Landschaftsverband Westfalen - Lippe Strassenbauverwaltung . Landesstrassenbauamt Bochum .

I. geprüfte Ausfertigung

Prüfexemplar

Festigkeitsnachweis

für die Strassenbrücke im Zuge der B1

über die Eisenbahn

Unna - Fröndenberg

Ortslage: Uelzen

Baugesellschaft Hanebeck, Dortmund

Prüfexemplar

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A) Allgemeine Angaben	3
B) Berechnung der Fahrbahnplatte	
a) Übersicht	4
b) Berechnung der rechtwinkligen Vergleichsplatte für Verkehr	5
c) Eigengewichtslasten	13
d) Momente der schiefwinkligen Platte	14
e) Bemessungsmomente	16
f) Bemessung	23
C) Berechnung der Widerlager	
a) Übersicht	28
b) Auflagerdrücke aus dem Überbau	29
c) Erddruckbelastung	30
d) Standsicherheitsuntersuchung	31
e) Fundamentbemessung	34
f) Bemessung der Widerlagerwand	35
D) Berechnung der Flügelwände	
a) Erddruckbelastung	39
b) Standsicherheitsuntersuchung	40
c) Bemessung des Fundamentes	42
d) Bemessung der Wandeinspannung	43
e) Bemessung der Konsole	45

A) Allgemeine Angaben

Das Brückenbauwerk überführt die Bundesstr. 1 über die Bundesbahnstrecke Unna - Fröndenberg bei dem Ort Uelzen. Die Brücke wird errichtet zur Beseitigung der schienengleichen Kreuzung. Der Brückenüberbau besteht aus einer schiefwinkligen Stahlbetonplatte aus B 300, die mit Betonstahl II schlaff bewehrt ist. Die Berechnung der schiefwinkligen Platte erfolgt nach Rüsch "Fahrbahnplatten von Strassenbrücken" 3. Auflage. Mit den Widerlagern ist die Brücke durch Federgelenke verbunden.

Die Widerlager- und Flügelmauern werden als Winkelstützmauern ausgebildet und aus B 225 und Betonstahl II hergestellt. Die Schwindbewehrung auf der Wandvorderseite der Flügelmauern wird in Betonstahl I ausgeführt. Die Sichtflächen der Widerlager- und Flügelmauern werden als Sichtbeton behandelt.

Die Gründung der Fundamente erfolgt als Flachgründung auf dem festen Felsmergel.

Die Berechnung des Brückenbauwerks erfolgt für die Brückenklasse 60 gemäss DIN 1072. Ferner gilt für die Ausführung als Massivbrücke DIN 1075.

Anmerkung:

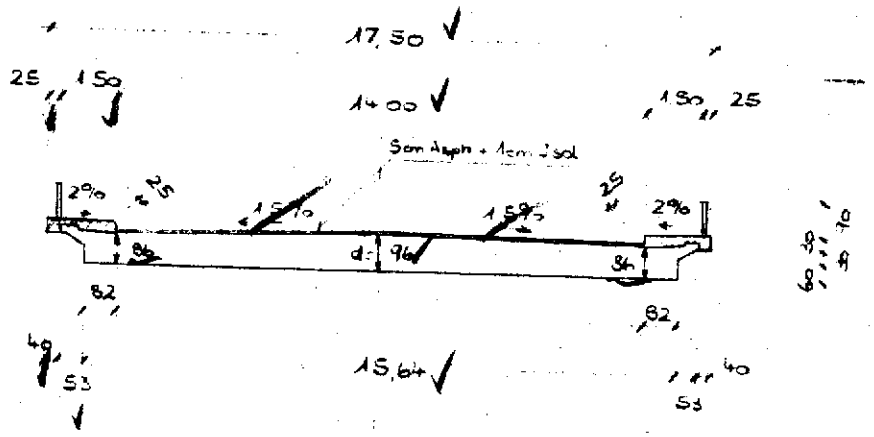
Nach Fertigstellung der Berechnung ist der Kreuzungswinkel auf rd. 46,5° geändert worden. Auf die Berechnung hat diese Winkeländerung keinen nennenswerten Einfluss und wird daher nicht weiter berücksichtigt.

-4-

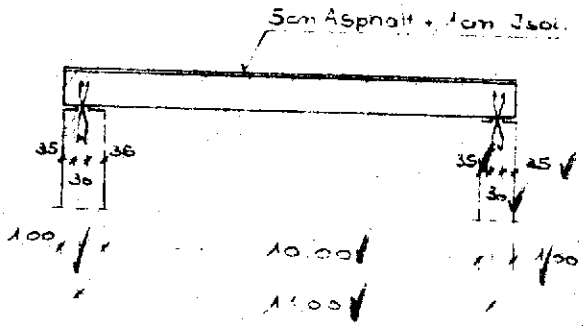
Prüfexemplar

B) Berechnung der Fahrbahnplatte

a) Übersicht



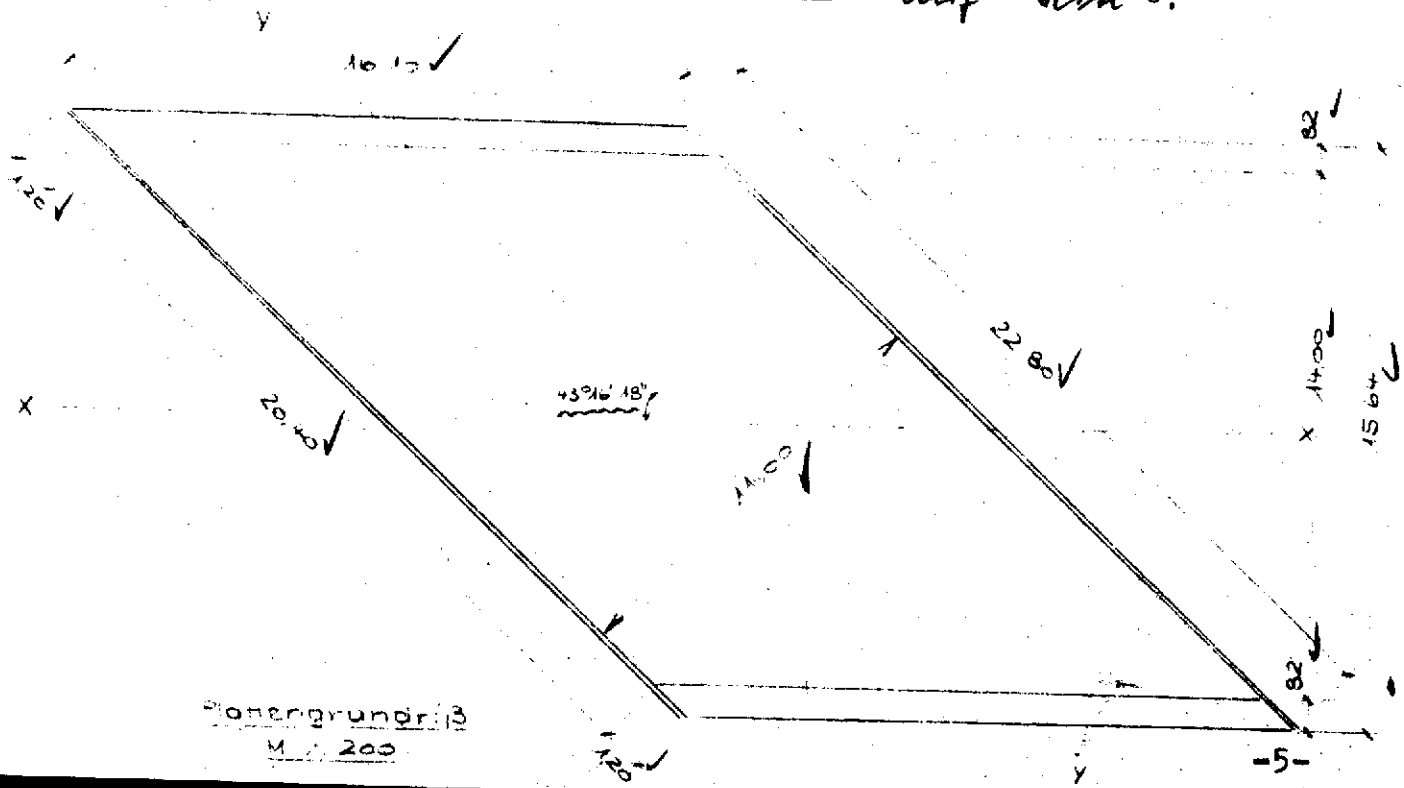
Brückenquerschnitt M. 1:200



Längsschnitt ⊥ zum Widerlager

Kreuzungswinkel
α = 43°16'18"
$\sin\alpha$ = 0,6858 ✓
$\cos\alpha$ = 0,7278 ✓
$\tan\alpha$ = 0,9424 ✓

Beachte Vorbemerkung auf Seite 3!



Planergrundriß
M. 1:200

b) Berechnung der rechtwinkligen Vergleichsplatte für Verkehr

Brückenklasse 60

Schwingbeiwert für l = 11,00 m: = 1,335

$\varphi \cdot P = 1{,}335 \cdot 10 = 13{,}35$ t

$\varphi \cdot p = 1{,}335 \cdot 0{,}5 = 0{,}67$ t/m²

$p' = 0{,}3$ t/m²

ly = b = 22,80 m

lx = l = 16,10 m

$\frac{l}{b} = \frac{16{,}10}{22{,}80} = 0{,}71$

Die Momente der rechtwinkligen Vergleichsplatte werden ermittelt nach Olsen - Reinitzhuber Einflusslinien siehe nachfolgende Seiten.

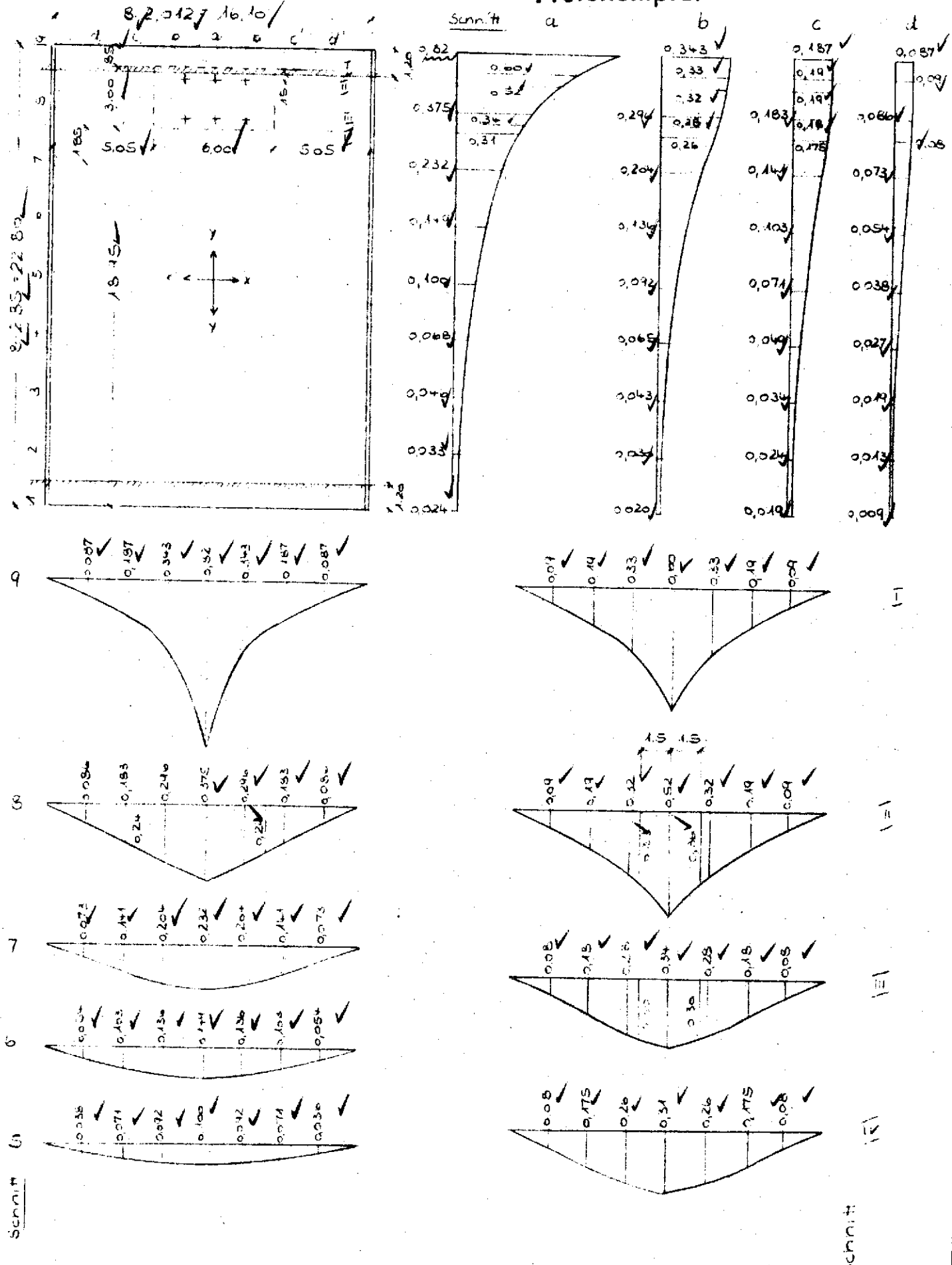
Lastverteilungsbreite der Räder

Aufstandsbreite =	0,20 cm
6 cm Belag + Isol. 2 · 0,06 =	0,12 "
1/2 Plattenstärke > $2 \cdot \frac{0{,}86}{2} =$	0,86 "
2c =	1,18 cm

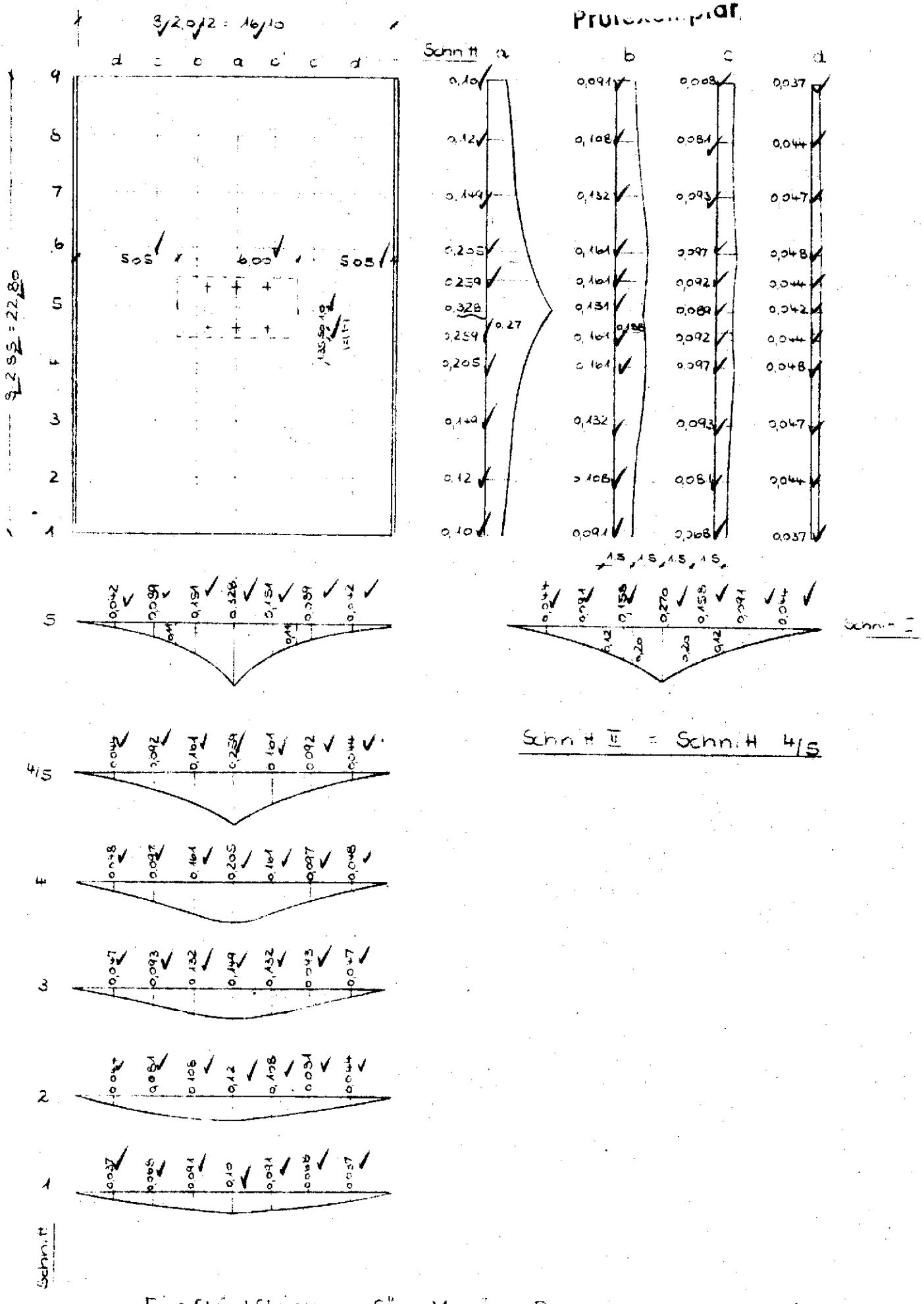
c = 0,59 m

$\frac{c}{l} = \frac{0{,}59}{16{,}10} = 0{,}0365$

Prüfexemplar

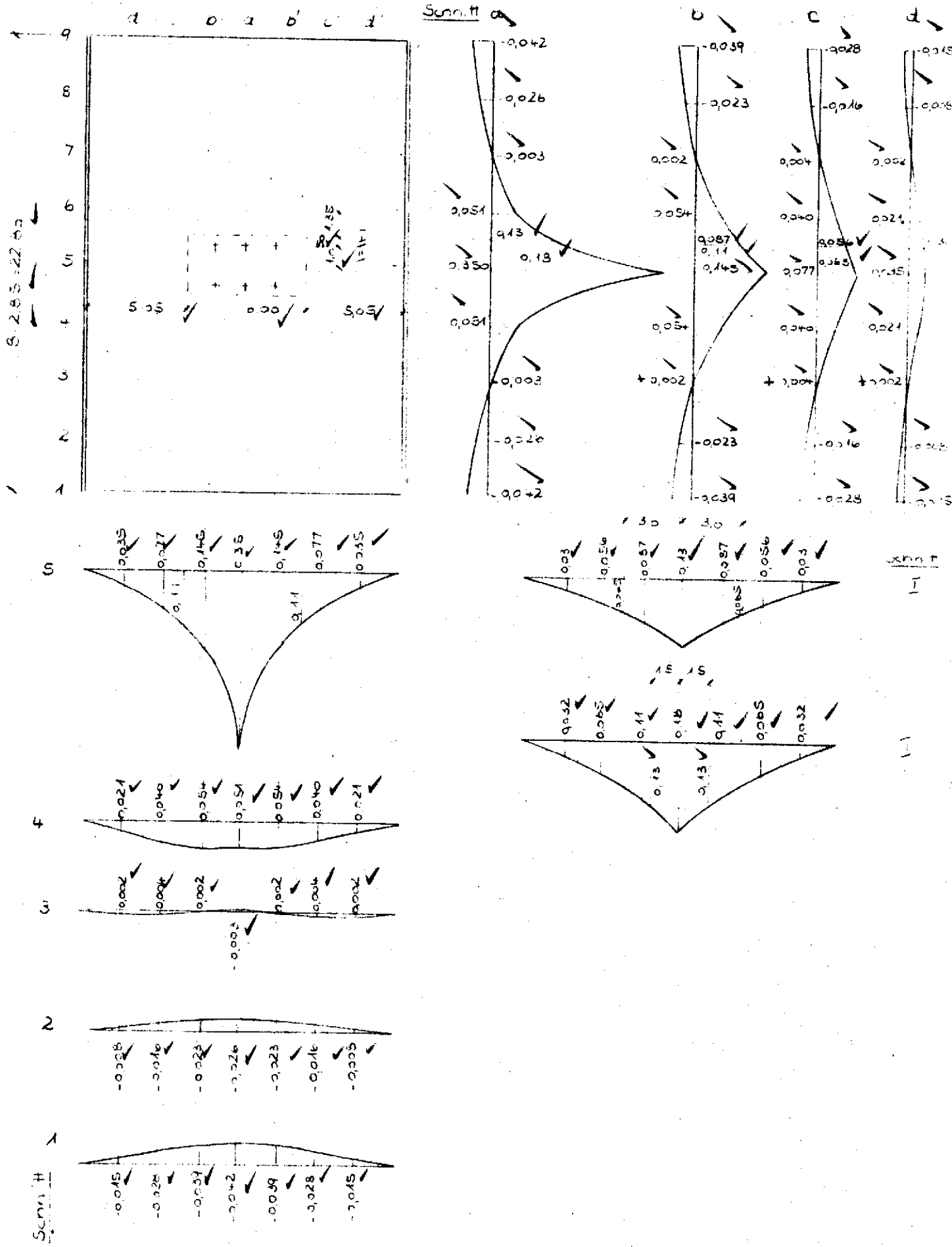


Einflußflächen für M_x in Punkt a (Plattenrand)



Einflußflächen für M_x im Punkt a S (Plattenmitte)

Prüfexemplar



Einflußflächen für M_y im Punkt a_s (Plattenmitte)

Momentenermittlung für Mx im Punkt a_9

Einflussflächen siehe Seite 6

Einflussordinaten der Räder

$\eta P = 0{,}52 + 0{,}36 + 0{,}36 + 0{,}34 + 0{,}30 + 0{,}3$

$= 2{,}18$

Einflusskörper der Lasten vor und hinter dem SLW

mittlere Höhenordinate aus Schnitt 8

$\eta = 0{,}24$

$V_p = 2 \cdot \frac{0{,}24 \cdot 5{,}05}{2} \cdot 3{,}00 = 3{,}60$

Einflusskörper der Lasten neben dem SLW

Ermittlung der Querschnittsflächen

$F_9 = 2{,}012 (0{,}087 + 0{,}187 + 0{,}343 + \frac{0{,}82}{2}) 2 = 4{,}10$

$F_I = 2{,}012 (0{,}09 + 0{,}19 + 0{,}33 + \frac{0{,}60}{2}) 2 = 3{,}64$

$F_{IV} = 2{,}012 (0{,}08 + 0{,}175 + 0{,}26 + \frac{0{,}31}{2}) 2 = 2{,}67$

$F_7 = 2{,}012 (0{,}073 + 0{,}141 + 0{,}204 + \frac{0{,}232}{2}) 2 = 2{,}14$

$F_6 = 2{,}012 (0{,}054 + 0{,}103 + 0{,}136 + \frac{0{,}149}{2}) 2 = 1{,}47$

$F_5 = 2{,}012 (0{,}038 + 0{,}071 + 0{,}092 + \frac{0{,}1}{2}) 2 = 1{,}01$

$F_4 = 2{,}012 (0{,}027 + 0{,}049 + 0{,}065 + \frac{0{,}068}{2}) 2 = 0{,}71$

$F_3 = 2{,}012 (0{,}019 + 0{,}034 + 0{,}043 + \frac{0{,}046}{2}) 2 = 0{,}48$

$F_2 = 2{,}012 (0{,}013 + 0{,}024 + 0{,}03 + \frac{0{,}033}{2}) 2 = 0{,}32$

$F_1 = 2{,}012 (0{,}009 + 0{,}019 + 0{,}02 + \frac{0{,}024}{2}) 2 = 0{,}24$

Einflusskörper

$$V_{p'} = \frac{4,10 + 3,64}{2} 0,85 + \frac{2,67 + 2,14}{2} 1,85 +$$

$$\frac{2,85}{2} (2,14 + 2 + 1,47 + 2 \cdot 1,01 + 2 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,48 + 2 \cdot 0,32 + 0,24)$$

$$= 3,30 + 4,4 + 1,43 (2,14 + 2,94 + 2,0 + 1,4 + 0,96 + 0,64 + 0,24)$$

$$= 3,30 + 4,4 + 1,43 \cdot 10,28$$

$$= 3,30 + 4,4 + 14,70 = 22,40$$

Moment aus Verkehr im Punkt a_9

$$M_x = 13,35 \cdot 2,18 + 0,67 \cdot 3,60 + 0,3 \cdot 22,40$$

$$= 29,10 + 2,49 + 6,70$$

$$= 38,20 \text{ tm}$$

Die Verkehrslast auf dem Kragarm beträgt $p_r = 0,68 \cdot 0,3 = 0,2$ t/m

bezogen auf den Punkt a_9 beträgt das Moment $M_x = (0,248 + 0,017) 0,2 \cdot 15,8 \approx 0,84$ tm

$$\max M_{x_p} = 38,20 + 0,84 = 39,04 \text{ tm}$$

<u>Momentenermittlung für Mx im Punkt a_5</u>

Einflussfläche siehe Seite 7

<u>Einflussordinaten der Räder</u>

$$\eta P = 2(0,20 + 0,27 + 0,20) = 1,34$$

<u>Einflusskörper für die Lasten vor und hinter dem SLW</u>

mittlere Einflussordinate aus Schnitt I

$$\eta = 0,12$$

$$V_p = 2 \cdot \frac{0,12 \cdot 5,05}{2} 3,00 = 1,82$$

Prüfexemplar

Einflusskörper für die Lasten neben dem SLW

Ermittlung der Querschnittsflächen

$F_{II} = 2{,}012 \cdot (0{,}044 + 0{,}092 + 0{,}161 + \frac{0{,}259}{2}) \cdot 2 = 1{,}71$

$F_4 = 2{,}012 \cdot (0{,}048 + 0{,}097 + 0{,}161 + \frac{0{,}205}{2}) \cdot 2 = 1{,}64$

$F_3 = 2{,}012 \cdot (0{,}047 + 0{,}093 + 0{,}132 + \frac{0{,}149}{2}) \cdot 2 = 1{,}38$

$F_2 = 2{,}012 \cdot (0{,}044 + 0{,}081 + 0{,}108 + \frac{0{,}12}{2}) \cdot 2 = 1{,}17$

$F_1 = 2{,}012 \cdot (0{,}037 + 0{,}068 + 0{,}09 + \frac{0{,}10}{2}) \cdot 2 = 0{,}98$

Einflusskörper

$V_{p'} = 2 \cdot [\frac{1{,}71 + 1{,}64}{2} \cdot 1{,}35 + \frac{2{,}85}{2} \cdot (1{,}64 + 2 \cdot 1{,}38 + 2 \cdot 1{,}17 + 0{,}98)]$

$= 2 \cdot [2{,}26 + 1{,}43 \cdot (1{,}64 + 2{,}76 + 2{,}34 + 0{,}97)]$

$= 2 \cdot [2{,}26 + 1{,}43 \cdot 7{,}71]$

$= 2 \cdot [2{,}26 + 11{,}0] = 26{,}50$

Moment aus Verkehr auf der Platte

φ: $M_x = 13{,}35 \cdot 1{,}34 + 0{,}67 \cdot 1{,}82 + 0{,}3 \cdot 26{,}50$

$= 17{,}90 + 1{,}22 + 7{,}90$

$= 27{,}02$ tm

Moment aus Verkehr auf dem Kragarm

$p_r = 0{,}2$ t/m

$M_x = (0{,}063 + 0{,}063) \cdot 0{,}2 \cdot 15{,}80 = 0{,}4$ tm

$\max M_{x_p} = 27{,}02 + 0{,}4 = 27{,}42$ tm

Prüfexemplar

Momentenermittlung für My im Punkt a_5

Einflussfläche siehe Seite 8

Einflussordinaten der Räder

$\eta_P = 2 \cdot (0{,}13 + 0{,}18 + 0{,}13) = 0{,}88$

Einflusskörper für die Lasten vor und hinter dem SLW

mittlere Einflussordinate aus den Schnitten

I und 5 $\eta = \frac{0{,}11 + 0{,}065}{2} = 0{,}088$

$V_p = 2 \cdot \frac{0{,}088 \cdot 5{,}05}{2} 3{,}00 = 1{,}34$

Einflusskörper für die Lasten neben dem SLW

Ermittlung der Querschnittsflächen

$F_I = 2{,}012 (0{,}03 + 0{,}056 + 0{,}087 + \frac{0{,}13}{2}) 2 = 0{,}95$

$F_4 = 2{,}012 (0{,}021 + 0{,}040 + 0{,}052 + \frac{0{,}051}{2}) 2 = 0{,}56$

$F_3 \sim 0$

$V_{p'} = 2 [\frac{0{,}95 + 0{,}56}{2} 1{,}35 + \frac{0{,}56 \cdot 2{,}85}{2}]$

$= 2 [1{,}10 + 0{,}80]$

$= 2 \cdot 1{,}90 = 3{,}80$

$\max M_{y_p} = 13{,}35 \cdot 0{,}88 + 0{,}67 \cdot 1{,}34 + 0{,}3 \cdot 3{,}80$

$= 11{,}80 + 0{,}90 + 1{,}14$

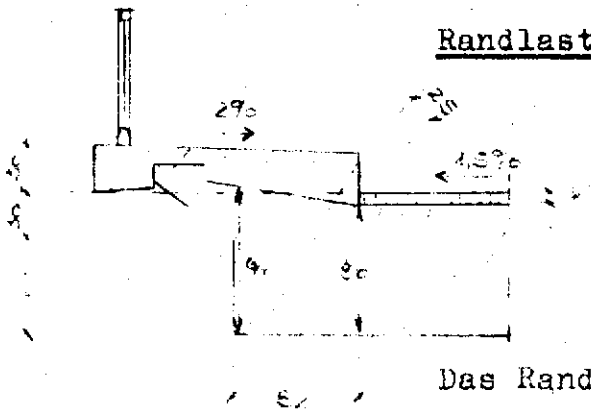
$= 13{,}84$ tm

Prüfexemplar

c) Eigengewichtslasten

Angesetzt d = 96 cm! Da sind doch für d = 91 cm bemessen, anerkannt.

i.M. d = 0,91 m Platte 0,91 ✓ 2,4 ✓ =		2,18 ✓ t/m²
0,06 m Isol. + Asphalt		
0,06 ✓ 2,2 ✓		0,13 ✓
	g =	2,31 ✓ t/m²



Randlast

i.M. d = 30 cm Platte 0,30 ✓ 1,75 ✓ 2,4 = ✓		1,26 ✓ t
Geländer =		0,07 ✓
	g_r =	1,33 ✓ t

Das Randmoment ist sehr klein und wird nicht weiter berücksichtigt. ✓

Die Momente in der rechtwinkligen Vergleichsplatte (siehe unter b) infolge

g_r = 1,33 ✓ t/m betragen am

Plattenrand a_9: M_x = (0,248 ✓ + 0,017 ✓) 1,33 ✓ · 15,8 ✓

= 5,6 ✓ tm

Plattenmitte a_5: M_x = (0,063 ✓ + 0,063 ✓) 1,33 ✓ · 15,8 ✓

= 2,65 ✓ tm

Diese Momente werden den Eigengewichtsmomenten der schiefen Platte zuaddiert. ✓

In der y-Richtung erzeugen die Randlasten negative Werte. Sie werden sicherheitshalber vernachlässigt. ✓

Prüfexemplar

d) Momente der schiefwinkligen Platte

Die Momente der schiefwinkligen Platte werden nach Rüsch "Fahrbahnplatten von Strassenbrücken" 3. Auflage ermittelt. ✓

Die Rechnungswerte nach Rüsch sind aufgebaut auf dem Seitenverhältnis

$$\frac{b}{l} = \frac{22,80}{16,10} \sim 1,5$$

Die Werte der Plattenschiefe werdenmit ausreichender Genauigkeit mit $\beta = 45^\circ$ berücksichtigt. Für die Winkelfunktionen wird der tatsächliche Winkel $\beta \cong 43^\circ$ eingesetzt. ✓ (vrgl. dick ?!)

1. Plattenmitte

Eigengewichtsmomente

$k_1 = 0,066$ ✓ $\quad k_2 = -0,0035$ ✓

$\alpha = 43^\circ$ ✓ $\quad g = 2,31$ t/m²

$M_1 = 0,066 \cdot 2,31 \cdot 16,10^2 + 2,65$ ✓

$= 39,50 + 2,65$

$= 42,15$ tm

$M_2 = -0,0035 \cdot 2,31 \cdot 16,10^2 = -2,10$ tm

ohne Ansatz am Kragplatz!

Prüfexemplar

Verkehrslastmomente

$c_1 = 0{,}81$ ✓ $\quad Mx_m = 27{,}42$ tm

$c_2 = 0{,}27$ ✓ $\quad My_m = 13{,}84$ tm

$\gamma = 55^\circ$ ✓

$M_1 = 0{,}81$ ✓ $27{,}42$ ✓ $= 22{,}20$ tm

$M_2 = 0{,}27$ ✓ $13{,}84$ ✓ $3{,}73$ tm

2. Mitte des freien Randes

Eigengewichtsmomente

$k_1 = 0{,}067$ ✓ $\quad k_2 = -0{,}024$ ✓

$\gamma \approx 32^\circ$ ✓ $\quad g = 2{,}31$ ✓ t/m²

$M_1 = 0{,}067$ ✓ $\cdot\ 2{,}31$ ✓ $\cdot\ 16{,}10$ ✓ $+ 5{,}6$ ✓

$= 40{,}0$ ✓ $\quad + 5{,}6$ ✓

$= 45{,}6$ tm

$M_2 = -0{,}024$ ✓ $\cdot\ 2{,}31$ ✓ $\cdot\ 16{,}10^2$ ✓ $= -14{,}4$ tm

Verkehrslastmomente

$c_1 = 0{,}80$ ✓ $\quad Mx_r = 39{,}04$ ✓ tm

$c_2 = -0{,}29$ ✓

$\gamma = 32^\circ$ ✓

$M_1 = 0{,}80$ ✓ $\cdot\ 39{,}04$ ✓ $= 31{,}20$ tm

$M_2 = -0{,}29$ ✓ $\cdot\ 39{,}04$ ✓ $= -11{,}25$ tm

3. Stumpfe Ecke

Eigengewichtsmomente

$k_1 = 0{,}035$ ✓ $\quad k_2 = -0{,}196$ ✓ $\quad g = 2{,}31$ ✓ t/m²

$\gamma \sim 90^\circ$ ✓ $- \frac{43^\circ}{2}$ ✓ $= 68{,}5^\circ$ ✓

$M_1 = 0{,}035$ ✓ $\cdot\ 2{,}31$ ✓ $\cdot\ 16{,}10^2$ ✓ $= 21{,}00$ tm

$M_2 = -0{,}196$ ✓ $\cdot\ 2{,}31$ ✓ $\cdot\ 16{,}10^2$ ✓ $= -118{,}0$ tm

Prüfexemplar

Verkehrslastmomente

$c_1 = 0,30$ ✓ $\quad Mx_r = 39,04$ ✓ tm

$c_2 = -1,69$ ✓

$\varphi = 68,5^\circ$ ✓

$M_1 = 0,30$ ✓ $\cdot 39,04$ ✓ $= 11,70$ tm

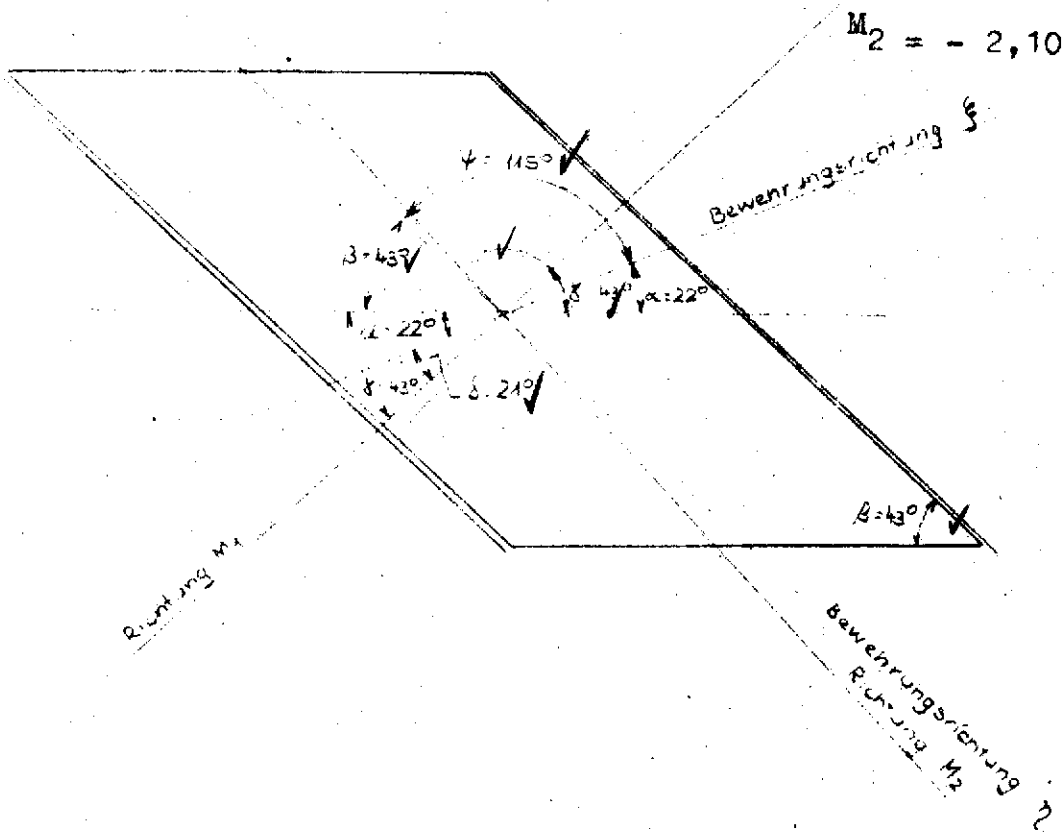
$M_2 = -1,69$ ✓ $\cdot 39,04$ ✓ $= -66,00$ tm

e) Bemessungsmomente

1. Plattenmitte ✓

Eigengewichtsmomente $\quad M_1 = 42,15$ ✓ tm

$M_2 = -2,10$ ✓ tm



$\delta = 21^\circ$ ✓ $\qquad \varphi - \delta = 94^\circ$ ✓

$\sin \delta = 0,3584$ ✓ $\quad \sin (\varphi - \delta) = 0,9976$ ✓

$\sin^2 \delta = 0,128$ ✓ $\quad \sin^2 (\varphi - \delta) = 0,995$ ✓ $\quad \sin \varphi = 0,9$

$\cos \delta = 0,9336$ ✓ $\quad \cos (\varphi - \delta) = -0,0698$ ✓

$\cos^2 \delta = 0,87$ ✓ $\quad \cos^2 (\varphi - \delta) = 0,0049$ ✓

Prüfexemplar

Die Hauptbewehrung wird in die Winkelhalbierende zwischen der Brückenlängsachse und der Richtung von M_1 verlegt. ✓

$$\alpha = 22^\circ$$

Der Winkel zwischen der Richtung von M_1 und der Hauptbewehrungsrichtung ξ beträgt

$$\delta = \gamma - \alpha = 43^\circ - 22^\circ = 21^\circ$$

Die Querbewehrung wird parallel zur Auflagerlinie verlegt. Der stumpfe Winkel, den die beiden Bewehrungen untereinander bilden, beträgt

$$\varphi = 180^\circ - \beta - \alpha$$
$$= 180^\circ - 43^\circ - 22^\circ = 115^\circ$$

Die für die Momentenumrechnung erforderlichen Winkelfunktionen sind unter der obigen Skizze angegeben.

$$\overline{M}_\xi = \frac{1}{\sin \varphi}\left[M_1 \cdot \cos\delta \cdot \sin(\varphi - \delta) + M_2 \cdot \cos^2(\varphi - \delta)\right] + \frac{1}{\sin\varphi}\left[M_1 \cdot \sin\delta \cdot \cos\delta - M_2 \cdot \cos\delta \cdot \cos(\varphi + \delta)\right]$$

$$= \frac{1}{0{,}9063}\left[42{,}15 \cdot 0{,}9336 \cdot 0{,}9976 + (-2{,}10) \cdot 0{,}0049\right] +$$

$$\frac{1}{0{,}9063}\left[42{,}15 \cdot 0{,}3584 \cdot 0{,}9336 - (-2{,}10) \cdot 0{,}9336 \cdot (-0{,}0698)\right]$$

$$= \frac{1}{0{,}9063}\left[39 - 0{,}01\right] + \frac{1}{0{,}9063}\left[14{,}00 - 0{,}13\right]$$

$$= 43 + 15{,}3$$

$$= 58{,}3 \text{ tm}$$

Prüfexemplar

$$\overline{M}_\eta = \frac{1}{\sin\psi}\left[M_1 \sin^2\delta + M_2 \cos\delta \cdot \sin(\psi - \delta)\right] +$$

$$\frac{1}{\sin\psi}\left[M_1 \sin\delta \cdot \sin(\psi - \delta) - M_2 \sin(\psi - \delta) \cdot \cos(\psi - \delta)\right]$$

$$= \frac{1}{0{,}9063}\left[42{,}15 \cdot 0{,}128 + (-2{,}10)\, 0{,}9336 \cdot 0{,}9976\right] +$$

$$\frac{1}{0{,}9063}\left[42{,}15 \cdot 0{,}3584 \cdot 0{,}9976 - (-2{,}10)\, 0{,}9976 \cdot (-0{,}0698)\right]$$

$$= \frac{1}{0{,}9063}\left[5{,}40 - 1{,}95\right] + \frac{1}{0{,}9063}\left[15{,}00 - 0{,}15\right]$$

$$= 3{,}80 + 16{,}40$$

$$= 20{,}20\ \text{tm}$$

Verkehrslastmomente

$M_1 = 22{,}20$ tm $M_2 = 3{,}73$ tm

$\gamma = 55^\circ$ $\alpha = 22^\circ$

$\delta = \gamma - \alpha = 55^\circ - 22^\circ = 33^\circ$

$\sin\delta = 0{,}5446$ $\cos\delta = 0{,}8387$

$\sin^2\delta = 0{,}295$ $\cos^2\delta = 0{,}70$

$\psi = 180^\circ - \beta - \alpha$

$= 180^\circ - 43^\circ - 22^\circ = 115^\circ$

$\sin\psi = 0{,}9063$

$\psi - \delta = 115^\circ - 33^\circ = 82^\circ$

$\sin(\psi - \delta) = 0{,}9903$

$\sin^2(\psi - \delta) = 0{,}98$

$\cos(\psi - \delta) = 0{,}1392$

$\cos^2(\psi - \delta) = 0{,}0194$

Prüfexemplar

$$\overline{M}_\xi = \frac{1}{0,9063}[22,20 \cdot 0,8387 \cdot 0,9903 + 3,73 \cdot 0,019$$

$$+ \left| \frac{1}{0,9063}[22,20 \cdot 0,5446 \cdot 0,8387 - 3,73 \cdot 0,8387 \cdot 0,1392] \right|$$

$$= \frac{1}{0,9063}[18,40 + 0,073] + \left| \frac{1}{0,9063}[10,10 - 0,43] \right|$$

$$= 20,20 + 10,65$$

$$= 30,85 \text{ tm}$$

$$\overline{M}_\eta = \frac{1}{0,9063}[22,20 \cdot 0,295 + 3,73 \cdot 0,8387 \cdot 0,9903]$$

$$+ \frac{1}{0,9063}[22,20 \cdot 0,5446 \cdot 0,9903 - 3,73 \cdot 0,9903 \cdot 0,1392]$$

$$= \frac{1}{0,9063}[6,55 + 3,09] + \frac{1}{0,9063}[11,90 - 0,51]$$

$$= 10,60 + 12,55$$

$$= 23,15 \text{ tm}$$

<u>insgesamt aus Eigengewicht und Verkehr</u>

<u>Anmerkung:</u> Für die Ermittlung der Biegedruckspannungen sind nur die Momente M_ξ und M_η massgebend. Während für die Bemessung der Stahleinlagen die Anteile der Torsionsmomente $M_{\eta\xi}$ und $M_{\xi\eta}$ zuaddiert werden müssen, so dass sich dann die Gesamtmomente ergeben zu

$$\overline{M}_\xi = M_\xi + \left| M_{\eta\xi} \right|$$

$$\overline{M}_\eta = M_\eta + \left| M_{\xi\eta} \right|$$

im Punkt a_5 wird somit

M_ξ = 43 + 20,20 = 63,20 tm

M_η = 3,80 + 10,60 = 14,40 tm

$M_{\eta\xi}$ = 15,3 + 10,65 = 25,95 tm

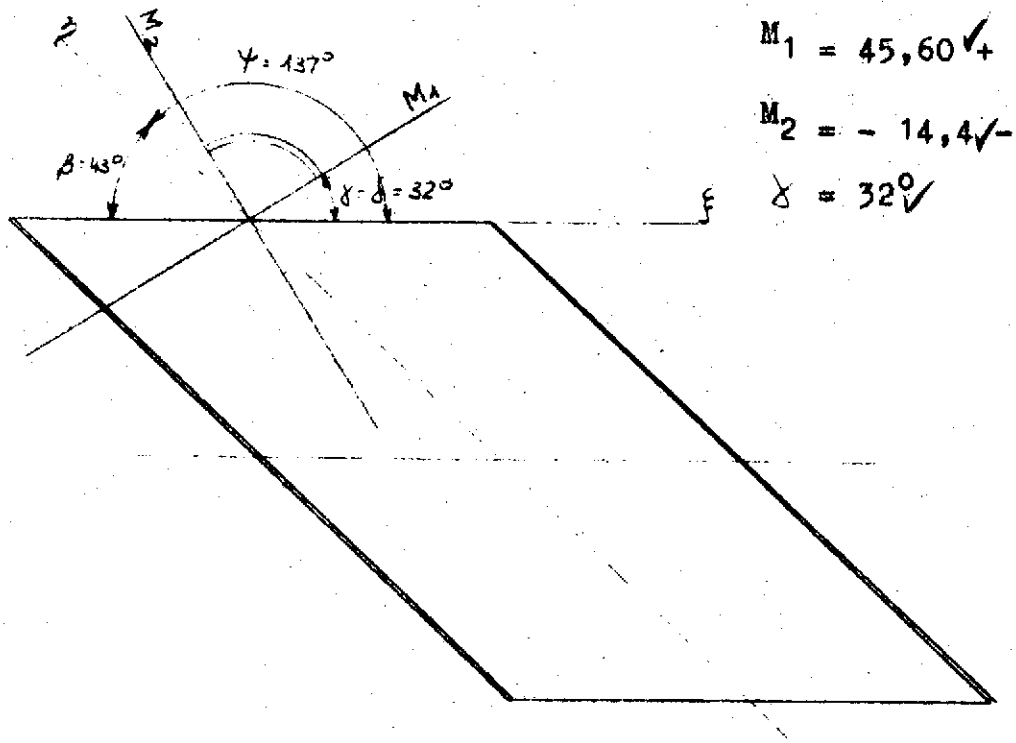
$M_{\xi\eta}$ = 16,4 + 12,55 = 28,95 tm

$\overline{M}_\xi$ = 63,20 + 25,95 = 89,15 tm

$\overline{M}_\eta \approx$ 14,40 + 28,45 = 42,85 tm

2. <u>Mitte des freien Randes (Plattenunterseite)</u>

<u>Eigengewichts und Verkehrslastmomente zusammen</u>



M_1 = 45,60 + 31,20 = 76,80 tm

M_2 = - 14,4 - 11,25 = -25,65 tm

γ = 32°

$\delta = 32^\circ$	$\psi = 137^\circ$	$(\psi - \delta) = 105^\circ$
$\sin\delta$ = 0,5299	$\sin\psi$ = 0,6820	$\sin(\psi-\delta)$ = 0,9659
$\sin^2\delta$ = 0,28		$\sin^2(\psi-\delta)$ = 0,9350
$\cos\delta$ = 0,8480		$\cos(\psi-\delta)$ = -0,2588
$\cos^2\delta$ = 0,72		$\cos^2(\psi-\delta)$ = 0,067

$$\overline{M}_\xi = \frac{1}{0,682}[76,80 \cdot 0,848 \cdot 0,9659 + (-25,65) \cdot 0,067] + \left|\frac{1}{0,682}[76,80 \cdot 0,5299 \cdot 0,848 - (-25,65) \cdot 0,848 \cdot (-0,2588)]\right|$$

$$= \frac{1}{0,682}[62,90 - 1,72] + \left|\frac{1}{0,682}[34,50 - 5,6]\right|$$

$$= 90,00 + |42,40|$$

$$= 132,40 \text{ tm}$$

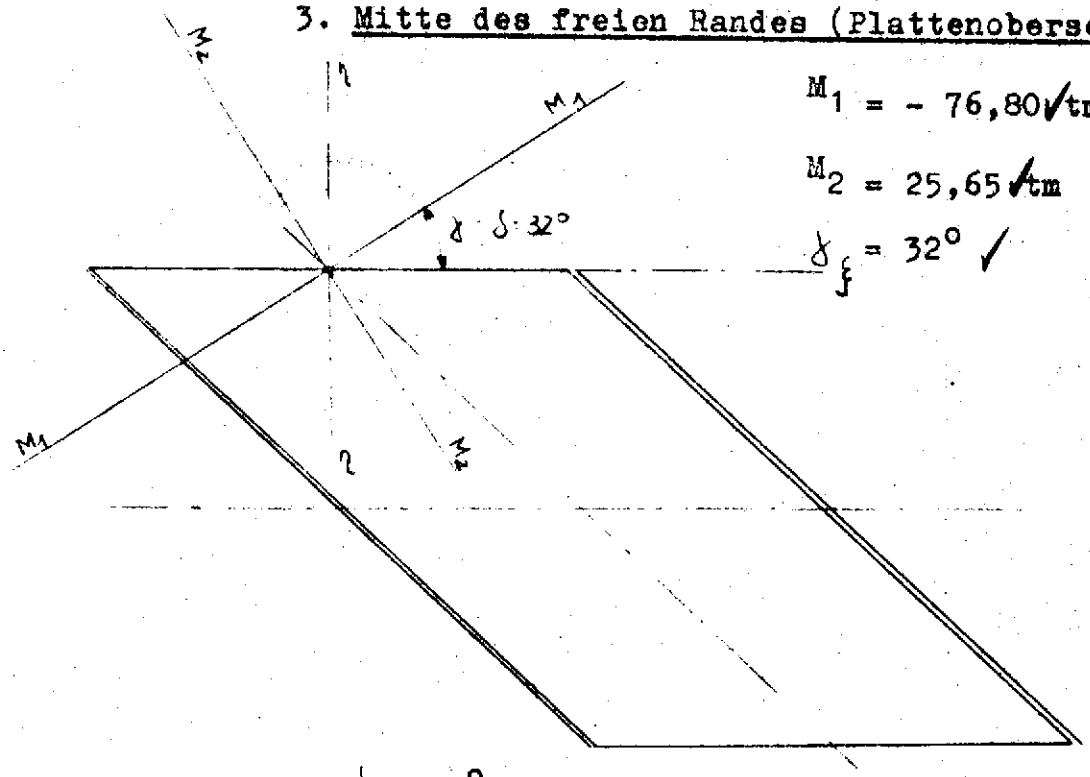
$$\overline{M}_\eta = \frac{1}{0,682}[76,80 \cdot 0,28 + (-25,65) \cdot 0,848 \cdot 0,9659] + \frac{1}{0,682}[76,80 \cdot 0,5299 \cdot 0,848 - (-25,65) \cdot 0,9659 \cdot (-0,2588)]$$

$$= \frac{1}{0,682}[21,50 - 21,00] + \left|\frac{1}{0,682}[39,20 - 6,40]\right|$$

$$= 0,73 + |48,0|$$

$$= 48,73 \text{ tm}$$

3. Mitte des freien Randes (Plattenoberseite)



$M_1 = -76,80$ tm

$M_2 = 25,65$ tm

$\delta_\xi = 32°$

$\delta = 32°$

$\sin\delta = 0,5299$

$\sin^2\delta = 0,28$

$\cos\delta = 0,848$

$\cos^2\delta = 0,72$

Die Bewehrung steht rechtwinklig zueinander.

Prüfexemplar

$\overline{M}_\xi$ = [- 76,80 ✓. 0,72 ✓+ 25,65 ✓. 0,28 ✓] +
[(- 76,80 ✓ - 25,65 ✓] 0,5299 ✓. 0,848 ✓

=]- 55 + 7,20] + 46,00

< = - 47,80 + 46,00 ✓ $\overline{M}_\xi$ = - 1,80 tm

= - 93,80 tm

$\overline{M}_\eta$ = [(- 76,80 ✓) 0,28 ✓+ 25,65 ✓. 0,72 ✓] +
[(- 76,80 ✓ - 25,65 ✓] 0,5299 ✓. 0,848 ✓

= [- 21,50 + 18,40] + 46

= - 3,10 ✓ - 46 ✓

< = - 49,10 ✓ tm unter $\overline{M}_\eta$ = + 42,90 tm

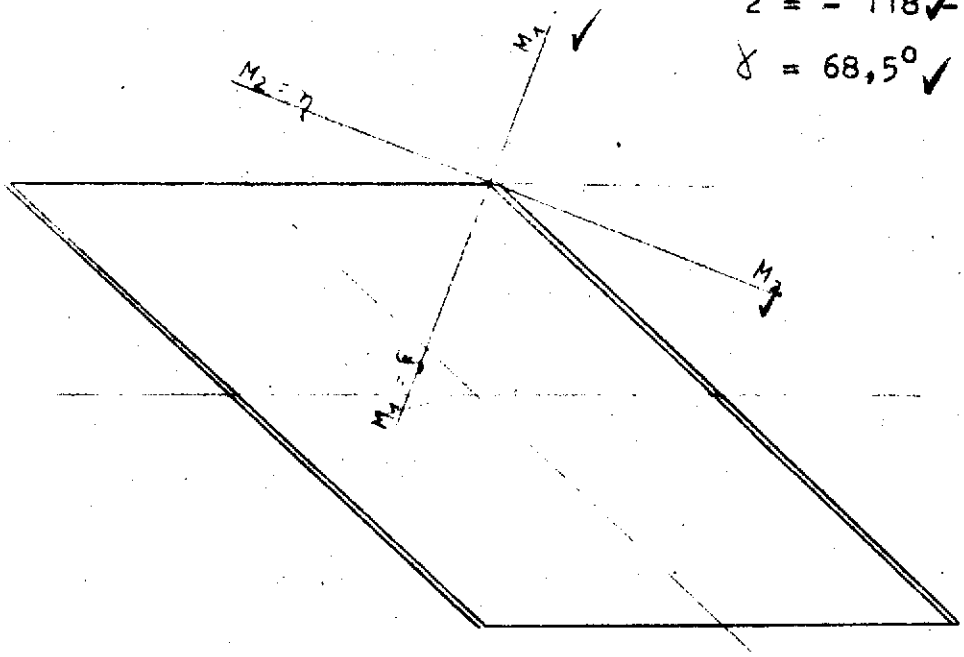
4. Stumpfe Ecke (Plattenoberseite)

Eigengewichts- u. Verkehrslastmomente zusammen ✓

M_1 = 21,00 ✓+ 11,70 ✓= 32,70 tm

M_2 = - 118 ✓- 66,0 ✓= - 184,00 tm

γ = 68,5° ✓



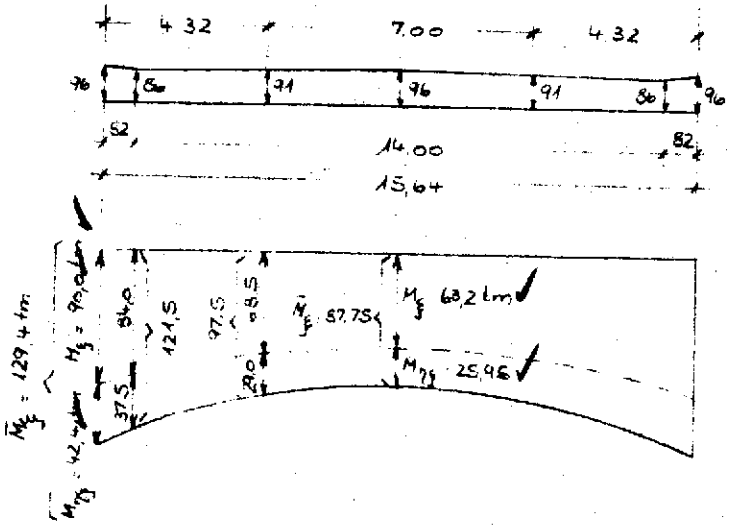
In der stumpfen Ecke wird die Bewehrung in Richtung der Hauptachsen der Momente verlegt. ✓

Prüfexemplar

f) Bemessung

1.) Längsbewehrung in der Spannrichtung

Anmerkung: In der Brückenmitte wird die Bewehrung unter einem Winkel von 22° zur Brückenlängsachse verlegt. Zu den Rändern hin wird die Bewehrung parallel zu den Rändern verschwenkt. Die Bewehrung liegt in der untersten Plattenzone. ✓



Plattenmittenbereich (b = 7,00 m)

max M_{ξ} = 68,5 tm ✓

max $M_{\eta\xi}$ " 29,0 ✓

max $\bar{M}_{\xi}$ = 97,5 tm ✓

min d ≧ 91 cm ✓

Überdeckung der Stahleinlagen (Unterseite 3 cm ✓

1/2 Bewehrungsstärke ~ 2 ✓

5 cm ✓

$h = 91 - 5 = 86$ cm

Wie bereits oben erwähnt, werden die Betondruckspannungen ermittelt für das Moment M_ξ, während die Bewehrung durch den Torsionsanteil $M_{\eta\xi}$ auf $\overline{M}_\xi$ erhöht werden muss.

Betongüte B 300 $\sigma_{b\,zul} = 100$ kp/cm²

Betonstahlgüte II Ø $\sigma_{e\,zul} = 2000$ kp/cm²

$$\frac{70}{2000} r = \frac{86}{\sqrt{68,5}} = 10,3$$

$$F_e = \frac{97,5}{0,86} 0,57 = 64,8 \text{ cm}^2$$

gew. Ø 36 e = 15,5 cm

Die Bewehrungsabstände werden gemessen auf der Brückenquerachse. Reichlich!

ß) Plattenrandbereich (b = 4,32 m)

min d = 86 cm, h = 81 cm

$M_\xi = 84,0$ tm

$M_{\eta\xi} = 37,5$

121,5 tm

$$\frac{80}{2000} r = \frac{81}{\sqrt{84,0}} = 8,9$$

$$F_e = \frac{121,5}{0,81} 0,57 = 85,5 \text{ cm}^2$$

gew. Ø 36 e = 12 cm

Prüf[illegible]mplar

2) Querbewehrung an der Plattenunterseite

Diese Bewehrung wird parallel zu den Auflagerrändern verlegt.

Das grösste Moment tritt auf an der Unterseite der Randmitte ✓

$\overline{M}_\eta = 0{,}73 \checkmark + 48{,}0 \checkmark = 48{,}73 \checkmark$ tm

Die Betonspannungen werden sehr gering, es wird hauptsächlich für das Torsionsmoment bewehrt. ✓

min d = 86 cm ✓ a = 9,0 cm ✓

h = 86 − 9 = 77 ✓ cm

$F_e = \frac{48{,}73 \checkmark}{0{,}77} \checkmark 0{,}55 \checkmark = 34{,}90 \checkmark$ cm²

gew. Ø 26 e = 15 cm ✓

3) Bügelbewehrung am Plattenrand

in Randmitte wird das Moment an der Plattenoberseite

$M_\eta = -3{,}1$ ✓ tm
$M_{\S\eta} = -46{,}0$ ✓
$M_\eta = -49{,}1$ ✓ tm

min d = 86 cm ✓ h = 80 ✓ cm

$F_e = \frac{49{,}1 \checkmark}{0{,}80} \checkmark 0{,}55 = 33{,}5 \checkmark$ cm²

gew. Ø 26 ✓ e = 16 ✓ cm

2a) Plattenmitte Oberseite aus Eigengew.

$\overline{M}_\eta = -3{,}80 \checkmark + 16{,}40 \checkmark = 12{,}60 \checkmark$ tm

min d = 86 cm ✓ h = 82 ✓ cm

$\frac{30 \checkmark}{2000 \checkmark} r = \frac{82 \checkmark}{12{,}60 \checkmark} = 23 \checkmark$

$F_e = \frac{12{,}60 \checkmark}{0{,}82} \checkmark 0{,}53 \checkmark = 8{,}2 \checkmark$ cm²

gew. Ø ~~16~~ e = ~~24~~ cm

Am Verkehrslast:
$M_\eta = 1{,}95$ tm
$\Delta F_e = \frac{1{,}95}{0{,}82} \cdot 0{,}53 = 1{,}26$ cm²

in Plattenmitte ø 16/e = 21 cm

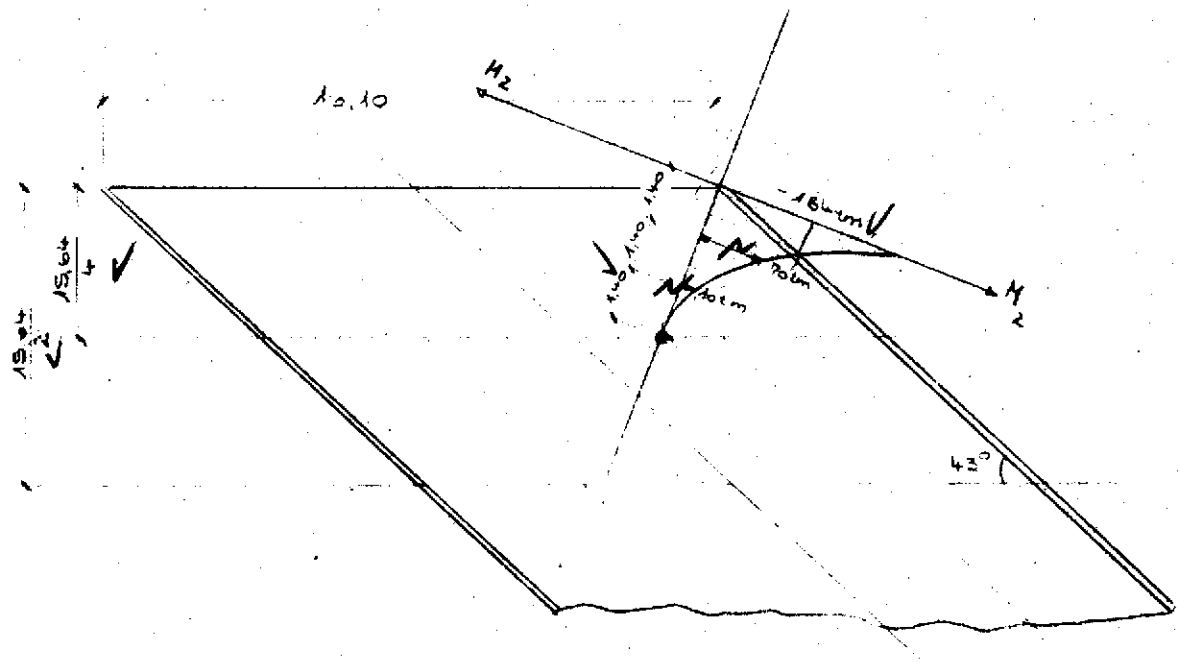
Prüf[illegible]mplar

4) Bewehrung der stumpfen Ecke

M_2 = - 184,00 tm

Dieses negative Moment am oberen Plattenrand der stumpfen Ecke ist mehr ein theoretischer Wert, der durch die Annahmen der Randbedingungen entsteht, tatsächlich aber in dieser Grösse nicht auftritt (siehe Beton u. Stahlbeton 1956 S. 99)

Ferner ergibt die Rechnung aber auch ein sehr schnelles Abklingen dieses M_2-Momentes. Der Verlauf entspricht etwa der nebenstehend dargestellten Form.



Prüfexemplar

Der äusserste Eckbereich wird auf einer Breite von ca. 1,40 m bemessen für das abgerundete Moment

$$M_{2'} = 70 \cdot 1{,}40 + (184 - 70)\frac{1{,}40}{2}$$

$$= 98 + 80$$

$$= 178 \text{ tm}$$

min d = 86 cm h = 81 cm b = 1,40 m

$$\frac{100}{2000} r = \frac{81}{\sqrt{\frac{178}{1{,}40}}} \approx 7{,}2$$

$$F_e = \frac{178}{0{,}81} 0{,}58 = 127 \text{ cm}^2$$

gew. 13 Ø 36

Der folgende 1,40 m breite Streifen wird bemessen für

$$M_{2''} = 10 \cdot 1{,}40 + (70 - 10)\frac{1{,}40}{2}$$

$$= 14 + 42$$

$$= 56 \text{ tm}$$

d = 91 cm h = 86 cm b = 1,40 m

$$\frac{50}{2000} r = \frac{86}{\sqrt{\frac{56}{1{,}40}}} = 13{,}5$$

$$F_e = \frac{56}{0{,}86} 0{,}55 = 36 \text{ cm}^2$$

gew. 7 Ø 26

Bewehrung für $M_1 = + 32{,}70$ tm (Plattenunterseite)

i.M. d = 91 cm h = 86 cm

$$\frac{40}{2000} r = \frac{86}{\sqrt{32{,}70}} = 15$$

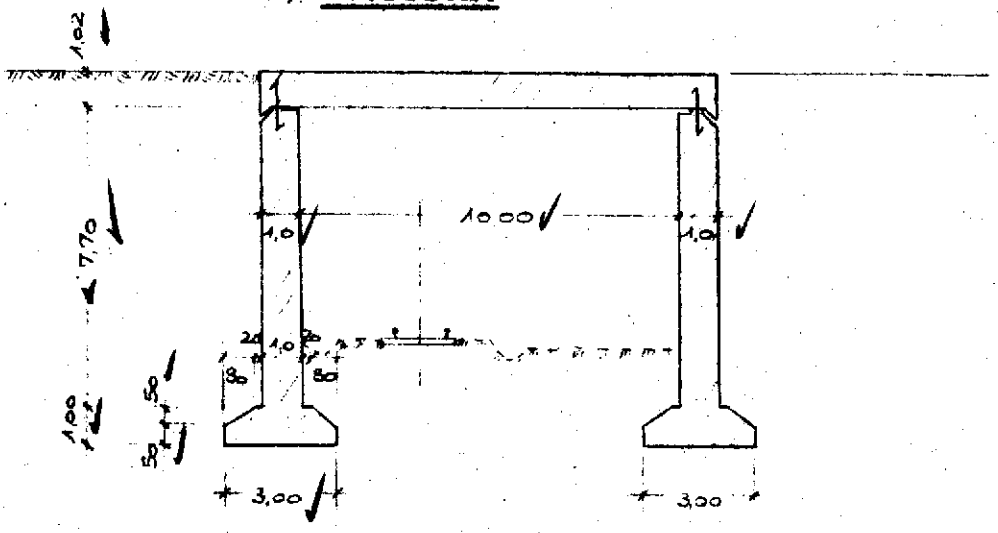
$$F_e = \frac{32{,}70}{0{,}86} 0{,}54 = 20{,}5 \text{ cm}^2$$

gew. 5 Ø 26

C) Berechnung der Widerlager

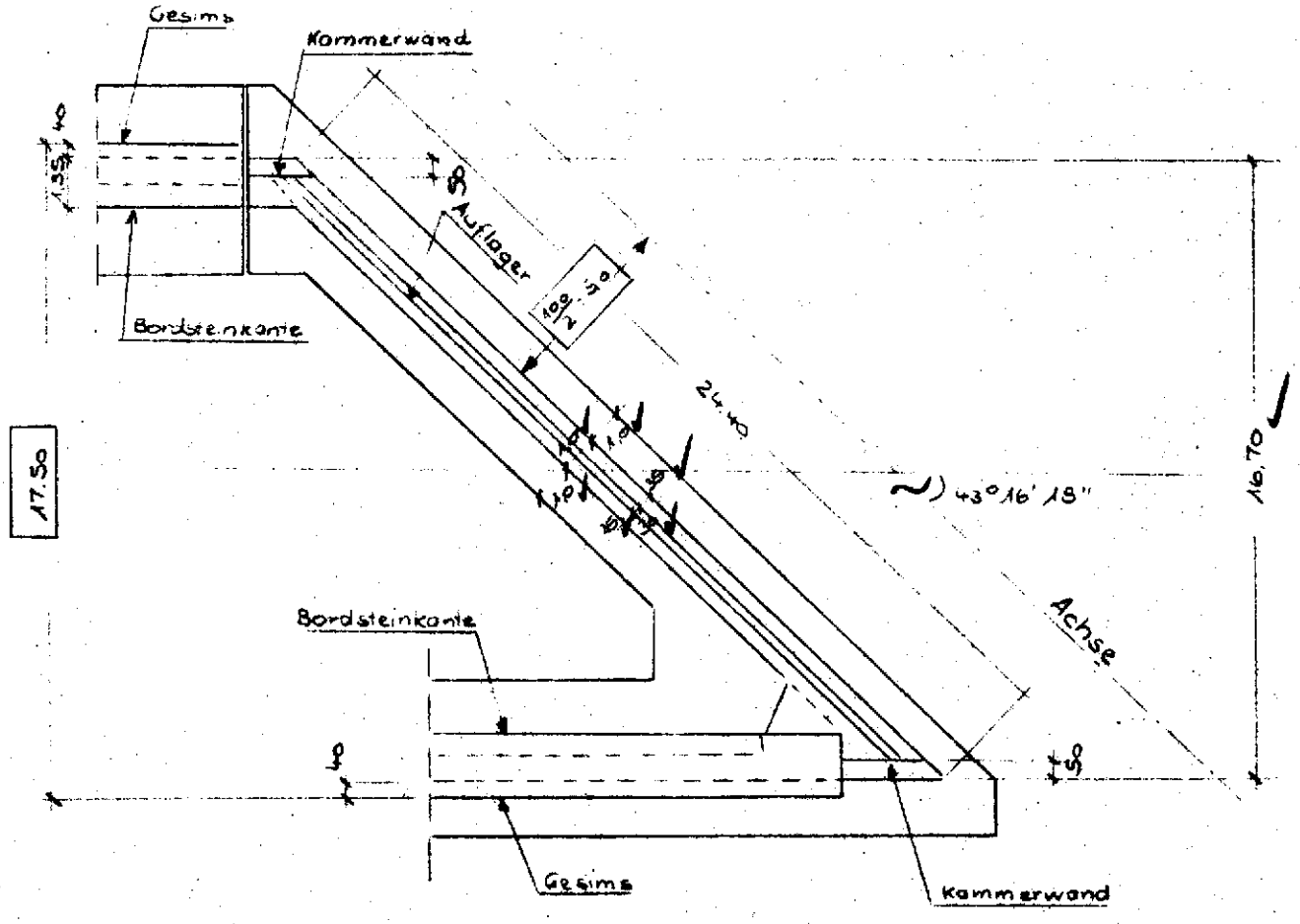
Prüfexemplar

a) Übersicht



Schnitt rechtwinklig zu den Widerlagern

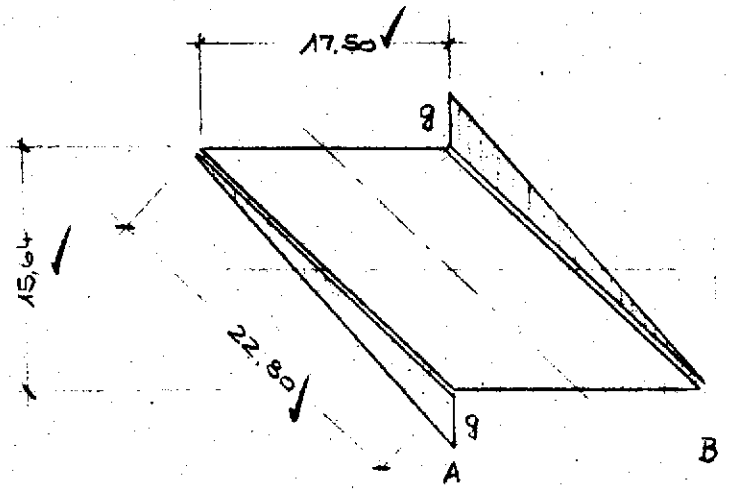
M. 1:200



Widerlagergrundriss M. 1 : 200

Prüfexemplar

b) Auflagerdrücke aus dem Überbau



Die Auflagerdrücke aus gleichmässig verteilter Belastung verlaufen etwa dreieckförmig entsprechend der nebenstehenden Darstellung. Bezogen auf die Fundamentsohle gleicht sich dieser dreieckförmige Auflagerdruck zwar etwas aus, sicherheitshalber wird aber der Grenzfall der Standsicherheitsuntersuchung zugrunde gelegt.

Gesamteigengewicht der Platte

$l' = \frac{12,00}{0,6858} = 17,50$ m

$\sim 17,5 \cdot 15,64 \cdot 2,31$	632,00 t
$+ 1,33 \cdot 17,5 \cdot 2$	46,50 t
	678,50 t

grösste Auflagerdruckordinate aus Eigengew.

$\max g = \frac{678,5}{2} \cdot \frac{2}{22,80} = 29,7$ t/m

Gleichmässig verteilte Verkehrslast 0,3 t/m² auf der gesamten Platte

$17,50/(17,50 - 2 \cdot 0,25) \, 0,3 = 89,5$ t

grösste Ordinate des Auflagerdruckes

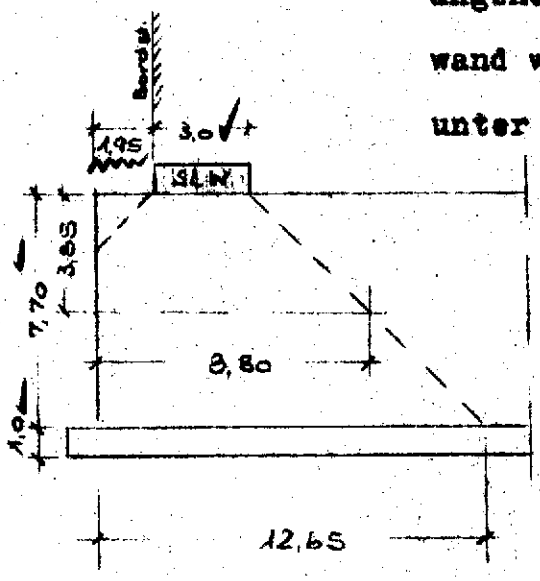
$p = \frac{89,5}{2} \cdot \frac{2}{22,8} = 3,9$ t/m

Verkehrslast p. 500 - 30 -
kann infolge reichlicher Lastannahmen vernachlässigt werden!

Die Last aus dem 60 t SLW

$P = 60 \cdot 3{,}00 \cdot 6{,}00 \cdot 0{,}3 = 54{,}6$ t

wird als in der Auflagerlinie wirkend angenommen. Innerhalb der Widerlagerwand wird mit einer Lastverteilung unter 45° gerechnet.



$$p' = \frac{54{,}6}{12{,}65} = 4{,}3 \text{ t/m}$$

$$\max p = 3{,}9 + 4{,}3 = 8{,}2 \text{ t/m}$$

c) <u>Erddruckbelastung</u>

$\gamma = 1{,}8$ t/m³ $\quad \varphi = 30°$ $\quad \lambda_a = 0{,}333$

$\gamma \cdot \lambda_a = 0{,}6$

${}^{e}g = 0{,}6 \cdot h$

Die Verkehrslast auf der Hinterfüllung wird wie folgt angenommen:

Entsprechend obiger Skizze verteilt sich die Ersatzlast des 60 t SLW bei der äussersten Randstellung bis zur halben Wandhöhe auf eine Breite von 8,80 m. Damit ergibt sich eine Belastung

$$p = \frac{3{,}0 \cdot 3{,}33}{8{,}80} = 1{,}15 \text{ t/m}^2$$

Erddruck aus Verkehrslast

$${}^{e}p = 1{,}15 \cdot 0{,}333 \approx 0{,}4 \text{ t/m}^2$$

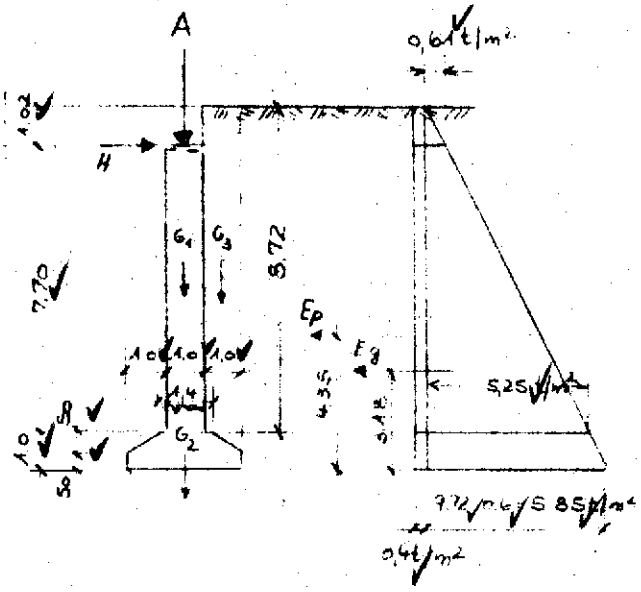
Prüfexemplar

d) Standsicherheitsuntersuchung

$G_1 = 1{,}0 \cdot 7{,}70 \cdot 2{,}4 =$ 18,5 t

$G_2 = \left(\frac{3{,}0 + 1{,}4}{2}\right) 0{,}5 + 3{,}0 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}4 =$ 6,25 t

$G_3 = 1{,}0 \cdot 8{,}72 \cdot 1{,}8 =$ 15,70 t



$A_g = \max g = 29{,}7$ t

$A_p = \max p = 8{,}2$ t

Erddruck bezogen auf die Fundamentsohle

$E_p = 0{,}4 \cdot 8{,}70 = 3{,}5$ t

$E_g = \frac{5{,}85 + 0{,}61}{2} 8{,}70 = 28{,}2$ t

$y = \frac{8{,}7}{3} \cdot \frac{2 \cdot 0{,}61 + 5{,}85}{0{,}61 + 5{,}85} = 3{,}18$ m

Die Festhaltekraft H wird bestimmt gemäss DIN 1075 Abs. 6,2 für einen Träger, der im Fundament fest eingespannt ist und am Auflagergelenkig gelagert ist.

$H_p = 3/8 \cdot 0{,}4 \cdot 7{,}70 = 1{,}15$ t

$H_g = 3/8 \, 0{,}61 \cdot 7{,}70 + \frac{1}{10}(5{,}25 - 0{,}6$

$7{,}70$

$= 1{,}76 + 3{,}56$

$= 5{,}32$ t

Prüfexemplar

1. Lastfall: Brücke ohne Verkehr/ Hinterfüllung mit Verkehr

Bezogen auf die Fundamentvorderkante wird:

$M_{st} = G_1 = 18,5 \cdot 1,50 = 27,80$ tm

$G_2 = 6,25 \cdot 1,50 = 9,40$ "

$G_3 = 15,70 \cdot 2,50 = 39,30$ "

$A_g = 29,70 \cdot 1,50 = 45,00$ "

$N = 70,15$ t $\quad M_{st} = 121,50$ tm

$M_K = E_p = 3,50 \cdot 4,35 = 15,20$ tm

$E_g = 28,2 \cdot 3,18 = 90,00$ "

$H_p = -1,15 \cdot 8,70 = -10,00$ "

$H_g = -5,32 \cdot 8,70 = -46,20$ "

$H = 25,23 \quad M_K = 49,00$ tm

Standsicherheit $v = \frac{121,50}{49,00} = 2,5 > 1,5$ fach

Da Fundament muß in Gewachsenen Fels einbinden!

Gleitsicherheit

(Reibungswert Beton auf Fels $u \sim 1$) !!

$v = \frac{70,15}{25,23} = 2,8 > 1,5$ fach

Prüfexemplar

2. Lastfall: Brücke und Hinterfüllung mit Verkehr

$M_{st} = G_1 - A_g = 70,15$ ✓ $= 121,50$ ✓ tm

$A_p = 8,20$ ✓ $1,50$ ✓ $12,30$ ✓

$N = 78,35$ ✓ $133,80$ tm ✓

$M_K = 49,00$ ✓ tm (wie oben)

$$e = \frac{133,80 - 49,00}{78,35} = \frac{84,80}{78,35} = 1,08 \text{ m}$$

$$e_m = \frac{3,00}{2} + 1,08 = 0,42 \text{ m}$$

$$\sigma = -\frac{78,35}{1,0 \cdot 3,0} \pm \frac{78,35 \cdot 0,42 \cdot 6}{1,00 \cdot 3,00 \cdot 3,00}$$

$$= -26 \pm 22$$

$\sigma_1 = -48$ t/m²

$\sigma_2 = -4$ t/m²

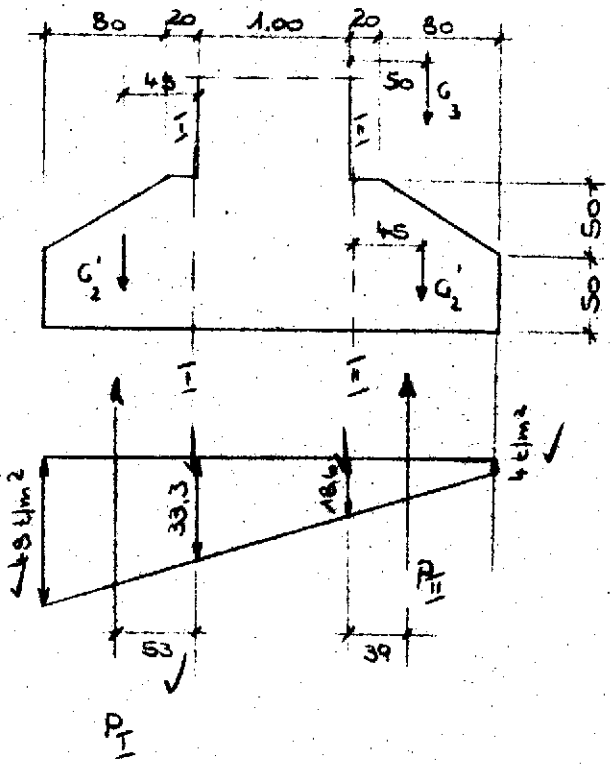
Der Baugrund besteht aus Felsmergel.

Nach DIN 1054 beträgt die zulässige Bodenpressung hierfür

$\sigma_{zul} = 80$ t/m² (8 kg/cm²)

Prüfexemplar

•) Fundamentbemessung



P_I

1. Schnitt I - I

$$P_I = \frac{48 + 33,3}{2} \cdot 1,00 = 40,6 \text{ t}$$

$$x = \frac{1,0}{3} \cdot \frac{2 \cdot 48 + 33,3}{48 + 33,3} = 0,53$$

$$F_2' = 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$$

$$0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01$$

$$0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \cdot 0,47 = 0,10$$

$$0,8 \qquad 0,36$$

$$G_2' = 0,8 \cdot 2,4 = 1,92 \text{ t}$$

$$x = \frac{0,36}{0,80} = 0,45 \text{ m}$$

$$M_{I-I} = 40,6 \cdot 0,53 - 1,92 \cdot 0,45$$

$$= 21,5 - 0,86$$

$$= 20,64 \text{ tm}$$

$$d = 1,00 \text{ m} \quad h = 0,95 \text{ m}$$

$$\frac{30}{2000} r = \frac{95}{\sqrt{20,64}} = 20,9$$

$$F_e = \frac{20,64}{0,95} \cdot 0,53 = 11,5 \text{ cm}^2$$

gew. Ø 16/e = 17,5 cm

2. Schnitt II - II

$$P_{II} = \frac{18,6 + 4,0}{2} 1,0 = 11,3 \text{ t}$$

$$x = \frac{1,0}{3} \cdot \frac{2 \cdot 4,0 + 18,6}{4,0 + 18,6} = 0,39 \text{ m}$$

Ohne max Ag werden die Bodenpressungen z. T. gleich Null.

$G_2' = 1{,}92$ t $\quad G_3 = 15{,}70$ t

$M_{II} = 11{,}3 \cdot 0{,}39 - 1{,}92 \cdot 0{,}45 - 15{,}70 \cdot 0{,}50$

$= 4{,}4 - 0{,}86 - 7{,}85$

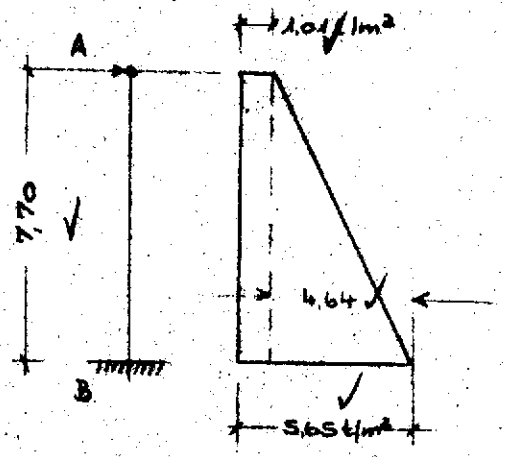
$= -4{,}3$ tm

$d = 1{,}0$ m $- 0{,}05$ m $= 0{,}95$ m

$F_e = \frac{4{,}3}{0{,}95} \cdot 0{,}53 = 2{,}4$ cm²

Bewehrung ist jedoch ausreichend gew. Ø 12 e = 25 cm = 4,52 cm² ≫ 2,40

f) Bemessung der Widerlagerwand



Die Widerlagerwand wird berechnet als Träger, der im Fundament eingespannt und am Plattenauflager gelenkig gelagert ist. Die grösste Belastung entsteht aus dem Erddruck infolge Erdlast und Verkehr.

$$M_B = -\frac{1{,}01 \cdot 7{,}70^2}{8} - \frac{4{,}64 \cdot 7{,}70^2}{15}$$

$= -7{,}5 \quad - 18{,}3 \quad = -25{,}8$ tm

Feldmoment

$$M_1 \approx \frac{1{,}01 \cdot 7{,}70^2}{14{,}22} + \frac{4{,}64 \cdot 7{,}70^2}{33{,}65}$$

$\approx 4{,}25 \quad + 8{,}15 \quad = 12{,}40$ tm

Bemessung: d = 1,00 m / h = 0,95 m

Anmerkung:

Als Normalkraft wird nur das Eigengewicht der Widerlagerwand angesetzt. Der Auflagerdruck aus Platteneigengewicht wird vernachlässigt, da dieser Wert zwischen Null und dem Grösstwert schwankt. ✓

1. Einspannung in das Fundament

$M = -25{,}8$ tm ✓

$N = G_1 = 18{,}50$ t ✓

$c = \frac{25{,}8}{18{,}50} = 1{,}40$ m ✓

$e = 0{,}95 - \frac{1{,}0}{2} = 0{,}45$ m

$M_e = 25{,}8 + 18{,}50 \cdot 0{,}45$

$= 25{,}8 + 8{,}30 = 34{,}1$ tm

$\frac{40}{2000} r = \frac{95}{34{,}1} = 16{,}3$ ✓

$F_e = \frac{34{,}1}{0{,}95} 0{,}54 - \frac{18{,}50}{2{,}0}$

$= 19{,}4 - 9{,}25 = 10{,}15$ cm²

Die zulässige Spannung beträgt bei B 225 und St. II für einen auf Druck und Biegung beanspruchten Rechteckquerschnitt, ✓

Prüfexemplar

und einem ungefähren gedachten Schlankheitsverhältnis

von $\lambda = \frac{h}{d} \approx 22$ ✓

$w_{zul} = \frac{90}{1,18} \approx 75$ ✓ kg/cm²

Unter Ausnutzung dieser Spannung ergibt sich eine gedachte Breite von

$$b = \frac{r^2 \cdot Me}{h^2} = \frac{9,2^2 \cdot 34,1}{95^2}$$

$$= \frac{85 \cdot 34,1}{9000}$$

$$= 0,32 \text{ m}$$

$$\text{vorh} = \frac{7,70}{0,32} = 24 \approx 22$$

Hieraus ergibt sich die Mindestbewehrung (0,4% b . d)

$\min F_e = 0,004 \cdot 100 \cdot 34 \approx 13,6$ ~~cm²~~

gew. Ø 16 e = 14,5 cm = ~~12,19~~ 13,97 cm²

2. In halber Wandhöhe

$M = 12,40$ tm

$N = \frac{G1}{2} = \frac{18,50}{2} \approx 9,25$ t

$c = \frac{12,4}{9,25} = 1,34$ m

$\frac{c}{d} = \frac{1,34}{1,0} = 1,34$ e = 0,45 m

$M_e = 12,40 + 9,25 \cdot 0,45$

$= 12,40 + 4,15$

$= 16,55$ tm

Prüfexemplar

$$\frac{30}{2000}\,x = \frac{95}{16{,}55} = 22$$

$$F_e = \frac{16{,}55}{0{,}95}\,0{,}53 - \frac{9{,}25}{2{,}00}$$

$$= 9{,}25 \quad - 4{,}12 \neq 5{,}10\ \text{cm}^2$$

Ermittlung der Mindestbewehrung entsprechend obigem Rechnungsgang.

$\lambda = 28$ (geschätzt)

$$w_{zul} = \frac{90}{1{,}56} = 57\ \text{kg/cm}^2$$

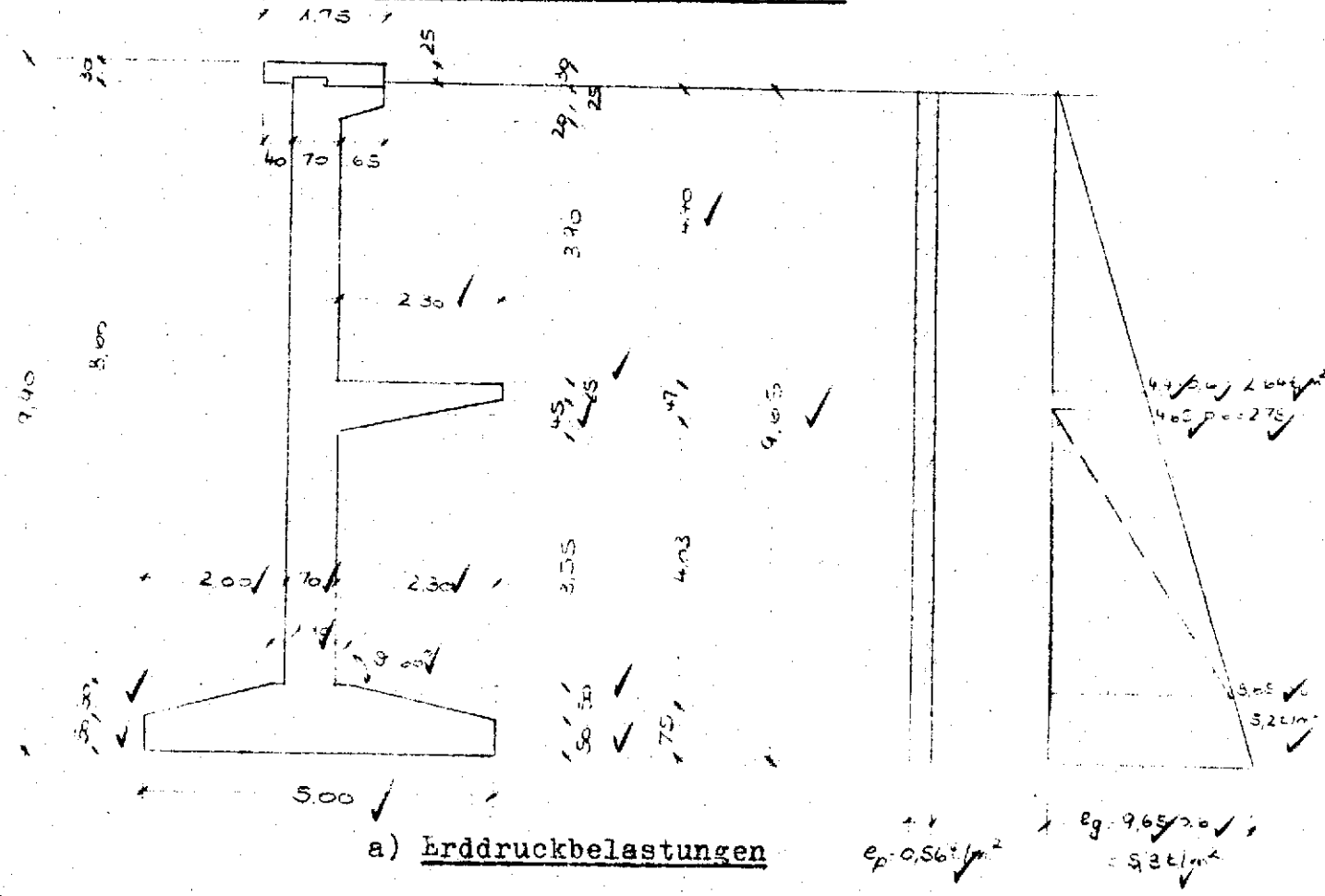
$$b = \frac{11{,}5^2 \cdot 16{,}55}{95^2} = \frac{132 \cdot 16{,}55}{9000} = 0{,}25\ \text{m}$$

$$\text{vorh} = \frac{7{,}70}{0{,}25} = 30 \neq 28$$

$$\min F_e = 0{,}004 \cdot 100 \cdot 25 = 10\ \text{cm}^2$$

gew. Ø 16 e = 18 cm = 11,17 cm²

D) Berechnung der Flügelwände



Querschnitt M. 1:100

a) Erddruckbelastungen

Als Verkehrslast wird die halbe Ersatzlast des 60 t SLW auf der ganzen Hinterfüllung gerechnet.

$$p = \frac{3,33}{2} = 1,67\ t/m^2$$

$\gamma = 1,8\ t/m^3 \quad \varphi = 39^\circ \quad \delta = \varphi$

$\lambda_a = 0,333 \quad \gamma \cdot \lambda_a = 0,6$

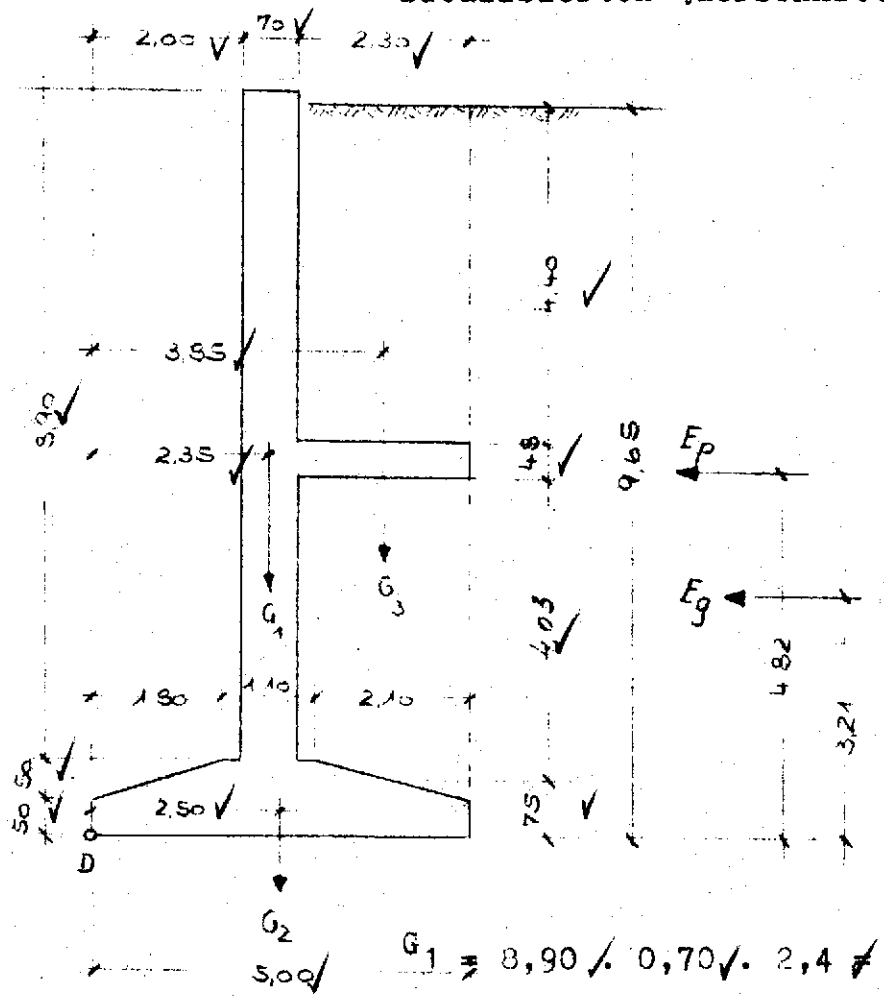
$\vartheta = 2 \cdot \varphi = 60^\circ$

$$e_p = 1,67 \cdot 0,333 = 0,56\ t/m^2$$

Prüfexemplar

b) Standsicherheitsuntersuchung

Zur Berechnungsvereinfachung wird mit einem idealisierten Querschnitt gerechnet.



$G_1 = 8,90 \cdot 0,70 \cdot 2,4 = 14,90$ t

$G_2 = 2,4 \,(5,00 \cdot 0,5 + \frac{5,0 + 1,1}{2} \cdot 0,5) = 9,65$ "

$G_3 = 1,8\,(4,40 + 4,03)\,2,30 + 2,30 \cdot 0,48 \cdot 2,4 = 37,60$

$N = 62,15$ t

$E_p = 0,56 \cdot 9,65 = 5,40$ t

$E_g = \frac{5,8 \cdot 9,65}{2} = 28,00$ "

$H = 33,40$ t

Prüfexemplar

Bezogen auf den Drehpunkt in D wird

M_{st} = 14,90 · 2,35 = 35,00 tm
+ 9,65 · 2,50 = 24,10 tm
+ 37,60 · 3,85 = 145,00 tm
204,10 tm

M_K = - 5,40 · 4,82 = - 26,00 tm
- 28,00 · 3,2 = - 90,00 tm
- 116,00 tm

<u>Standsicherheit</u> $v = \frac{204,10}{116,00} = 1,76$ fach > 1,5

<u>Gleitsicherheit</u>

Das Fundament ist mit dem Felsboden verzahnt ($\mu = 1$)

$v = \frac{62,15 \cdot 1}{33,40} = 1,85$ fach > 1,5

<u>Bodenpressung</u>

$e = \frac{204,10 - 116,00}{62,15} = 1,40$ m

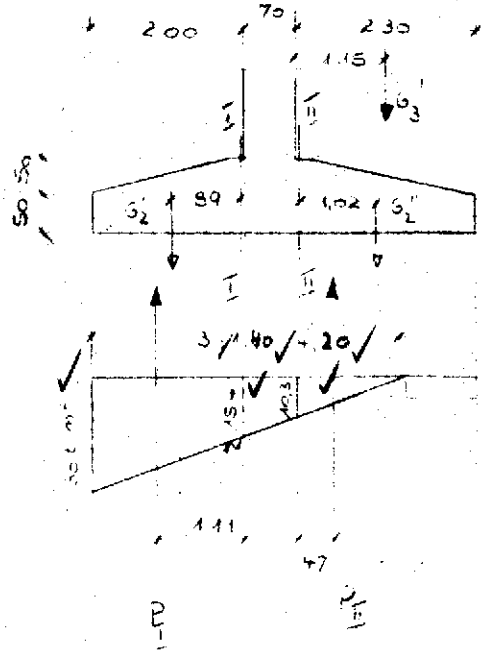
$\max \sigma = \frac{2 \cdot 62,15}{1,0 \cdot 3 \cdot 1,40} = 30$ t/m²

= 3 kg/cm²

Der vorhandene Felsboden kann wie bereits oben angegeben worden ist, ca. 8 kg/cm² Kantenpressung aufnehmen.

Prüfexemplar

c) Bemessung des Fundamentes



1. Schnitt I - I

$$P_I = \frac{30 \cdot 15,4}{2} 2,00 = 45,4\ t$$

$$x_I = \frac{2,00}{3} \cdot \frac{2 \cdot 30 + 15,4}{30 + 15,4} = 1,11$$

$$G_2' = \frac{1,0 + 0,5}{2} 2,00 \cdot 2,4 = 3,6\ t$$

$$x_2' = \frac{2,0}{3} \cdot \frac{2 \cdot 0,5 + 1,0}{0,5 + 1,0} = 0,89$$

$$M_I = 45,4 \cdot 1,11 - 3,6 \cdot 0,89$$

$$= 50,5 - 3,2 = 47,3\ tm$$

$d = 1,00$ m $\quad h = 0,95$ m

$$\frac{50}{2000} \beta = \frac{95}{\sqrt{47,3}} = 13,9$$

$$F_e = \frac{47,4}{0,95} 0,55 = 27,3\ cm^2$$

gew. Ø 20 e = 11,5/cm

$$Q = 45,4 - 3,6 = 41,8\ t$$

$$\tau = \frac{41\,800}{100 \cdot 0,9 \cdot 95} = 4,9\ kg/cm^2 \leq 7$$

2. Schnitt II - II

$$P_{II} = \frac{10,3 \cdot 1,4}{2} = 7,2\ t$$

$$x_{II} = \frac{1,4}{3} = 0,47\ m$$

$$G_2'' = \frac{1,0 + 0,9}{2} 2,3 \cdot 2,4 = 4,15\ t$$

$$x_2'' = \frac{2,30}{3} \cdot \frac{2 \cdot 0,5 + 1,0}{0,5 + 1,0} = 1,02\ m$$

Prüfexemplar

$G_3' = 2,30 \cdot 4,03 \cdot 1,8 = 16,7\,t$

$M_{II} = 7,2 \cdot 0,47 - 4,15 \cdot 1,02 - 16,7 \cdot 1,15$

$= 3,4 - 4,25 - 19,20$

$= 20,05\,tm$

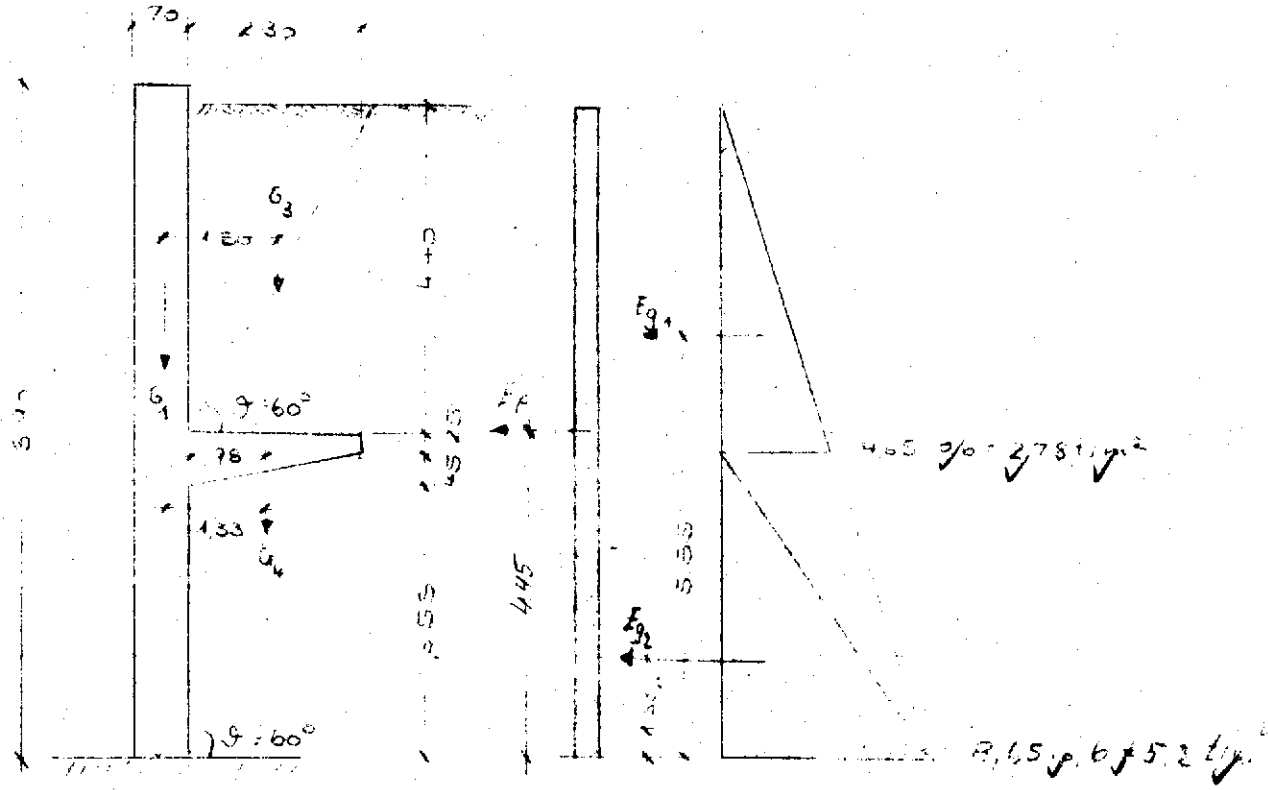
$d = 1,00\,m \quad h = 0,95\,m$

$\frac{30}{2000}\,t = \frac{95}{\sqrt{20,05}} = 21,8$

$F_e = \frac{20,05}{0,95} \cdot 0,53 = 11,2\,cm^2$

gew. Ø 16 e = 18 cm

d) Bemessung der Wandeinspannung im Fundament



Prüfexemplar

$G_1 = 0{,}70 \cdot 8{,}90 \cdot 2{,}40 = 14{,}90$ t

$G_3 = 2{,}30 \cdot 4{,}40 \cdot 1{,}80 = 18{,}30$

$G_4 = \frac{0{,}25 + 0{,}70}{2} \cdot 2{,}30 \cdot 2{,}4 = 2{,}60$

$N = 35{,}80$ t

Die Verkehrslast auf der Hinterfüllung wird bei der Erddruckermittlung berücksichtigt, bei den Normalkräften jedoch vernachlässigt, da sie abmindernde Wirkungen ausübt.

Für die Ermittlung des Erddruckes, bezogen auf die Einspannungsfuge kommt das Prinzip von Rankine - Winkler zur Anwendung. Danach liegt der Erddruckgleitkörper im unteren Wandbereich im "Schatten" der Kragplatte. Der Erddruck kann für diesen Wandbereich entsprechend vorstehender Skizze abgemindert werden (s. Betonkalender 1955 Teil II, Seite 215)

$E_p = 0{,}56 \cdot 8{,}90 = 5{,}00$

$E_{g_1} = \frac{2{,}78 \cdot 4{,}65}{2} = 6{,}45$ "

$E_{g_2} = \frac{5{,}2 \cdot 4{,}00}{2} = 10{,}40$

Bezogen auf die Achse der Einspannungsfuge wird

$M = 18{,}30 \cdot 1{,}50 + 2{,}6 \cdot 1{,}33 - 5{,}00 \cdot 4{,}45 -$
$6{,}45 \cdot 5{,}55 - 10{,}40 \cdot 1{,}33$

$= 27{,}50 + 3{,}46 - 22{,}2 - 35{,}8 - 13{,}8$

$= -40{,}84$ tm

Prüfexemplar

$d = 0{,}70$ m $\quad h = 0{,}65$ m

$e = 0{,}65 - \frac{0{,}70}{2} = 0{,}30$ m

$c = \frac{M}{N} = \frac{40{,}84}{35{,}80} = 1{,}14$

$\frac{c}{d} = \frac{1{,}14}{0{,}7} = 1{,}64 > 0{,}7$ (Stadium II e = konst.)

$M_e = 40{,}84 + 35{,}80 \cdot 0{,}3$

$= 40{,}84 + 10{,}70 = 51{,}54$ tm

$\frac{80}{2000} r = \frac{65}{\sqrt{51{,}54}} = 9.1$

$F_e = \frac{51{,}54}{0{,}65} 0{,}57 - \frac{35{,}80}{2{,}0}$

$= 45{,}2 \quad - 17{,}9 = 27{,}3$ cm²

gew. Ø 20 = 11,5 cm

e) Bemessung der Konsole

Die Verkehrslast wird in diesem Fall berücksichtigt.

$P = 1{,}67 \cdot 2{,}30 = 3{,}84$ t

$G_3 = \underline{18{,}30}$

$22{,}14$

$G_4 = 2{,}60$

$M = 22{,}14 \cdot 1{,}15 + 2{,}60 \cdot 0{,}98$

$= 25{,}50 + 2{,}55 = 28{,}05$ tm

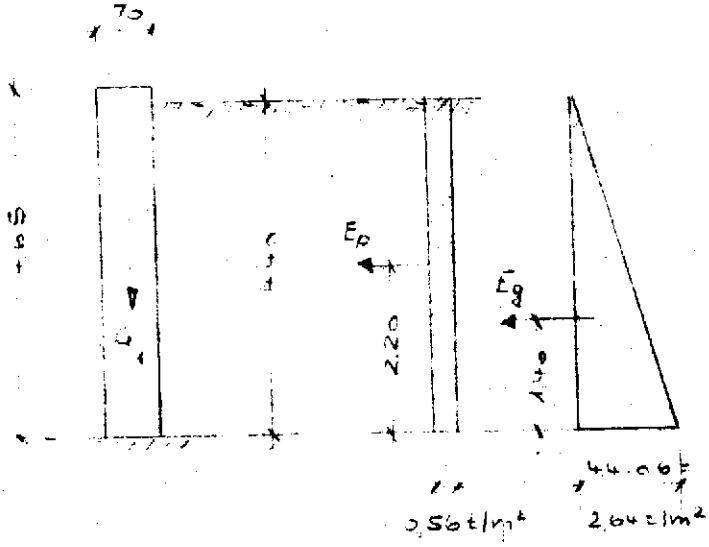
$d = 0{,}70$ m $\quad h = 0{,}65$ m

$$\frac{60}{2000}\,r = \frac{65}{\sqrt{28{,}05}} = 12{,}2$$

$$F_e = \frac{28{,}05}{0{,}65}\,\rho\,0{,}56 = 24{,}2 \text{ cm}^2$$

gew. Ø 20 e = 13 cm

f) Bemessung des oberen Wandteiles



$$G_1 = 0{,}70 \cdot 4{,}65 \cdot 2{,}4 = 7{,}8 \text{ t}$$

$$E_p = 0{,}56 \cdot 4{,}40 = 2{,}46 \text{ t}$$

$$E_g = \frac{2{,}64 \cdot 4{,}4}{2} = 5{,}80 \text{ t}$$

$$M = 2{,}46 \cdot 2{,}20 + 5{,}80 \cdot 1{,}46$$
$$= 5{,}40 + 8{,}5$$
$$= 13{,}90 \text{ tm}$$

$$c = \frac{M}{N} = \frac{13{,}90}{7{,}80} = 1{,}78 \text{ m}$$

$d = 0{,}70$ m $\quad h = 0{,}65$ m

$$e = 0{,}65 - \frac{0{,}70}{2} = 0{,}30 \text{ m}$$

$$M_e = 13{,}90 + 7{,}8 \cdot 0{,}30$$
$$= 13{,}90 + 2{,}35 = 16{,}25 \text{ tm}$$

$$\frac{40}{2000}\,r = \frac{65}{\sqrt{16{,}25}} = 16{,}2$$

$$F_e = \frac{16{,}25}{0{,}65}\,\rho\,0{,}54 = 13{,}5 \text{ cm}^2$$

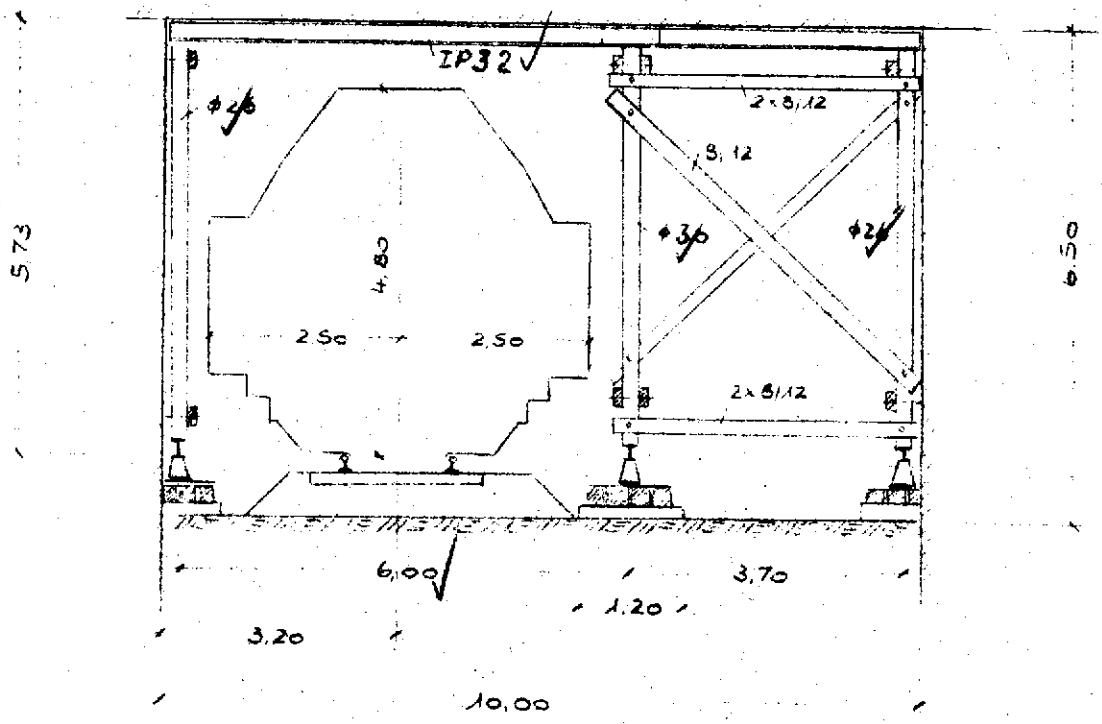
gew. Ø 16 e = 15 cm

In statischer Hinsicht geprüft.
Prüfnummer 78 des Prüfverzeichnisses 1958
Dortmund, den 7.12. 1958
aufgestellt:
Dipl.-Ing. W. Schülke
Prüfingenieur für Baustatik gemäß Verordnung vom August 1952 für die Fachrichtungen Ingenieurbau, Massivbau, Holzbau
Dortmund, Stadthausstraße 32
Tel. 26041/42

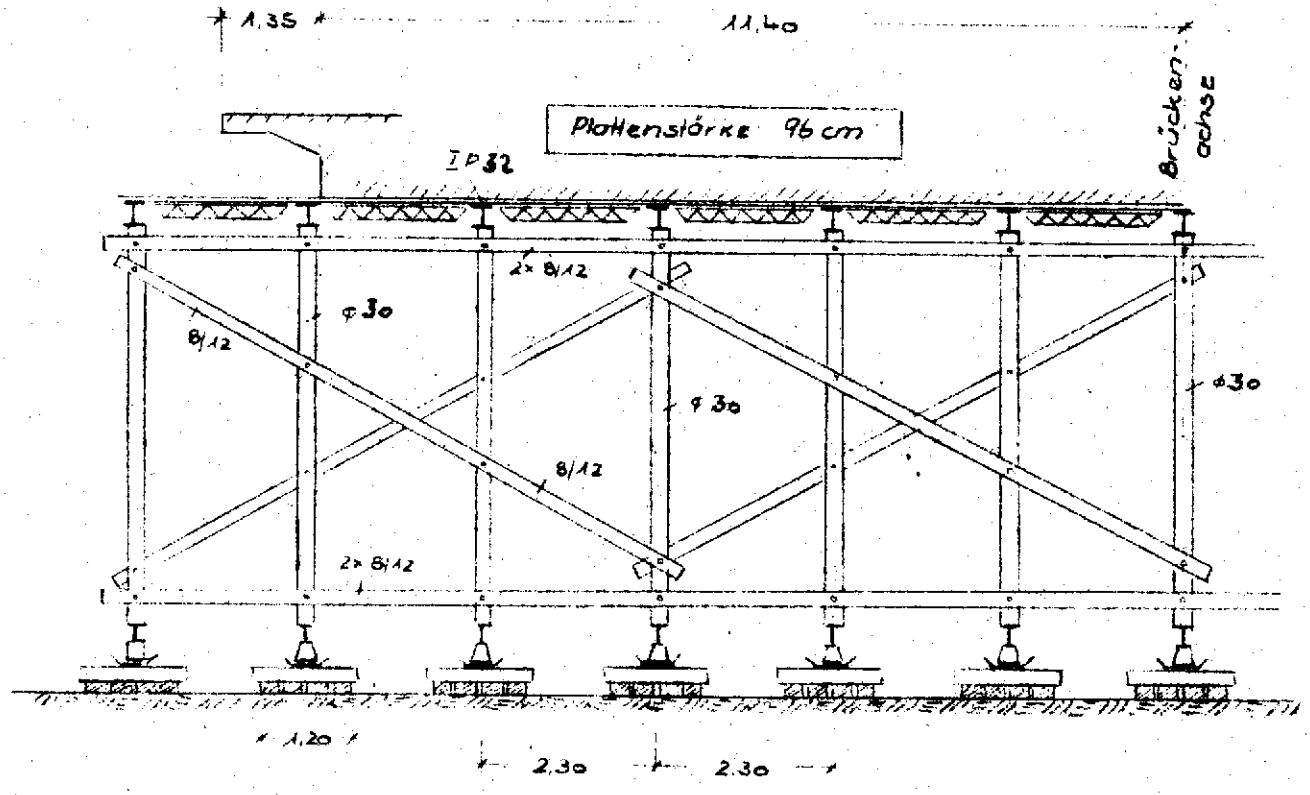
Dortmund, den 3. Dez. 1957
Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Straßenbauverwaltung
Aufgestellt:
Geprüft:
Gesehen:
Münster, den 19.12.57
I. A.
Landesoberbaurat
Für die Ausführung:
Baugesellschaft Hanebeck

Festigkeitsnachweis für das Lehrgerüst

Prüfexemplar



Querschnitt M. 1:100



Längsansicht

...mplar

Pos. 1 Schalung

l = 0,35 m

Belastung:

0,96 m Stahlbetonplatte

0,96 . 2,5 = 2,40 t/m²

$$M = \frac{2{,}40 \cdot 0{,}35^2}{8} = 0{,}037 \text{ tm}$$

gew. Schalung d = 2,5 cm

$$W = \frac{100 \cdot 2{,}5^2}{6} = 104 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{3700}{104} = 36 \text{ kg/cm}^2 < 100$$

Pos. 2 HICO-Träger

l = 2,30 m

Belastung:

Platte	2,40 . 0,35 =	0,84 t/m
Träger	=	0,02 "
		0,86 t/m

$$A = \frac{0{,}86 \cdot 2{,}30}{2} = 0{,}99 \text{ t}$$

$$M = \frac{0{,}86 \cdot 2{,}30^2}{8} = 0{,}57 \text{ tm}$$

Die zulässigen Beanspruchungen für den HICO-Träger betragen nach der Zulassungsbestimmung max A = 1,0 t; max M = 1,25 tm

Pos. 3 Hauptträger

max l = 6,00 m

Belastung:

aus den Hicoträgern

2 . 0,99 / 0,35	5,65 t/m
Eigengew. des Trägers =	0,20 "
	5,85 t/m

Prüfexemplar

$$M = \frac{5{,}85 \cdot 6{,}00^2}{8} = 26{,}20 \text{ tm}$$

gew. IP 32 mit $W_x = 2020 \text{ cm}^3$

$J_x = 32250 \text{ cm}^4$

$$\sigma = \frac{2620000}{2020} = 1290 \text{ kg/cm}^2 < 1400$$

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{2620000 \cdot 600^2}{2100000 \cdot 32250} = 1{,}45 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{f} = \frac{600}{1{,}45} = 415 > 300$$

Pos. 4 Stützen

max $s_k = 5{,}50$ m

Belastung der Mittelstützen

mittlere Spannweite der Träger

$$lm = \frac{6{,}0 + 3{,}7}{2} = 4{,}85 \text{ m}$$

$P = 4{,}85 \cdot 5{,}85 = 28{,}30$

gew. Ø 30 mit $F = 707 \text{ cm}^2$

$i = 7{,}5$ cm

$$\lambda = \frac{550}{7{,}5} = 73, \quad w = 1{,}95$$

$$\sigma_\omega = \frac{1{,}95 \cdot 28300}{707} = 78 \text{ kg/cm}^2 < 85$$

Belastung der Randstützen

$$\max P = \frac{6{,}0}{2} \cdot 5{,}95 = 17{,}5 \text{ t}$$

gew. Ø 26 mit $F = 531 \text{ cm}^2$

$i = 6{,}5$ cm

$$\lambda = \frac{550}{6{,}5} = 84 \quad w = 2{,}27$$

$$\sigma_\omega = \frac{2{,}27 \cdot 17500}{531} = 75 \text{ kg/cm}^2 < 85$$

Aufgestellt,
Dortmund, 20.1.58

Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Straßenbauverwaltung
~~Aufgestellt:~~
~~Geprüft:~~
Gesehen:
Münster, den 29.3.58
i. A.
Landesoberbaurat

Baugesellschaft Hanebeck

In statischer Hinsicht geprüft.
Prüfnummer 72 des Prüfverzeichnisses 1957
Dortmund, den 31.2. 1958

Dipl.-Ing. W. Schülke
Prüfingenieur für Baustatik gemäß Verordnung vom 2. August 1942 für die Fachrichtungen Stahlbau, Massivbau, Holzbau
Dortmund, Staufenstraße 32
Tel. 2503 / 42