = \frac{780}{21.1} \pm \frac{365}{27.4} = 36.7 \pm 13.3$$

$$\sigma_{max} = \underline{50.0 \text{ t/m}^2} \quad \sigma_{min} = \underline{23.4 \text{ t/m}^2}$$

