INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL
Diplom-Ingenieure für Tragwerksplanung
44787 Bochum · Westring 25 · Tel. 0234/60517 · Fax 0234/60518

STATISCHE BERECHNUNG

Bauherr	EGR Entwicklungsgesellschaft Ruhr-Bochum Steinring 43, 44789 Bochum
Bauort	Massenbergstr. - Schützenbahn 44787 Bochum
Bauvorhaben	Unterirdische Erschließung Schützenbahn - Massenbergstr. BT - Rampe
Baustoffe	B35, Bst 500S
Vorschriften	Einschlägige Vorschriften in letzgültiger Fassung
Planungsunterlagen	Pläne M 1:50
Aufgestellt	Dipl.-Ing. Rüppel
Datum	29.10.99

98010

A.-Nr.

LASTANNAHMEN

1. Aus Erddruck

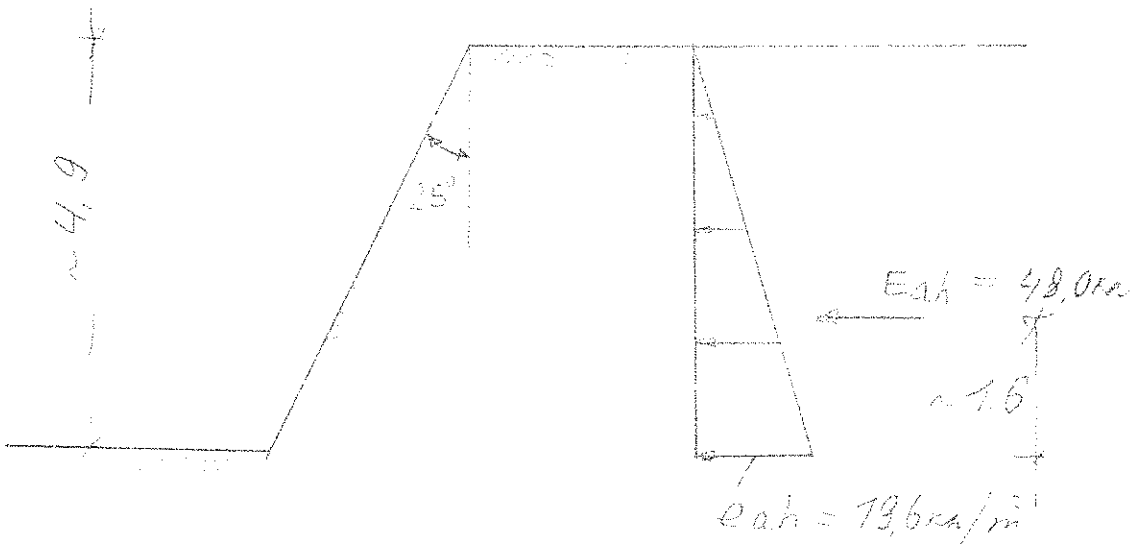
Φ = 27.5°
β = 58.8°
δ = 0
Γ = 20.0 kN/m3

$$\Sigma ah = \frac{\cos^2(27.5^\circ + 25^\circ)}{\cos^2 25^\circ * \left[1 \pm \left|\frac{\sin(27.5^\circ \pm 0^\circ)*\sin(27.5^\circ \pm 0^\circ)}{\cos(25^\circ+0^\circ)*\cos(25^\circ+0^\circ)}\right|\right]^2} =$$

$$= \left[\frac{\cos(27.5^\circ + 25^\circ)}{\sin 27.5^\circ \pm \cos 25^\circ}\right]^2 = 0.2$$

e ah = 20.0 * 4.9 * 0.2 = 19.6 kN/m2

E ah = 0.5 * 19.6 * 4.9 = 48.0 kN



© ARGE ... GEMEINSCHAFT PÜHRER

LASTANNAHMEN

2. Aus SLW 60

nach DIN 1072

a) $\bar{p}$ 60 $= \dfrac{600 - 5.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 28.3$ kN/m2

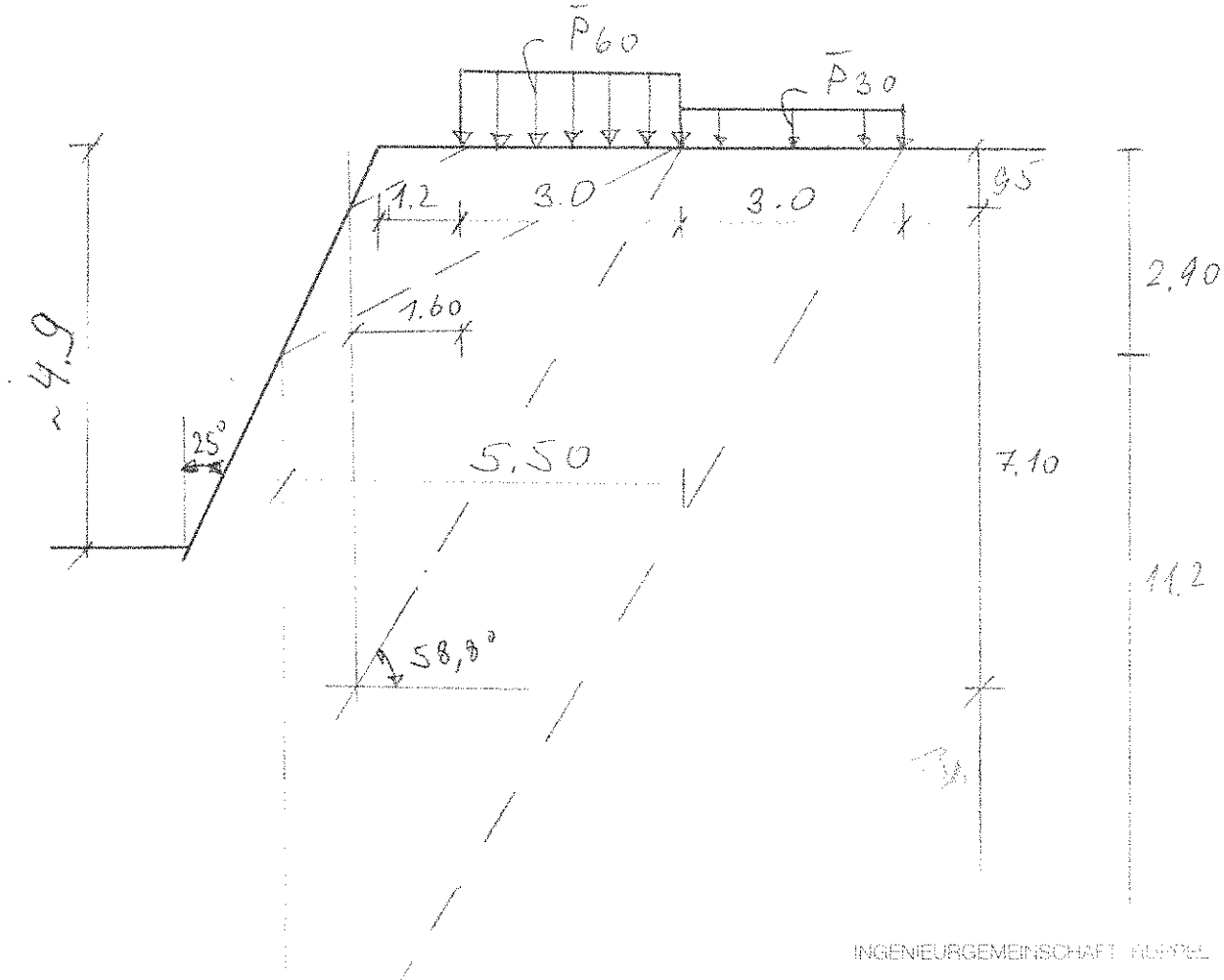
b) Restflächennutzlast p = 5.0 kN/m2

3. Aus SLW 30

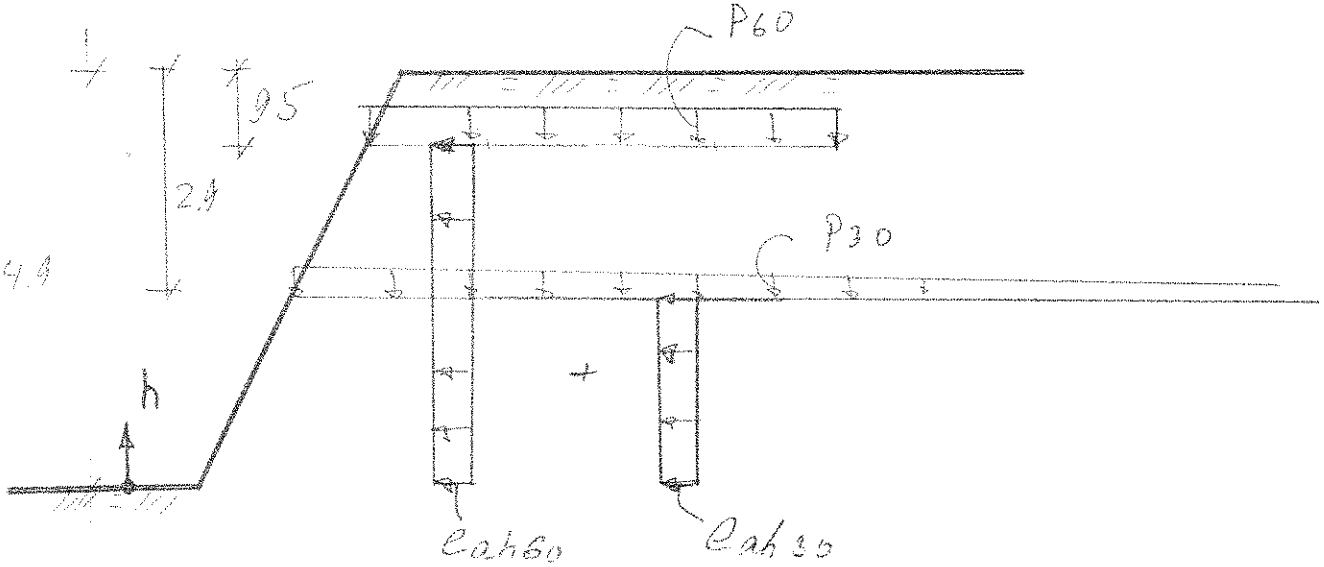
nach DIN 1072

a) $\bar{p}$ 30 $= \dfrac{300 - 3.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 13.7$ kN/m2

b) Restflächennutzlast p = 3.0 kN/m2



Lastbilder aus SLW



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 60 = \frac{28.3 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 13.7\ kN/m2$$

$$p\ 30 = \frac{13.7 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*5.5)} = 2.9\ kN/m2$$

$$e\ ah\ 60 = 13.7*0.2 = 2.7\ kN/m2$$

$$e\ ah\ 30 = 2.9*0.2 = 0.6\ kN/m2$$

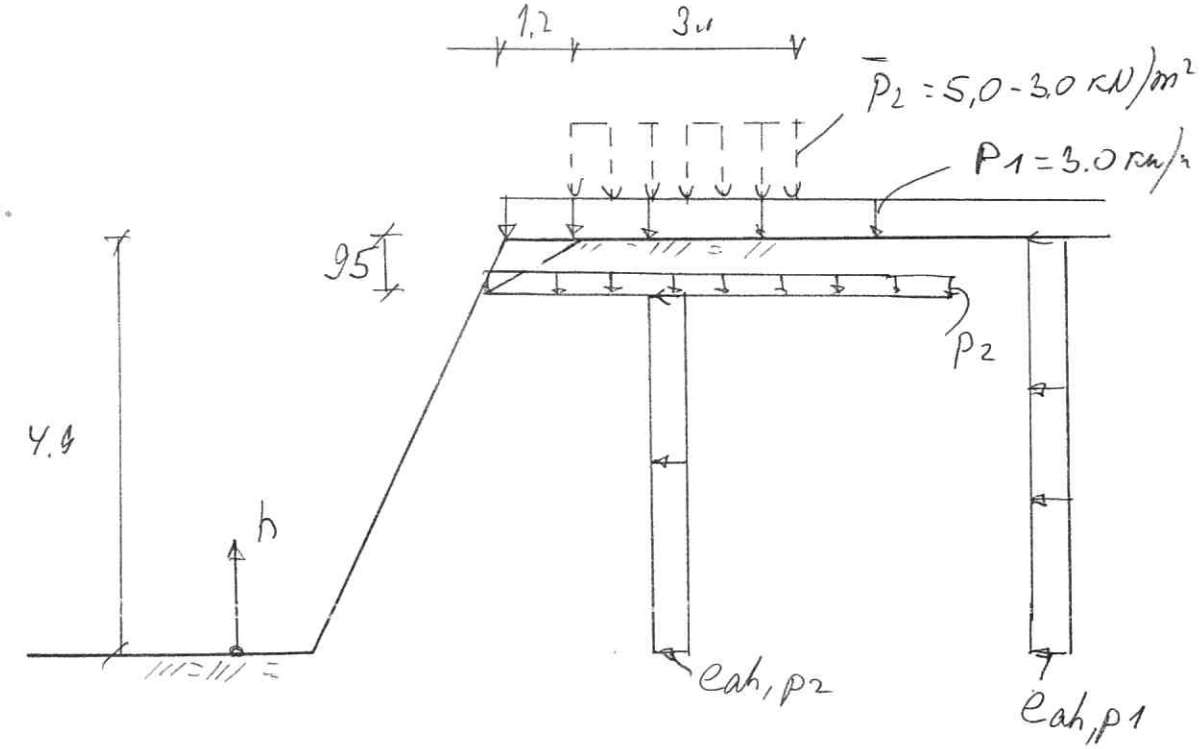
LASTANNAHMEN
= = = = = = = = = = =

2+3. Aus SLW

E 60 = 2.7*(4.9-0.95)	=	10.7 kN
h 60 = 3.95/2	=	1.98 m
E 30 = 0.6*(4.9-2.9)	=	1.2 kN
h 30 = 2.00*2/3	=	1.33 m

GEPRÜFT

Lastbilder aus SLW (Restflächen)



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 2 = \frac{2.00 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 1.00\ kN/m2$$

e ah.p1 = 3.0*0.2 = 0.6 kN/m2

E p1 = 0.6*4.9 = 2.9 kN

e ah.p2 = 1.0*0.2 = 0.2 kN/m2

E p2 = 0.2*(4.9-0.95) = 0.8 kN

h p1 = 4.9:2 = 2.45 m

h p2 = (4.9-0.95):2 = 2.0 m

GEPRÜFT

OBJEKT: 9810	LEISTUNGSPHASE:	BAUTEIL: Rampe	POSITIONS-NR: 1	SEITE: 6

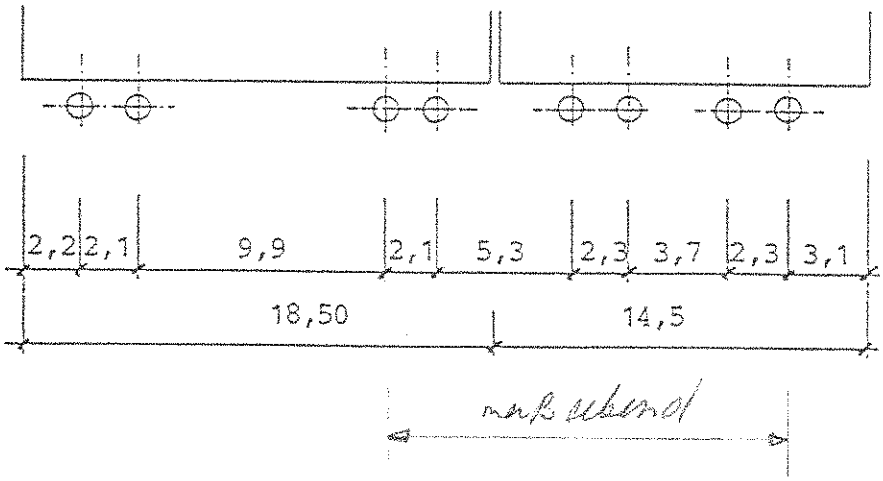
4. Strassenbahn

A. Arbeitslok (Sonderfahrt mit Grundeinheit)

Achslasten: Lok: Q => 120 * $\mathcal{S}$ = 120 KN

Grundeinheit: Q => 100 * $\mathcal{S}$ = 100 KN

G => 60 * $\mathcal{S}$ = 60 KN

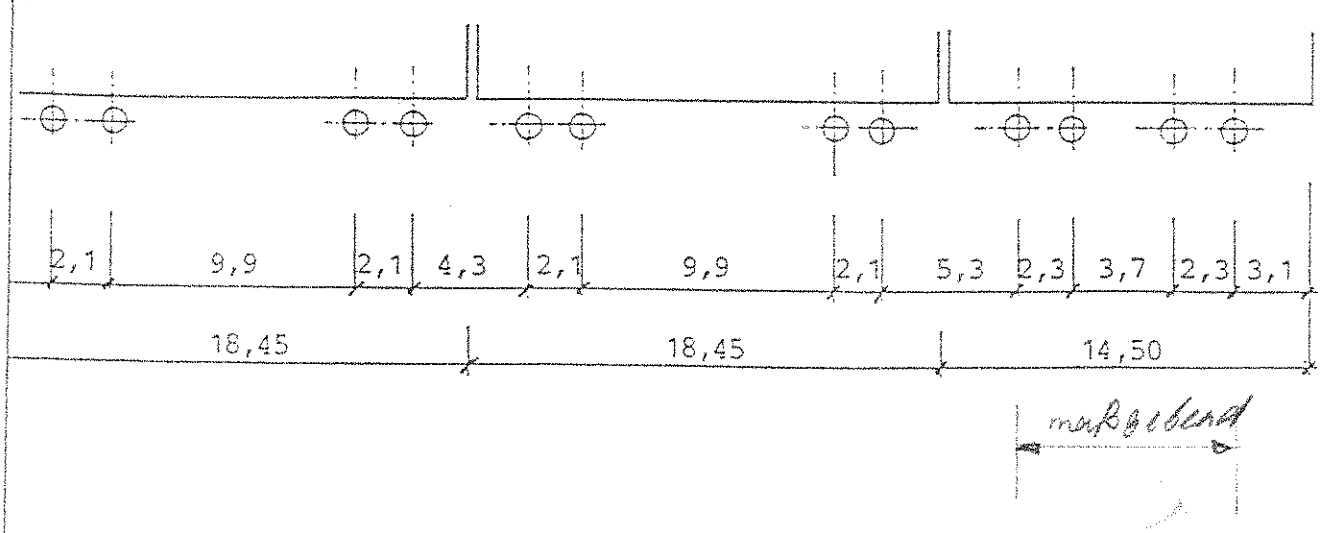


B. Arbeitslok mit Grundeinheit gekoppelt:

Achslasten: Lok: Q => 120 * $\mathcal{S}$ = 120 KN

Grundeinheit: Q => 100 * $\mathcal{S}$ = 100 KN

G => 60 * $\mathcal{S}$ = 60 KN



LASTANNAHMEN

4. Strassenbahn

nach Stadtbahn-Richtlinien 3.2-10

a) $\overline{p}$ lok. $= \dfrac{120.0*4 + 100.0*2}{2.0*(2.1+5.3+2.3+3.7+2.3)} = \dfrac{}{15.7} = 21.7$ kN/m2

b) $\overline{p}$ s.zug$= \dfrac{120.0*4}{2.0*(2.3+3.7+2.3)} = \dfrac{}{8.3} = 28.9$ kN/m2

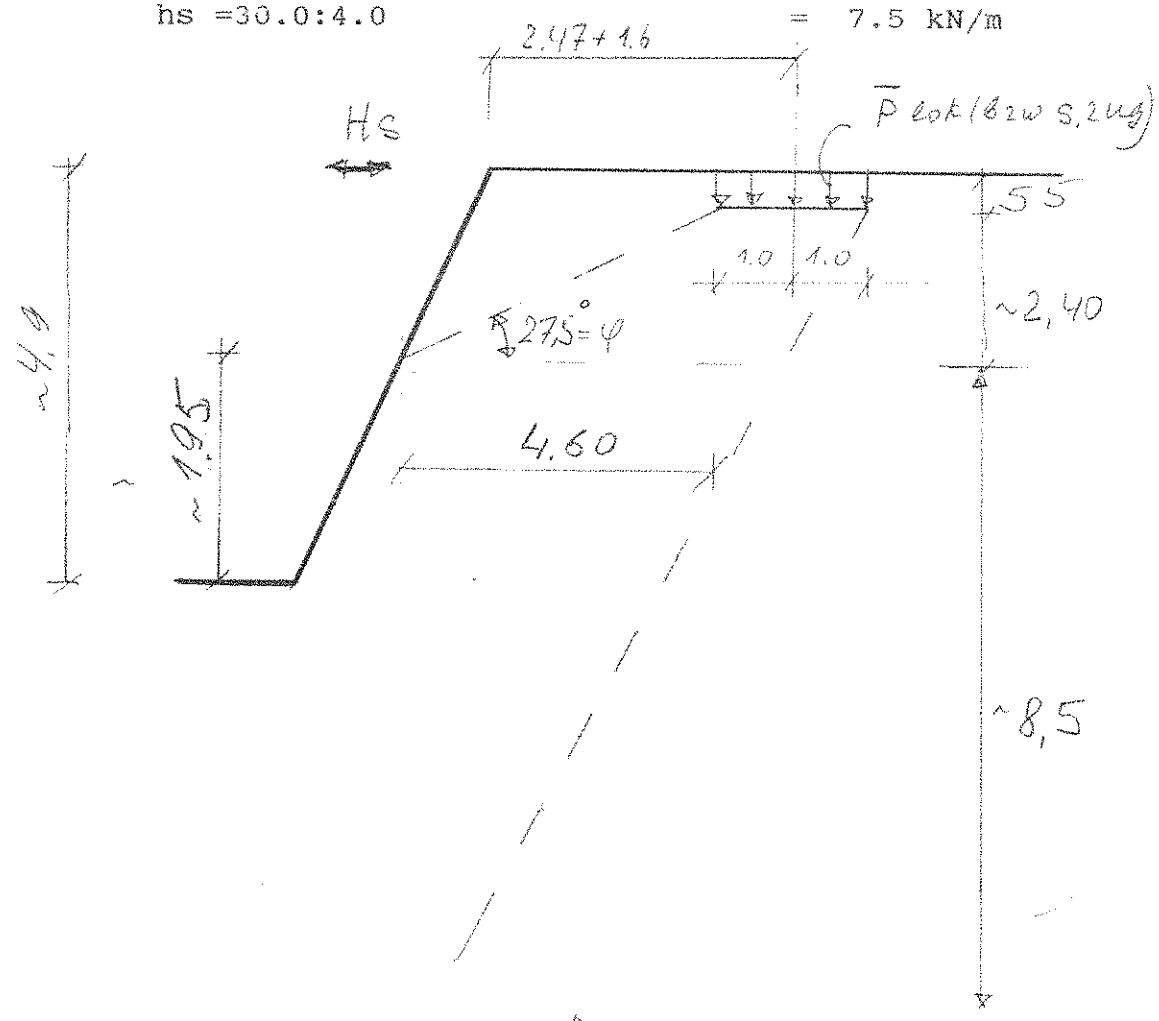
c) Restflächennutzlast p = 3.0 kN/m2

d) Seitenstoss Hs = 30.0 kN

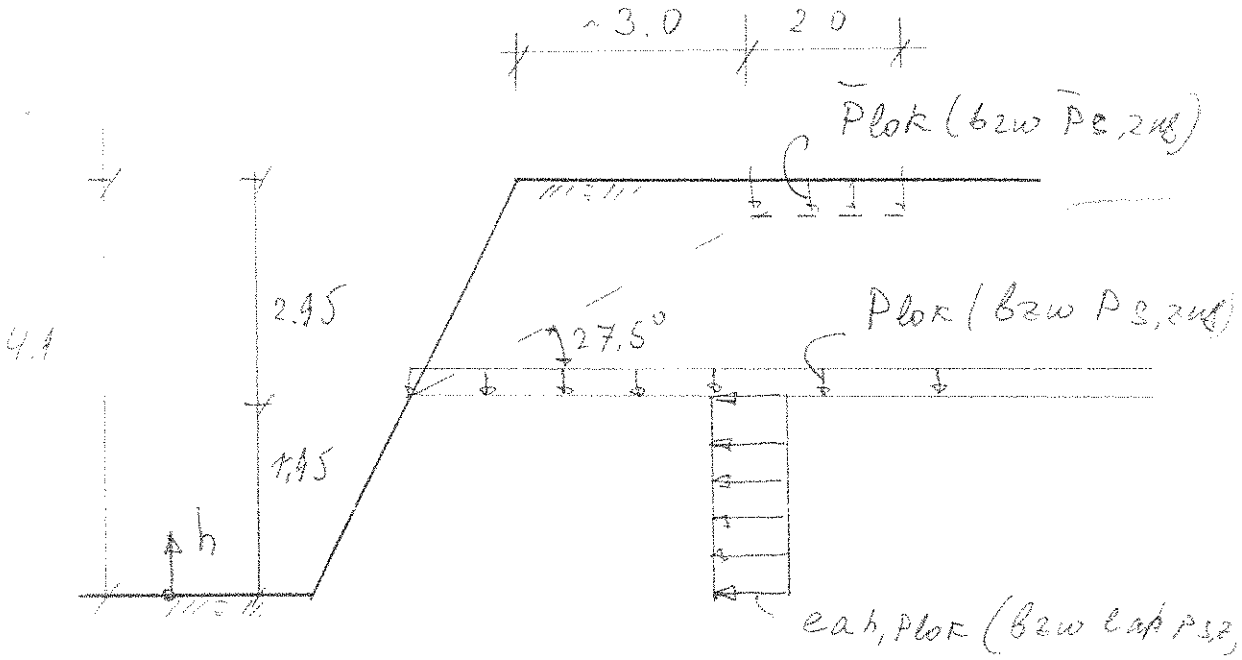
Verteilungsbreite

Bs $=\approx 0.5+2*(2.47+1.6-1.0)*\tan 30^\circ$ = 4.0 m

hs $=30.0:4.0$ = 7.5 kN/m



Lastbilder aus Straßenbahn



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ lok = \frac{21.7 * 2.0 * 15.7}{15.7*(2.0+2*4.6)} = 3.90\ kN/m2$$

$$ps.zug = \frac{28.9 * 2.0 * 8.3}{8.3*(2.0+2*4.6)} = 5.20\ kN/m2$$

a) Lokomotive

e ah.p = 3.9*0.2 = 0.8 kN/m2

E lok = 0.8*1.95 = 1.6 kN

h = 1.95/2 = 1.00 m

b) Sonderzug

e ah.p = 5.2*0.2 = 1.0 kN/m2

E lok = 1.0*1.95 = 2.0 kN

LASTANNAHMEN

5. Aus Baustellenverkehr (nach EB 55-57)

p1 = 10.0 kN/m2

p2 = 10.0 kN/m2

e ah.p1 = 2*1.5*10.0*0.61:3.4 = 5.4 kN/m2

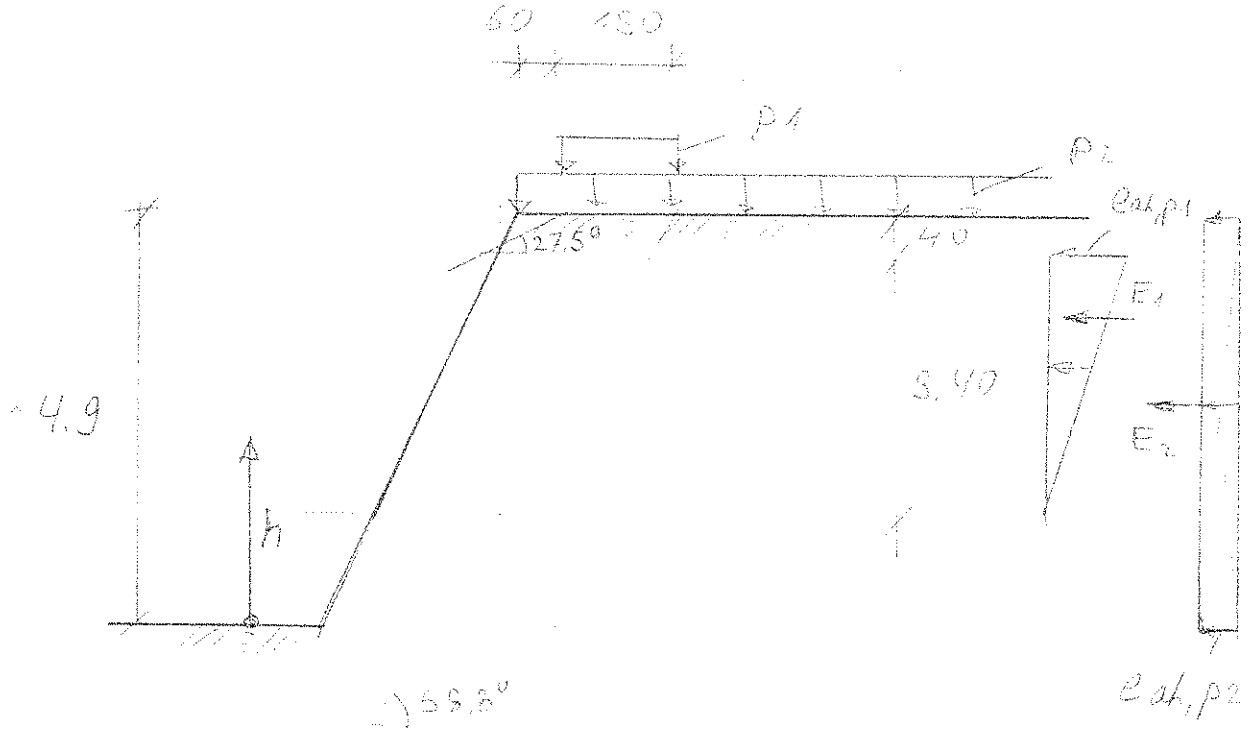
E1 = 5.4 * 3.4 :2 = 9.2 kN

h e1 = 4.9-0.4-3.4+3.4*2/3 = 3.4 m

e ah.p2 = 10.0 * 0.2 = 2.0 kN/m2

E2 = 2.0 * 4.9 = 2*4.9 kN

h e2 = 4.9/2 = 2.5 m



POS. 1 Rampenwand, D = 35 cm

Belastung:

Aus Eigengewicht :

G1= 25.0*0.35*4.9/cos25° = 47.3 kN
G2= 25.0*0.5*(1.1+0.86):2 = 12.3 kN
G3= 25.0*0.5*1.3 = 16.3 kN

G = 75.9 kN

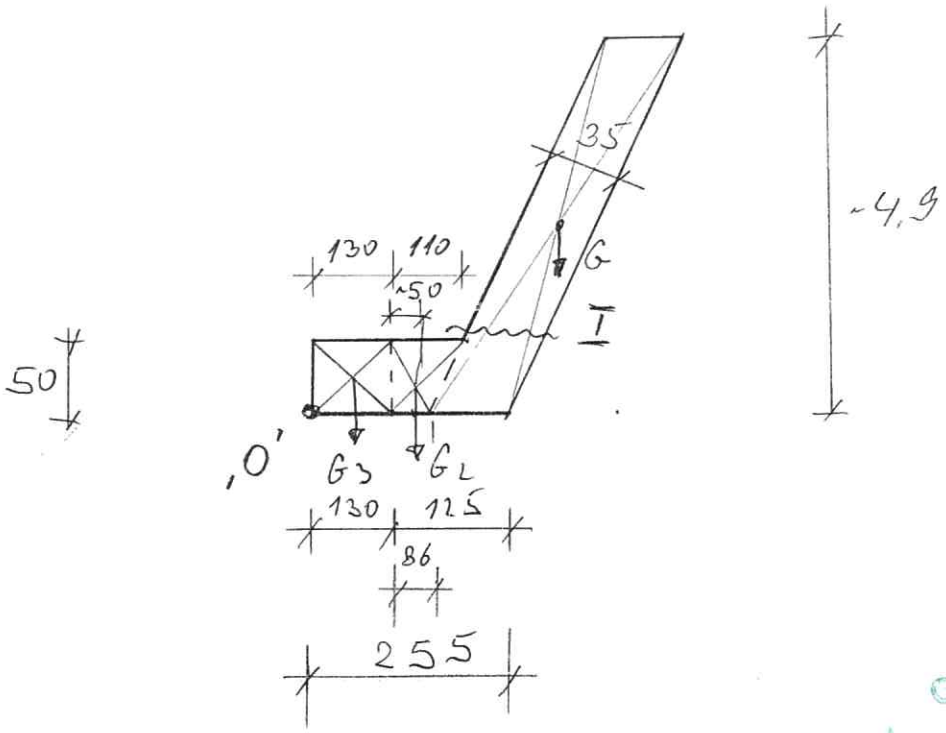
Mg1=47.3*{(4.9*tan25°:2+1.25-
-0.35:cos25°/2)+1.3} = 165.5 kN*m
Mg2=12.3*(0.5+1.3) = 22.1 kN*m
Mg3=16.3*0.65 = 10.6 kN*m

Mg = 198.2 kN*m

Aus Erddruck + Verkehr :

siehe Lastenannahmen

System :



GEPRÜFT

Gleiten siehe Verbindungsbalken

noch POS. 1 Rampenwand, D = 35 cm

Schnittgrößen

Kippmomenteermittlung:

1.	aus Erddruck :	48.0 * 1.6	=	76.8 kN*m
2.	aus SLW 60 :	10.7 * 1.98	=	21.2 kN*m
3.	aus SLW 30 :	1.2 * 1.33	=	1.6 kN*m
2+3.	aus Restfläche:	2.9 * 2.45	=	7.1 kN*m
		+ 0.8 * 2.0	=	1.6 kN*m
			Mrest =	8.7 kN*m
4.	aus Straßenbahn:	2.0 * 1.00	=	2.0 kN*m
		+ 7.5 * 4.9	=	36.8 kN*m - StoB
			M zug =	38.8 kN*m
5.	aus Baustelle:	9.2 * 3.4	=	31.3 kN*m
		+ 9.8 * 2.5	=	24.5 kN*m
			Mbau =	55.8 kN*m

Lastenzusammenstellung:

1. Erddruck + SLW 60/30

76.8+21.2+1.6+8.7 = 108.3 kN*m
< 132.6 kN*m

2. Erddruck + Staßenbahn

76.8+38.8+7.1 → Restflächenlast p = 5,0 m/s²

= 122.7 kN*m
< 132.6 kN*m

3. Erddruck + Baustellenlast

76.8+55.8 = 132.6 kN*m

$\eta_K = \frac{198,2}{132,6} \geq 1,5$

=> Kippsicherheit ist gewährleistet

noch POS. 1 Rampenwand, D = 35 cm

Schnittgrößen

SCHNITT I -I :

M I-I : 1. aus Erddruck : 48.0 *(1.6-0.5) = 52.8 kN*m

2. aus SLW 60 : 10.7 *(1.98-0.5)= 15.8 kN*m

3. aus SLW 30 : 1.2 *(1.33-0.5)= 1.0 kN*m

2+3. aus Restfläche: 2.9 *(2.45-0.5)= 5.7 kN*m
+0.8 *(2.0-0.5) = 1.2 kN*m

Mrest = 6.9 kN*m

4. aus Straßenbahn: 2.0*(1.0-0.5) = 1.0 kN*m
+7.5*(4.9-0.5) = 33.0 kN*m

Mszug = 34.0 kN*m

5. aus Baustelle: ~8.3 *(3.4-0.5) = 24.1 kN*m
+9.8 *(2.5-0.5) = 19.6 kN*m

Mbau = 43.7 kN*m

Lastenzusammenstellung:

a. Erddruck + SLW 60/30

52.8+15.8+1.0+6.9 = 76.5 kN*m

b. Erddruck + Staßenbahn

52.8+34.0+5.7 = 92.5 kN*m
< 96.5 kN*m

c. Erddruck + Baustellenlast

52.8+43.7 = 96.5 kN*m

6. aus Eigengewicht Platte :

G1= 25.0*0.35*4.4/cos25° = 42.4 kN

Mg1=42.4*(4.4*tan25°:2) = 43.5 kN*m

M I-I = 43.5 - 96.5 = 53.0 kN*m

noch POS. 1 Rampenwand, D = 35 cm

Schnittgrößen

SCHNITT I -I :

Q I-I : 1. aus Erddruck : = 48.0 kN

2. aus SLW 60 : = 10.7 kN

3. aus SLW 30 : = 1.2 kN

2+3. aus Restfläche: 2.9 +0.8 = 3.7 kN

4. aus Straßenbahn: 2.0+7.5 = 9.5 kN

5. aus Baustelle: ~ 8.3 + 9.8 = 18.1 kN

Lastenzusammenstellung:

a. Erddruck + SLW 60/30

48.0+10.7+1.2+3.7 = 63.6 kN
< 66.1 kN

b. Erddruck + Staßenbahn

48.0+9.5+2.9 = 60.4 kN
< 66.1 kN

c. Erddruck + Baustellenlast

48.0+18.1 = 66.1 kN

Q I-I = = 66.1 kN

Bemessung I -I :

B35, BstIY, D=35cm, H=35-5=30 cm

Kh = $30/\sqrt{53.0/1.0}$ = 4.12
Ks = = 3.7

as = 3.7*53.0/30 = 6.5 cm²/m

$\tau o = 66.1*10^{-3}/0.85*0.3*1.0$ = 0.26mN/m²
< 0.6 mN/m²

noch POS. 1 Rampenwand, D = 35 cm

Mindestbewehrung

1) Zentrischer Zwang aus Hydratationswärme

B35, w cal = 0.25, c = 5 cm, D = 35 cm

nach G. MEYER

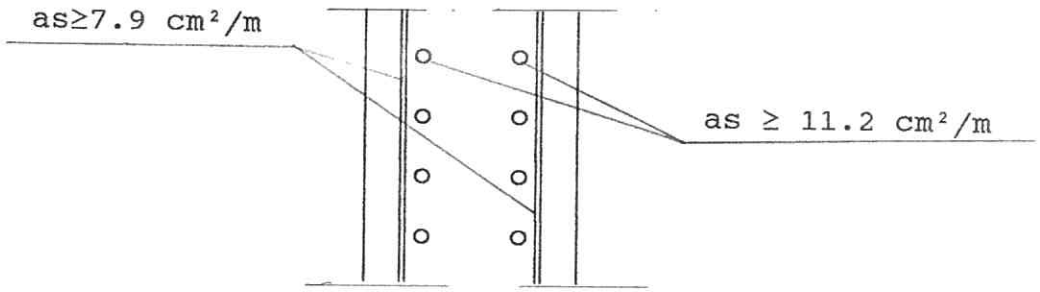
aus Tafel 1.1.1-55

ϕ12	erf.as	=	10.3 cm²/m
ϕ14	erf.as	=	11.2 cm²/m

2) Biegezwang (nach DIN 1045)

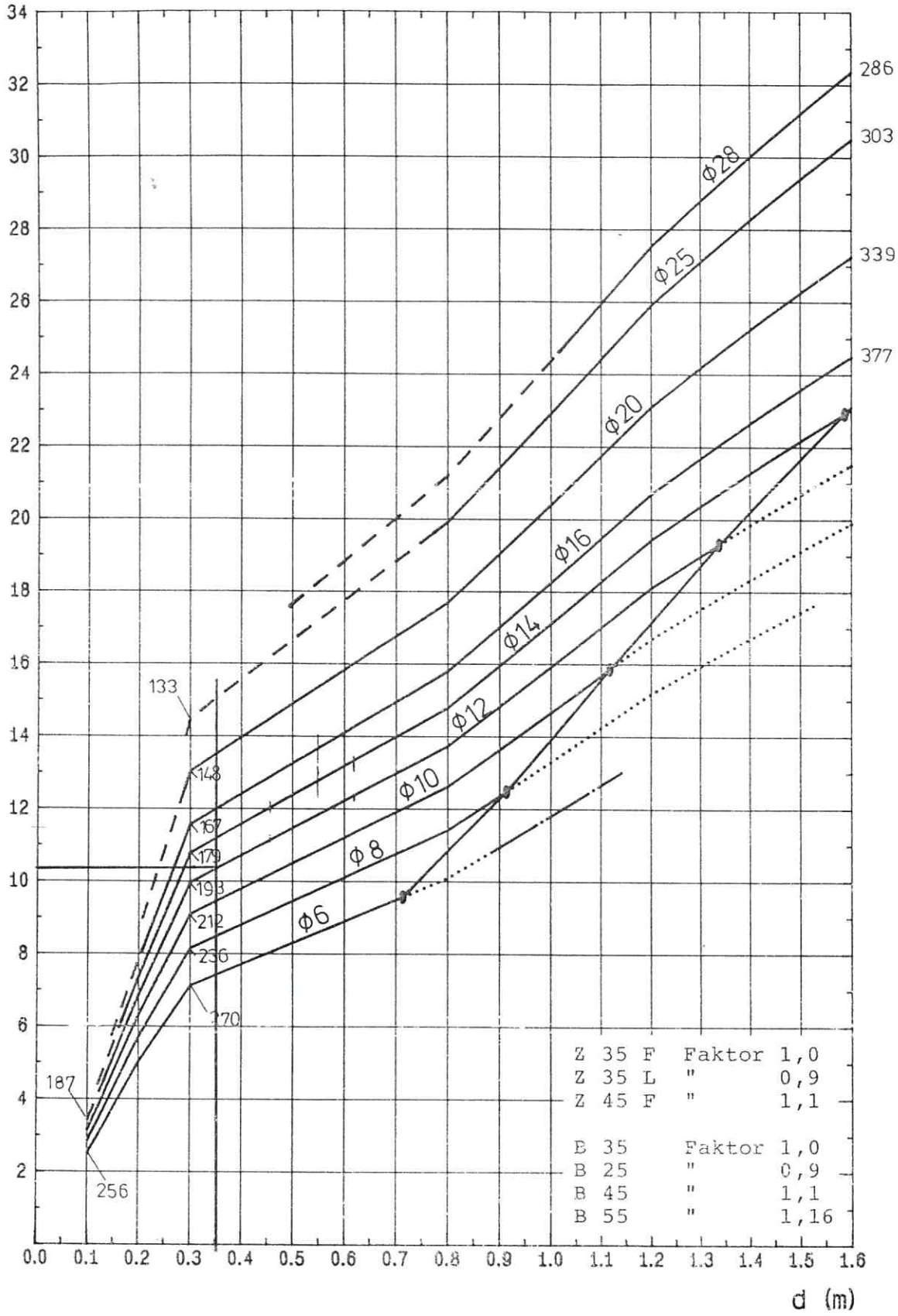
$\mu z = ko * \beta bz : \sigma s$

ko	=	0.4
$\beta bz = 0.25*35^{2/3}$	=	2.7 N/mm²
grenz. Ds	=	16 mm
σs = Tab.14 Zeile 3	=	240 N/mm²
μz = 0.4 *2.7*100:240	=	0.45%
as = 0.45 *35/2	=	7.9 cm²/m



GEPRÜFT

Asi = Asa (cm2/m)



Zentrischer Zwang aus Hydratationswärme

Heft 400 B 35 Wcal = 0.25 mm c = 5 cm

GEPRÜFT

LASTANNAHMEN

1. Aus Erddruck

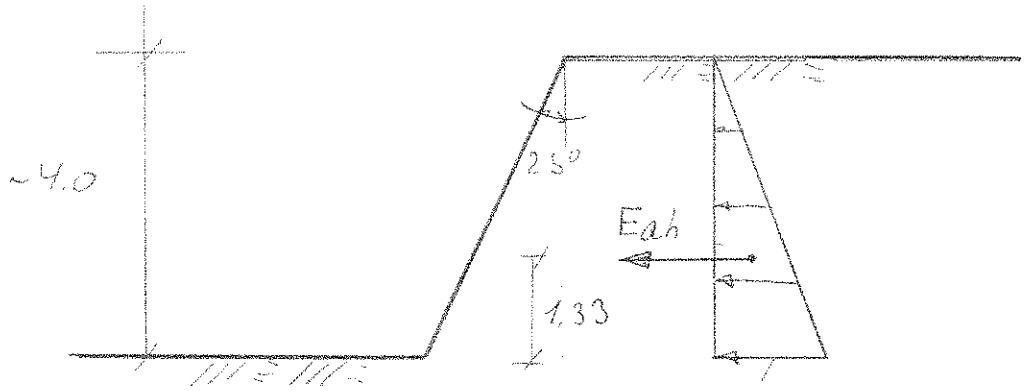
Φ = 27.5°
ϑ = 58.8°
δ = 0
Γ = 20.0 kN/m3

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(27.5^\circ + 25^\circ)}{\cos^2 25^\circ * \left[1 \pm \left|\frac{\sin(27.5^\circ \pm 0^\circ)*\sin(27.5^\circ \pm 0^\circ)}{\cos(25^\circ+0^\circ)*\cos(25^\circ+0^\circ)}\right|\right]^2} =$$

$$= \left[\frac{\cos(27.5^\circ + 25^\circ)}{\sin 27.5^\circ \pm \cos 25^\circ}\right]^2 = 0.2$$

e ah = 20.0 * 4.0 * 0.2 = 16.0 kN/m2

E ah = 0.5 * 16.0 * 4.0 = 32.0 kN



e ah = 16.0 kN/m²

LASTANNAHMEN

2. Aus SLW 60

nach DIN 1072

a) $\bar{p}$ 60 $= \dfrac{600 - 5.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 28.3$ kN/m2

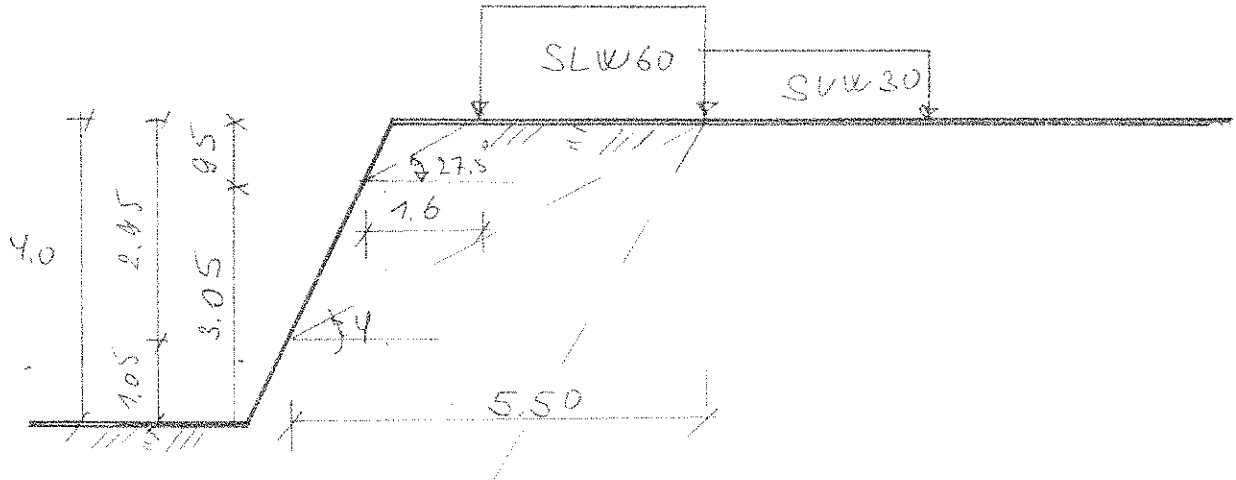
b) Restflächennutzlast p = 5.0 kN/m2

3. Aus SLW 30

nach DIN 1072

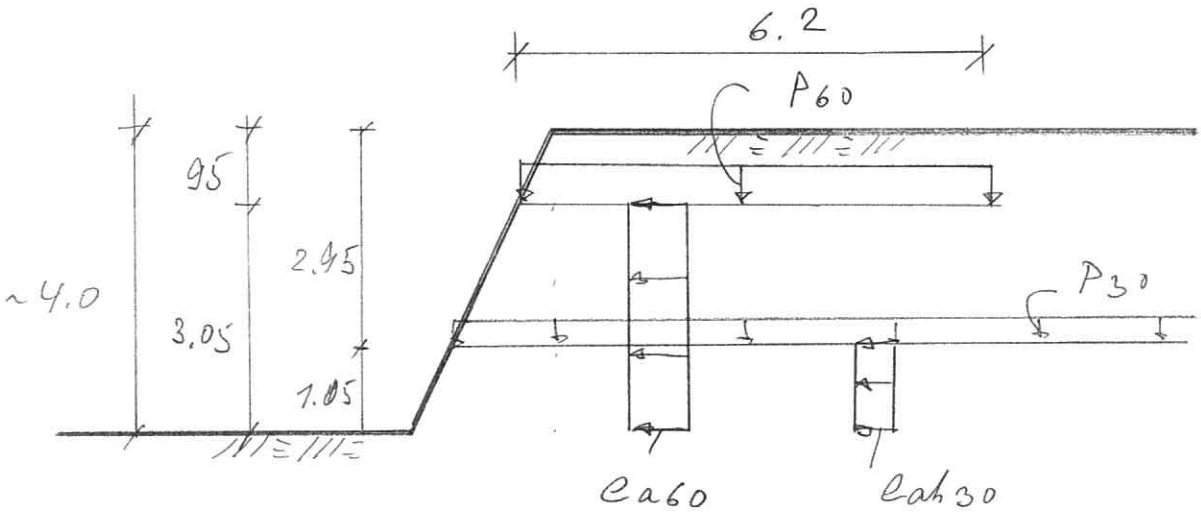
a) $\bar{p}$ 30 $= \dfrac{300 - 3.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 13.7$ kN/m2

b) Restflächennutzlast p = 3.0 kN/m2



58.5°

Lastbilder aus SLW



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 60 = \frac{28.3 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 13.7\ kN/m2$$

$$p\ 30 = \frac{13.7 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*5.5)} = 2.9\ kN/m2$$

e ah 60 = 13.7*0.2 = 2.7 kN/m2

e ah 30 = 2.9*0.2 = 0.6 kN/m2

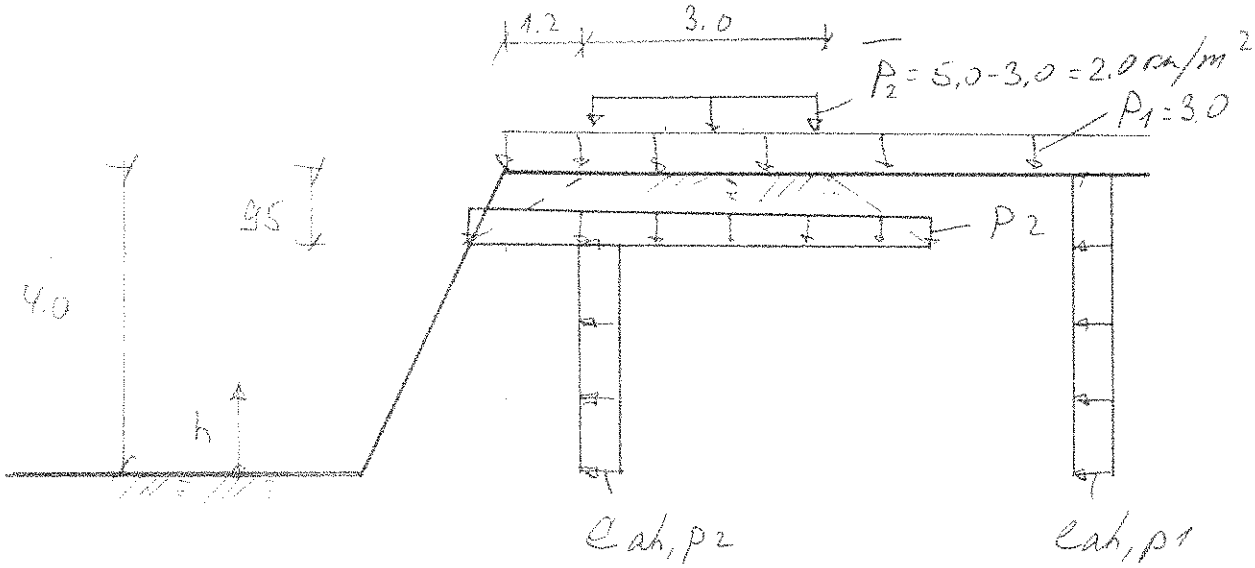
GEPRÜFT

LASTANNAHMEN

2+3. Aus SLW

E 60 = 2.7*(4.0-0.95)	=	8.2 kN
h 60 = 3.05/2	=	1.53 m
E 30 = 0.6*(4.0-2.9)	=	0.7 kN
h 30 = 1.10*2/3	=	0.73 m

Lastbilder aus SLW (Rustflächen)



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 2 = \frac{2.00 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 1.00\ kN/m2$$

e ah.p1 = 3.0*0.2 = 0.6 kN/m2

E p1 = 0.6*4.0 = 2.4 kN

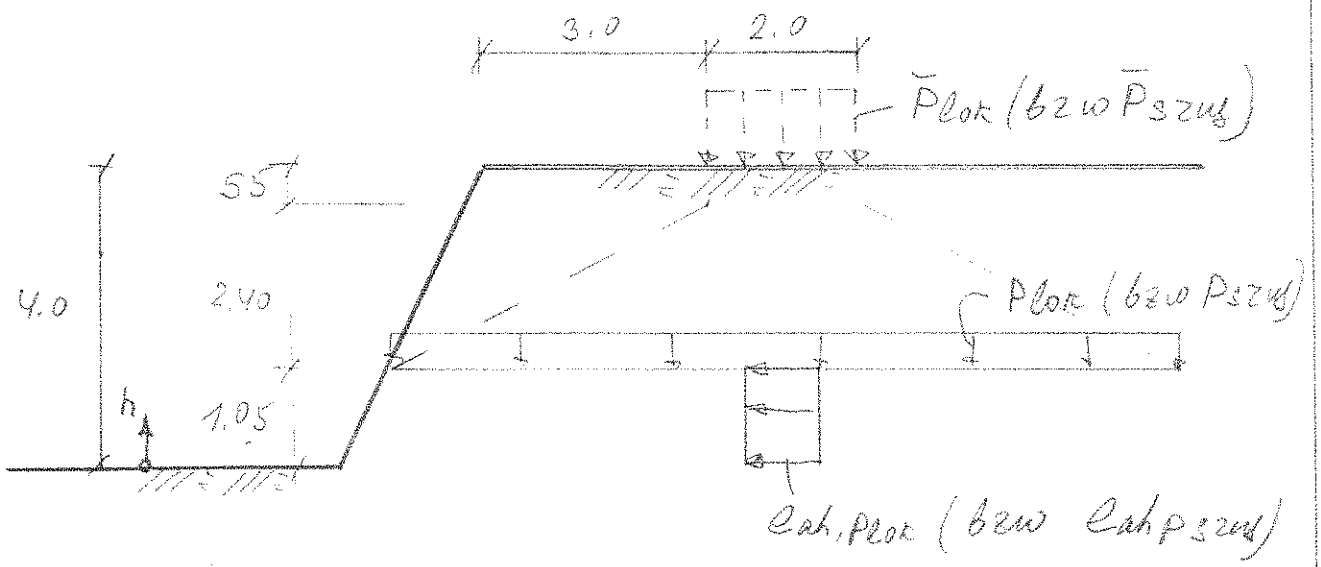
e ah.p2 = 1.0*0.2 = 0.2 kN/m2

E p2 = 0.2*(4.0-0.95) = 0.6 kN

h p1 = 4.0:2 = 2.00 m

h p2 = (4.0-0.95):2 = 1.53 m

Lastbilder aus Straßenbahn



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ lok = \frac{21.7 * 2.0 * 15.7}{15.7*(2.0+2*4.6)} = 3.90\ kN/m2$$

$$ps.zug = \frac{28.9 * 2.0 * 8.3}{8.3*(2.0+2*4.6)} = 5.20\ kN/m2$$

a) Lokomotive

e ah.p = 3.9*0.2 = 0.8 kN/m2

E lok = 0.8*(4.0-2.95) = 0.8 kN

h = 1.05/2 = 0.53 m

b) Sonderzug

e ah.p = 5.2*0.2 = 1.0 kN/m2

E lok = 1.0*1.05 = 1.1 kN

LASTANNAHMEN
= = = = = = = = = = = =

5. Aus Baustellenverkehr (nach EB 55-57)

p1 = 10.0 kN/m2

p2 = 10.0 kN/m2

e ah.p1 = 2*1.5*10.0*0.61:3.4 = 5.4 kN/m2

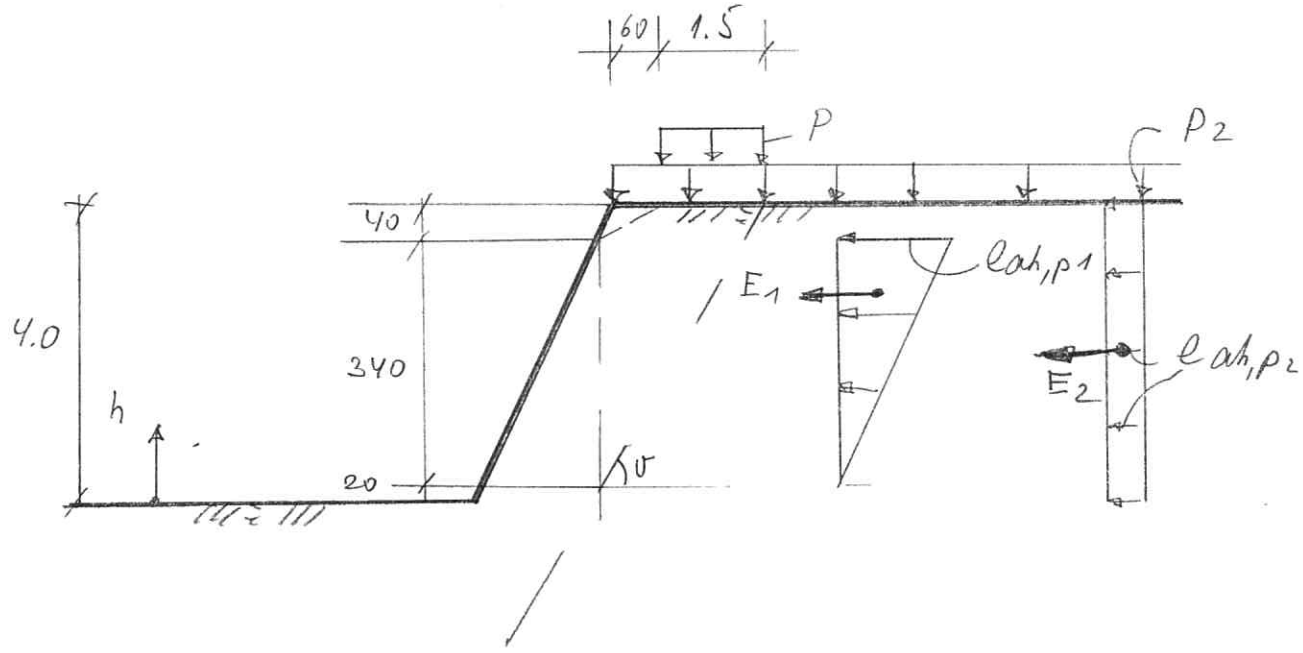
E1 = 5.4 * 3.4 :2 = 9.2 kN

h e1 = 4.0-0.4-3.4+3.4*2/3 = 2.5 m

e ah.p2 = 10.0 * 0.2 = 2.0 kN/m2

E2 = 2.0 * 4.0 = 8.0 kN

h e2 = 4.0/2 = 2.0 m



GEPRÜFT

POS. 2 Rampenwand, D = 35 cm

Belastung:

Aus Eigengewicht :

G1= 25.0*0.35*4.0/cos25° = 38.6 kN
G2= 25.0*0.5*(1.1+0.86):2 = 12.3 kN
G3= 25.0*0.5*0.7 = 8.8 kN

G = 59.7 kN

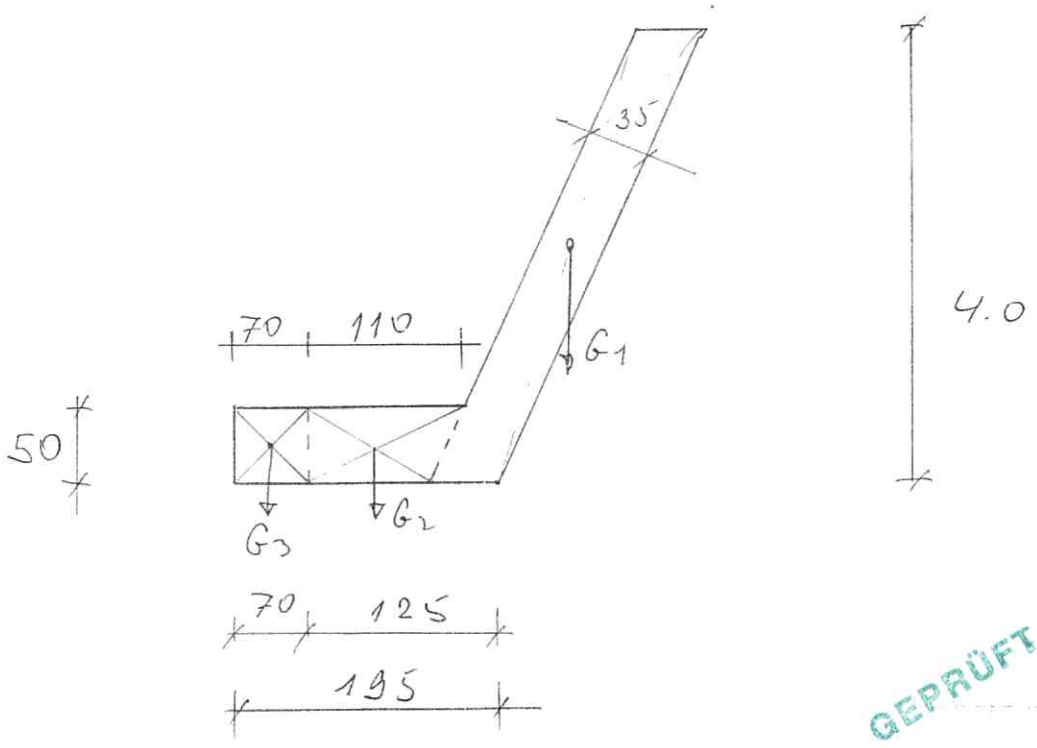
Mg1=38.6*{(4.0*tan25°:2+1.25-
-0.35:cos25°/2)+0.7} = 103.8 kN*m
Mg2=12.3*(0.5+0.7) = 14.8 kN*m
Mg3= 8.8*0.35 = 3.1 kN*m

Mg = 121.7 kN*m

Aus Erddruck + Verkehr :

siehe Lastenannahmen

System :



GEPRÜFT

noch POS. 2 Rampenwand, D = 35 cm

Kippmomenteermittlung:

1.	aus Erddruck :	32.0 * 1.33	=	42.6 kN*m
2.	aus SLW 60 :	8.2 * 1.53	=	12.5 kN*m
3.	aus SLW 30 :	0.7 * 0.73	=	0.5 kN*m
2+3.	aus Restfläche:	2.4 * 2.00	=	4.8 kN*m
		+ 0.6 * 1.53	=	0.9 kN*m
		Mrest	=	5.7 kN*m
4.	aus Straßenbahn:	1.1 * 0.53	=	0.6 kN*m
		+ 7.5 * 4.0	=	30.0 kN*m
		M zug	=	30.6 kN*m
5.	aus Baustelle:	9.2 * 2.5	=	23.0 kN*m
		+ 8.0 * 2.0	=	16.0 kN*m
		Mbau	=	39.0 kN*m

Lastenzusammenstellung:

1. Erddruck + SLW 60/30

42.6+12.5+0.5+5.7 = 61.3 kN*m
< 81.6 kN*m

2. Erddruck + Staßenbahn

42.6+30.6+4.8 = 78.0 kN*m
< 81.6 kN*m

3. Erddruck + Baustellenlast

42.6+39.0 = 81.6 kN*m

$\eta_K = \frac{121.7}{81.6} \approx 1.5$

Bemessung:

wie Pos 1

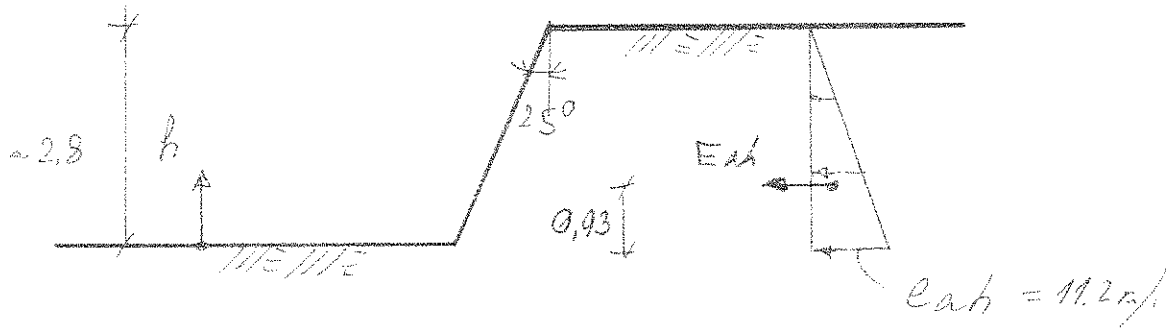
LASTANNAHMEN

1. Aus Erddruck

Φ	= 27.5°
ϑ	= 58.8°
δ	= 0
Γ	= 20.0 kN/m3

e ah = 20.0 * 2.8 * 0.2 = 11.2 kN/m2

E ah = 0.5 * 11.2 * 2.8 = 15.7 kN



LASTANNAHMEN

2. Aus SLW 60

nach DIN 1072

a) $\bar{p}$ 60 $= \dfrac{600 - 5.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 28.3$ kN/m2

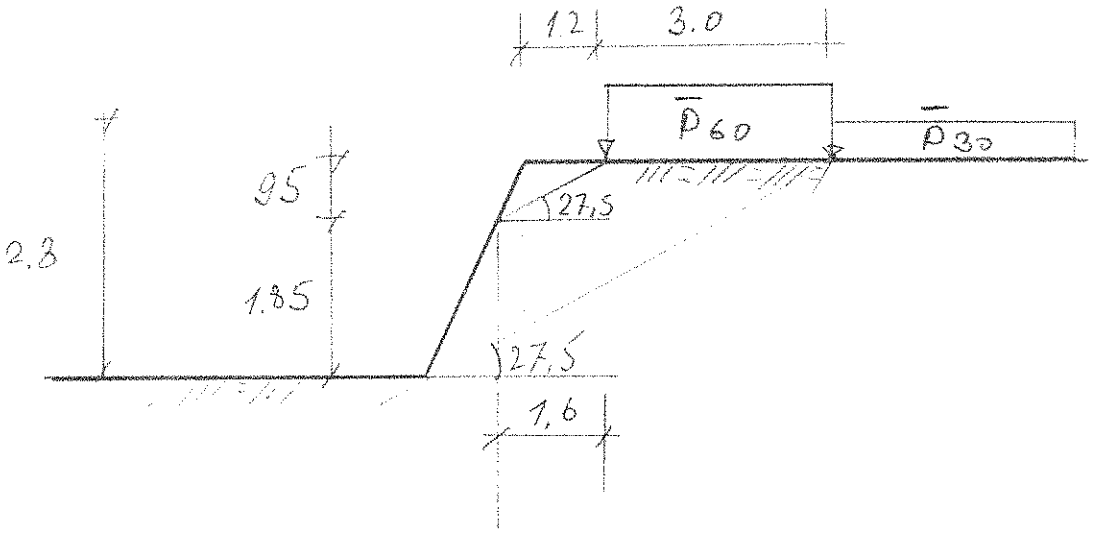
b) Restflächennutzlast p = 5.0 kN/m2

3. Aus SLW 30

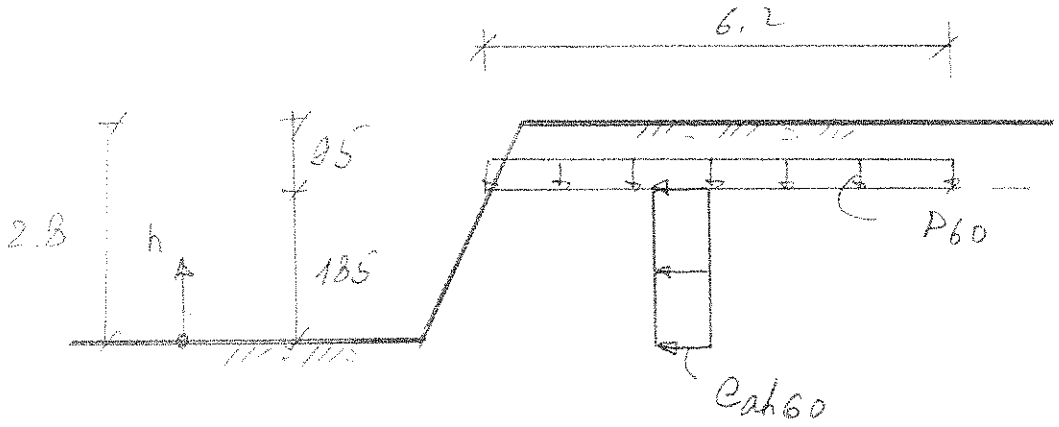
nach DIN 1072

a) $\bar{p}$ 30 $= \dfrac{300 - 3.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 13.7$ kN/m2

b) Restflächennutzlast p = 3.0 kN/m2



Lastbild aus SLW60



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

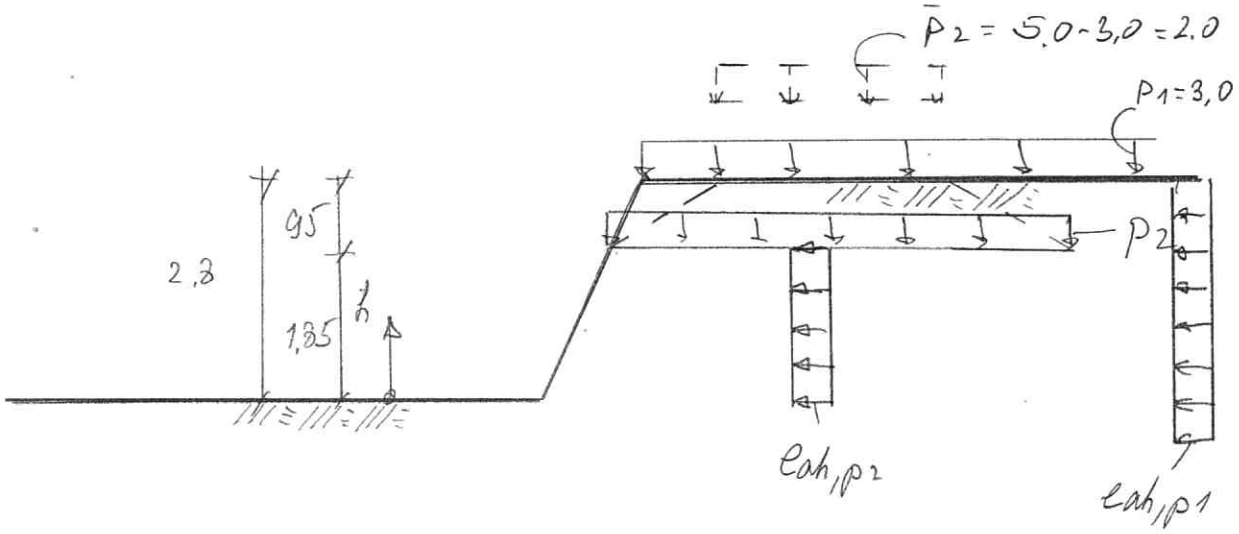
$$p\ 60 = \frac{28.3 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 13.7\ kN/m2$$

e ah 60 = 13.7*0.2 = 2.7 kN/m2

E 60 = 2.7*(2.8-0.95) = 5.0 kN

h 60 = 1.85/2 = 0.93 m

Lastbilder aus SLW (Restflächen)



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\,2 = \frac{2.00 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 1.00 \text{ kN/m2}$$

e ah.p1 = 3.0*0.2 = 0.6 kN/m2

E p1 = 0.6*2.8 = 1.7 kN

e ah.p2 = 1.0*0.2 = 0.2 kN/m2

E p2 = 0.2*(2.8-0.95) = 0.4 kN

h p1 = 2.8:2 = 1.40 m

h p2 = (2.8-0.95):2 = 0.93 m

GEPRÜFT

LASTANNAHMEN

5. Aus Baustellenverkehr (nach EB 55-57)

p1 = 10.0 kN/m2

p2 = 10.0 kN/m2

e ah.p1 = 2*1.5*10.0*0.61:3.4 = 5.4 kN/m2

e ah.p2 = 5.4:3.4*1.0 = 1.6 kN/m2

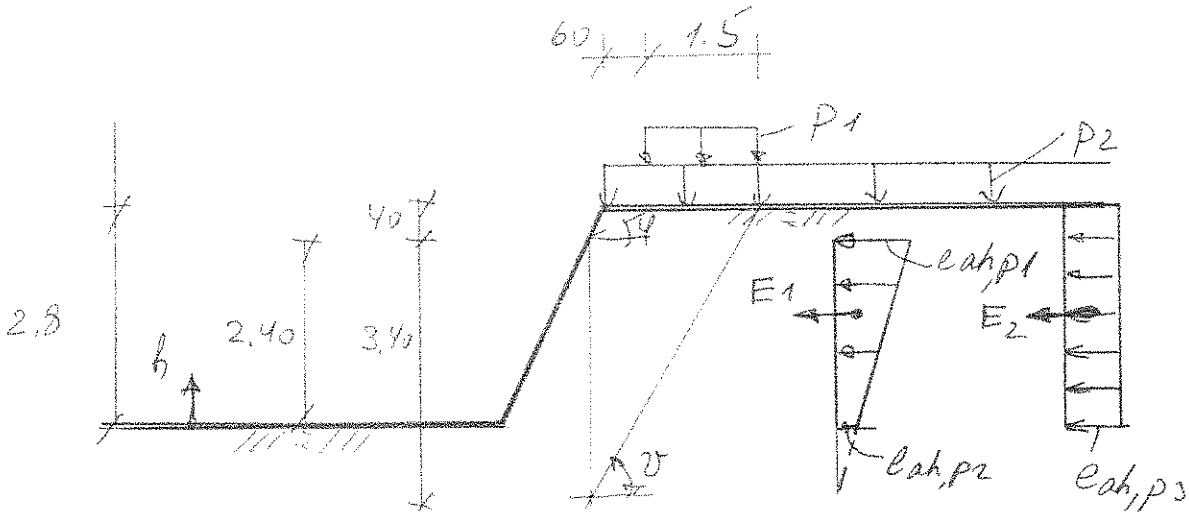
E1 = (5.4+1.6)*2.4:2 = 8.4 kN

h e1 = 2.4/3*(1.6/2+5.4):(1.6/2+5.4/2) = 1.4 m

e ah.p3 = 10.0 * 0.2 = 2.0 kN/m2

E2 = 2.0 * 2.8 = 5.6 kN

h e2 = 2.8/2 = 1.4 m



POS. 3 Rampenwand, D = 35 cm

Belastung:

Aus Eigengewicht :

G1= 25.0*0.35*2.8/cos25° = 27.0 kN
G2= 25.0*0.5*(1.1+0.86):2 = 12.3 kN
G3= 25.0*0.5*0.25 = 3.1 kN

G = 42.4 kN

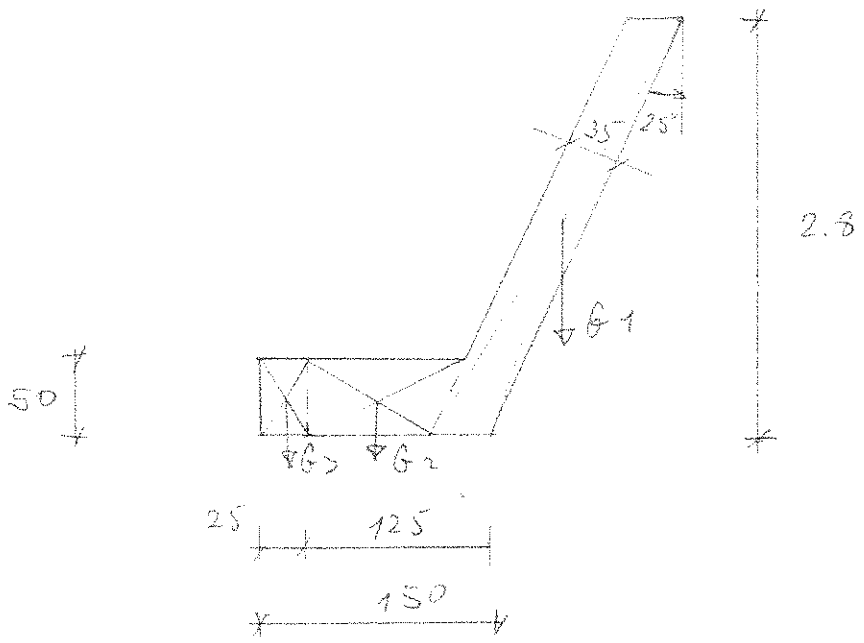
Mg1=27.0*((2.8*tan25°:2+1.25-
-0.35:cos25°/2)+0.25) = 52.9 kN*m
Mg2=12.3*(0.5+0.25) = 9.2 kN*m
Mg3= 3.1*0.125 = 0.4 kN*m

Mg = 62.5 kN*m

Aus Erddruck + Verkehr :

siehe Lastenannahmen

System :



noch POS. 3 Rampenwand, D = 35 cm

Kippmomenteermittlung:

1.	aus Erddruck :	15.7 * 0.93	=	14.6 kN*m
2.	aus SLW 60 :	5.0 * 0.93	=	4.7 kN*m
	aus Restfläche:	1.7 * 1.40	=	2.4 kN*m
		+ 0.4 * 0.93	=	0.4 kN*m
		Mrest	=	2.8 kN*m
4.	aus Straßenbahn:	7.5 * 2.8	=	21.0 kN*m
5.	aus Baustelle:	8.4 * 1.4	=	11.8 kN*m
		+ 5.6 * 1.4	=	7.8 kN*m
		Mbau	=	19.6 kN*m

Lastenzusammenstellung:

1. Erddruck + SLW 60/30

14.6+4.7+2.8	=	22.1 kN*m
	<	38.0 kN*m

2. Erddruck + Staßenbahn

14.6+21.0+2.4	=	38.0 kN*m

3. Erddruck + Baustellenlast

14.6+19.6	=	34.2 kN*m
	<	38.0 kN*m

$\eta_{Kip} = \frac{62,5}{38.0} = 1.64 > 1.5$

Bemessung:

wie Pos 1

GEPRÜFT

POS. 4 Rampenfuß, B/D = 50/255 cm

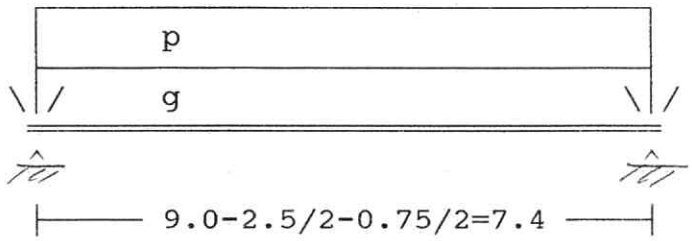
Belastung:

Aus POS. 1 :

Erddruck + Baustellenlast

g	=	48.0 kN/m
p	≈	20.0 kN/m
q	=	68.0 kN/m

System :



Schnittgrössen

M = 68.0 * 7.4² : 8 = 465.5 kN*m

Q = 68.0 * 7.4 : 2 = 251.6 kN

GEPRÜFT

noch
POS. 4 Rampenfuß, B/D = 50/255 cm

Bemessung :

B35, BstIY, B=50cm, H=255-10=245 cm

Kh = $245/\sqrt{465.5/0.5}$ = 8.0
Ks = = 3.6

As = 3.6*465.5/245 = 6.8 cm²/m

$\tau o = 251.6*10^{-3}/0.85*0.5*2.45$ = 0.24mN/m²
< 0.6 mN/m²

asτ = 14.0*0.24*0.5 = 1.7 cm²/m

GEPRÜFT

noch
POS. 4 Rampenfuß, B/D = 50/255 cm

Mindestbewehrung

1) Zentrischer Zwang aus Hydratationswärme

B35, w cal = 0.25, c = 5 cm, D = 50 cm

nach G. MEYER

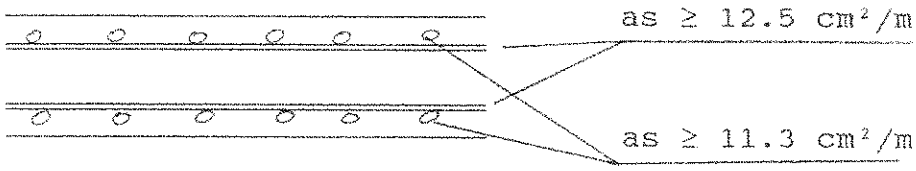
aus Tafel 1.1.1-55

ϕ14 erf.as = 12.5 cm²/m

2) Biegezwang (nach DIN 1045)

$\mu z = ko * \beta bz : \sigma s$

ko	=	0.4
$\beta bz = 0.25*35^2$	=	2.7 N/mm²
grenz. Ds	=	16 mm
σs = Tab.14 Zeile 3	=	240 N/mm²
$\mu z = 0.4 *2.7*100:240$	=	0.45%
as = 0.45 *50/2	=	11.3 cm²/m



POS. 5 Rampenfuß, B/D = 50/195 cm

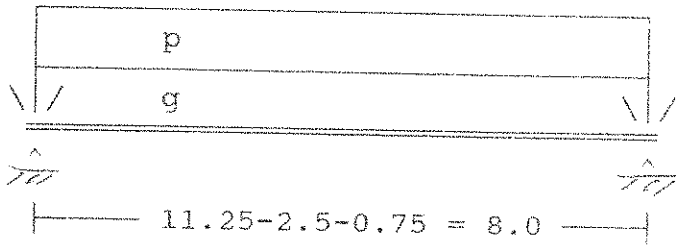
Belastung:

Aus POS. 2 :

Erddruck + Baustellenlast

g		= 32.0 kN/m
p = 9.2+8.0		≈ 18.0 kN/m
q		= 50.0 kN/m

System :



Schnittgrössen

M = 50.0 * 8.0² : 8 = 400.0 kN*m

Q = 50.0 * 8.0 : 2 = 200.0 kN

noch
POS. 5 Rampenfuß, B/D = 50/195 cm

Bemessung :

B35, BstIY, B=50cm, H=195-10=185 cm

Kh = 185/√400.0/0.5 = 6.5
Ks = = 3.7

As = 3.7*400.0/185 = 8.0 cm²/m

$\tau o = 200.0*10^{-3}/0.85*0.5*1.85$ = 0.25mN/m²
< 0.6 mN/m²

$as\tau$ = 14.0*0.25*0.5 = 1.8 cm²/m

Mindestbewehrung

siehe POS.4

GEPRÜFT,

POS. 6 Rampenfuß, B/D = 50/150 cm

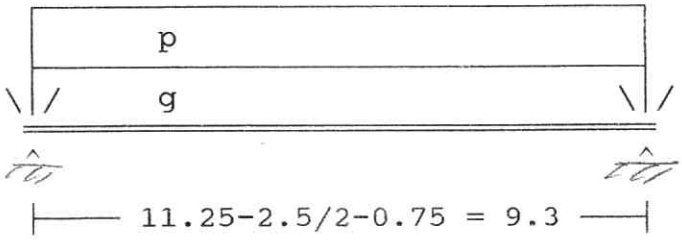
Belastung:

Aus POS. 3 :

Erddruck + Baustellenlast

g		= 15.7 kN/m
p = 8.4+5.6		≈ 14.3 kN/m
q		= 30.0 kN/m

System :



Schnittgrössen

M = 30.0 * 9.3² : 8 = 324.3 kN*m

Q = 30.0 * 9.3 : 2 = 139.5 kN

GEPRÜFT

noch
POS. 6 Rampenfuß, B/D = 50/150 cm

Bemessung :

B35, BstIY, B=50cm, H=150-10=140 cm

Kh = 140/√324.3/0.5 = 5.5
Ks = = 3.7

As = 3.7*324.3/140 = 8.6 cm²/m

τ_o = 139.5*10^{-3}/0.85*0.5*1.40 = 0.23mN/m²
< 0.6 mN/m²

a_{sr} = 14.0*0.23*0.5 = 1.6 cm²/m

Mindestbewehrung

siehe POS.4

POS. 7 Druckbalken B/D = 50/75 cm

Belastung:

1. Aus POS. 4 :

G4 = 48.0 *	(9.0-7.4/2)	= 254.4 kN
P4 = 20.0 *	(9.0-7.4/2)	= 106.0 kN
	Q4	= 360.4 kN

Aus POS. 5 :

G5 = 32.0 *	11.25/2	= 180.0 kN
P5 = 18.0 *	11.25/2	= 101.3 kN
	Q5	= 281.3 kN
		< 360.4 kN

Aus POS. 6 :

G6 = 15.7 *	(11.25-9.3/2)	= 103.6 kN
P6 = 14.3 *	(11.25-9.3/2)	= 94.4 kN
	Q6	= 198.0 kN
		< 360.4 kN

2. Aus Verkehrslast :

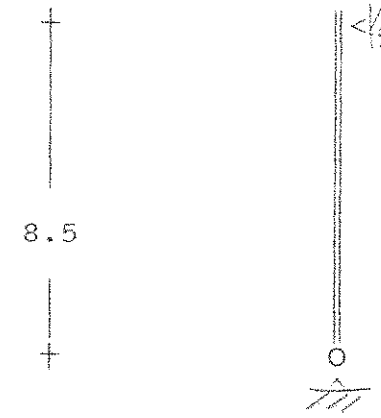
SLW 30 eine einzelne Achslast :

P30= 130/2 = 65.0 kN

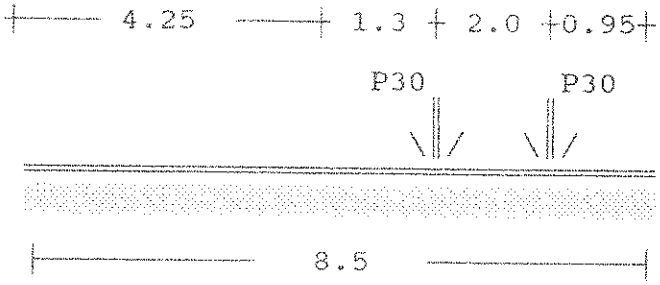
noch
POS. 7 Druckbalken B/D = 50/75 cm

System :

1. \‖/ Q = 360.0 kN, e = (0.75-0.4):2 = 0.175 m



2.



Bettungsziffer :

Cn ≙ 5.0*0.75 = 3.75 mN/m3

Schnittgrössen + Bemessung

sihe Elektronik

INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL Diplomingenieure für Tragwerksplanu
44787 BOCHUM - Westring 25 - Tel 0234-60517 Fax 0234-60518

RIB - Programm B E S T 2.0f Stahlbetonstütze Bl. 1 S.

Druckbalken POS. 7

Datei: r-7.bes
Protokoll der Eingabe Berechnung nach DIN 1045
==========

Für den Nachweis nach Theorie 2. Ordnung gelten folgende Bedingungen :

* Berechnung der Schnittkräfte nach Th.2.O. unter der 1.75-fachen Last. Bemessung für die 1.00-fachen Schnittkräfte nach Th.2.O.
* Die Krümmungen werden unter der Annahme berechnet, daß sich der Stahl unbegrenzt elastisch verhält (vgl. DAfStb, Heft 220, 4.3.2.2).
* Bei Bewehrungsgehalt bis 2% wird die wirksame Biegesteifigkeit bei Ermittlung von erf.As höchstens zu Eb * I.brutto * (.2 + 15 As/Ab) angenommen. Bei der Berechnung der endgültigen Verformungen werden jedoch die aus dem Dehnungszustand (-> WAHL 24) ermittelten wirksamen Querschnittswerte (-> WAHL 20) ohne vorstehende Begrenzung verwendet. Damit wird dem gefährlichen Risiko des starken Abfalls der Biegesteifigkeit schwach bewehrter Querschnitte bei Zustand 1 --> 2 begegnet.

Material	F e s t i g k e i t	E-Modul(Gebr.Zust.)	Eigenlast
Beton B35	Beta.R= 23.0 MN/m2	Eb = 34000. MN/m2	.0 kN/m3
Betonstahl	Beta.s= 500.0 MN/m2	Es = 210000. MN/m2	78.5 kN/m3

Materialkennlinien für folgende Nachweise
---

1 wirksame Biegesteifigkeit ef.EI
2 Bruchsicherheit bzw. Bemessung
7 Gebrauchslast nach Zustand 2 (Beton mit Eb nur druckfest)

Verwendete zulässige Dehnungen für Bruchsicherheit bzw. Bemessung:
Beton auf der Druckseite -3.5 (o/oo), mittiger Druck -2.0 (o/oo)
Stahl auf der Zugseite 5.0 (o/oo)

Die Kennlinien sollen mindestens 1 o/oo über die zulässigen Dehnungen hinaus definiert sein, bei Vorspannung unter Beachtung der Vordehnung. Jede Kennlinie muß den Punkt sigma=0 enthalten. Die Angabe 'quadr' bezeichnet die Mitte eines Abschnitts mit quadratischem Verlauf.

Material 1 Beton	für Nachweis	1	2
Dehnung (o/oo)	-5.00	-2.00 quadr	.0
Sigma (N/mm2)	-23.0	-23.0 -17.3	.0

Material 1 Beton	für Nachweis	7
Dehnung (o/oo)	-10.00	.0
Sigma (N/mm2)	-340.0	.0

Material 2 Betonstahl	für Nachweis	1	7
Dehnung (o/oo)	-10.00	.0	10.00
Sigma (N/mm2)	-2100.0	.0	2100.0

GEPRÜFT

Druckbalken POS. 7

Stablängen	Stab i	Länge (m)	Anfang Stab i Höhe(m)
	1 bis 2	4.25	8.50

Querschnitte (Typ R = Rechteck)

bis Stab	Typ	Abmessungen d1(m)	d2(m)	h'(m)	Bewehrung min%	max%	Form	Aussparung a1(m)	a2(m)
2	R	.750	.500	.050	.40	6.00	Umfang		

Abstufung der Bewehrung

Stufe	bis Stab	Bewehrung mindestens	Abschnitt-Länge(m)	Abschnittanfang Höhe(m)
1	2	.40 %	8.50	8.50

Auflagerbedingungen (gültig bis Neudefinition)

Knot	Bedingung in Richtung x	y	Phi.x	Phi.y
1	starr	starr		
3	starr	starr		

Vorverformung (gültig bis Neudefinition)

Verlauf = affin zur Knickfigur
Bezugsknoten = Knoten 2
Betrag = .020 m
Richtung = vom Programm bestimmt

Eigenlast = 0. (nicht automatisch erfaßt)

Lastfall 1 = Bemessungsfall

Q
Knotenkräfte (aus Sätzen PKNO und PEXZ, Momente aus PEXZ enthalten)

Knoten	Px(kN)	Py(kN)	Pz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	ex(m)	ey(m)
1	.0	.0	360.0	3.6	-63.0	.175	.010

E r g e b n i s

Bruttoquerschnittswerte

Höhe bis(m)	A(m2)	Ix (m4)	Iy (m4)	Bx(MNm2)	By(MNm2)	Alfa
8.50 .00	.3750	.007813	.017578	265.6	597.7	

GEPRÜFT

INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL Diplomingenieure für Tragwerksplanung
44787 BOCHUM - Westring 25 - Tel 0234-60517 Fax 0234-60518

Druckbalken POS. 7

Lastfall 1 Theorie 1.O. mit 1.00-facher Last (mit Regelbemessung)

Q

Schnittkräfte

Stab	Höhe	N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Qx(kN)	Qy(kN)
1	8.50	-360.0	-3.6	63.0	7.4	.4
1	4.25	-360.0	-1.8	31.5	7.4	.4
2	.00	-360.0	.0	.0	7.4	.4

		Verschiebung		Verdrehung(o/oo)	
Knot	Höhe	x(mm)	y(mm)	Phi.x	Phi.y
1	8.50	.0	.0	.0	-.3
2	4.25	-.5	-.1	.0	.0
3	.00	.0	.0	.0	.1

Bemessung		Bruchschnittkräfte			Dehnungen (o/oo)			Beta	Ausnu	As/Ab
Stab	Höhe	N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Eps1	Eps2	Epss	Grad	tzung	(%)
1	8.50	-5486.	-55.	960.	-3.50	1.51	1.16	99.5	.129	.80*
1	4.25	-7518.	-38.	658.	-3.50	.29	.02	97.1	.100	.80*
2	.00	-9885.	0.	0.	-2.00	-2.00	-2.00	.0	.076	.80*

Lastfall 1 Knicksicherheitsnachweis (Th.2.O. mit 1.75-facher Last)

Materialkennlinien für Nachweis 1 2

Q

		Wirksame Querschnittswerte				Kappa (o/oo pro m) =
Stab	Höhe	Bx(MN.m2)	By(MN.m2)	Kappa.x	Kappa.y	(plastische Krümmung)
1	8.50	164.7	369.2	-.004	.000	
1	4.25	182.6	409.3	.000	.000	
2	.00	182.6	409.3	.000	.000	

Schnittkräfte

Stab	Höhe	N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Qx(kN)	Qy(kN)	M2/M1
1	8.50	-630.0	-6.3	110.3	13.0	.7	1.00
1	4.25	-630.0	-5.9	68.4	13.0	.7	1.24
2	.00	-630.0	.0	.0	13.0	.7	.00

Druckbalken POS. 7

Knot	Höhe	Verschiebung(mm) x.vor	y.vor	x.ges	y.ges	Verdrehung(o/oo) Phix.v	Phiy.v	Phix.g	Phiy.g
1	8.50	.0	.0	.0	.0	1.5	-7.4	1.7	-8.3
2	4.25	-19.6	-4.0	-21.1	-4.3	.0	.1	.0	.2
3	.00	.0	.0	.0	.0	-1.5	7.1	-1.6	7.6

Bemessung Stab	Höhe	Bruchschnittkräfte N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Dehnungen (o/oo) Eps1	Eps2	Epss	Beta Grad	Ausnutzung	As/Ab (%)
1	8.50	-4985.	-50.	872.	-3.50	1.70	1.34	99.9	.126	.40
1	4.25	-6436.	-60.	699.	-3.50	.70	.40	102.3	.098	.40
2	.00	-9255.	0.	0.	-2.00	-2.00	-2.00	.0	.068	.40

Dehn.zust. Stab	Höhe	innere Schnittkräfte N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Dehnungen (o/oo) Eps1	Eps2	Epss	Beta Grad	As/Ab (%)
1	8.50	-630.	-6.	110.	-.19	.05	.04	98.1	.40
1	4.25	-630.	-6.	68.	-.14	.00	-.01	100.9	.40
2	.00	-630.	0.	0.	-.07	-.07	-.07	.0	.40

Dehnungsnachweis unter Gebrauchslast

Materialkennlinien für Nachweis 7

Stab	Höhe	innere Schnittkräfte N(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Dehnungen Eps1	Eps2	Beta Grad	Sig.s MN/m2	A.zug/ A.brut	Mue.z (%)
Lastfall 1										
1	8.50	-360.	-4.	63.	-.07	.02	98.1	3	.193	.582
1	4.25	-360.	-2.	31.	-.05	-.01	97.3	-1	.000	.000
2	.00	-360.	0.	0.	-.03	-.03	.0	-5	.000	.000

1-fache Fundamentlasten in (kN) bzw. (kNm)

Lf	Pz	Mx(I)	My(I)	Hx	Hy	Mx(II-I)	My(II-I)
1	360.0	.0	.0	-7.4	-.4	.0	.0

erforderliche Bewehrung

Es darf keine kleinere Bewehrung angeordnet werden,
als für die Berechnung der Stabauslenkungen vorausgesetzt wurde.

Höhe bis(m)	Typ	Form	h'(m)	As(cm2)	As/A.brutto
8.50 .00	R	Umfang	.050	15.0	.40 %

gesamte Längsbewehrung = 100. kg (ohne Verankerungslängen etc.)

E N D E

Lasteinleitung

$$\sigma_B = \frac{360.0 \cdot 10^{-3}}{0.5 \cdot 0.35} = 2.1 \text{ MN/m}^2 < 10.9 \text{ MN/m}^2$$

INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL Diplomingenieure für Tragwerksplanung
44787 BOCHUM - Westring 25 - Tel 0234-60517 Fax 0234-60518

Rampe Druckbalken POS. 7

P R O T O K O L L D E R E I N G A B E

Querschnitte

QNr	Typ	b+Dur. (m)	d (m)	b0 (m)	d0 (m)	I (m4)	F (m2)
1	RECH	.75	.50			.007813	.375

Materialkennwerte und Betondeckung

Beta-r (MN/m2)	Beta-s(Bieg) (MN/m2)	Beta-s(bueg) (MN/m2)	h'-oben (cm)	h'-unten (cm)	E-Modul (MN/m2)
23.0	500.0	500.0	5.00	6.00	34000.0

Lagerung	Belastung	Dimension
1 gelenkig	qq	Streckenlast (kN/m)
2 frei	Q	Einzelkraft (kN)
3 volleingespannt	Mq	Einzelmoment (kNm)
4 Verschieb. frei		
D Drehfeder		
E elast.Lager		

System und Anzahl der Lastfälle 1

L (m)	Lag	QNr	D (MNm)	E (MN/m)	Bettung (MN/m2)
*	2				
4.25		1			3.75
*	2				
4.25		1			3.75
*	2				

GEPRÜFT

INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL Diplomingenieure für Tragwerksplanung
44787 BOCHUM - Westring 25 - Tel 0234-60517 Fax 0234-60518

Rampe Druckbalken POS. 7

E R G E B N I S S E

Lastfall 1

Belastungsverlauf

X (m)	qq (kN/m)	Q (kN)	Mq (kNm)
*			
.00	9.4		
4.25	9.4		
*			
.00	9.4		
1.30	9.4	67.5	
3.30	9.4	67.5	
4.25	9.4		
*			

Schnittgrößen und Verformungen

Feld	X (m)	M1 (kNm)	Q2 (kN)	Vz (mm)	Dy (*1000)	As-o (cm2)	As-u (cm2)	Tau-0 (MN/m2)	As-Bu (cm2/m)	Bp (MN/m)
1	.00	.0	.0	.02	-1.51	.0	.0	.0	.0	.000
1	4.25	-11.0	12.5	6.68	-1.67	.9	.0	.0	1.0	.025
2	.00	-11.0	12.5	6.68	-1.67	.9	.0	.0	1.0	.025
2	1.30	20.8	38.2	8.87	-1.66	.0	1.7	.1	3.1	.033
2	1.30	20.8	-29.3	8.87	-1.66	.0	1.7	.1	2.4	.033
2	3.30	17.9	30.6	12.11	-1.59	.0	1.5	.1	2.5	.045
2	3.30	17.9	-36.9	12.11	-1.59	.0	1.5	.1	3.0	.045
2	4.25	.0	.0	13.61	-1.57	.0	.0	.0	.0	.051

ENDE

GEPRÜFT

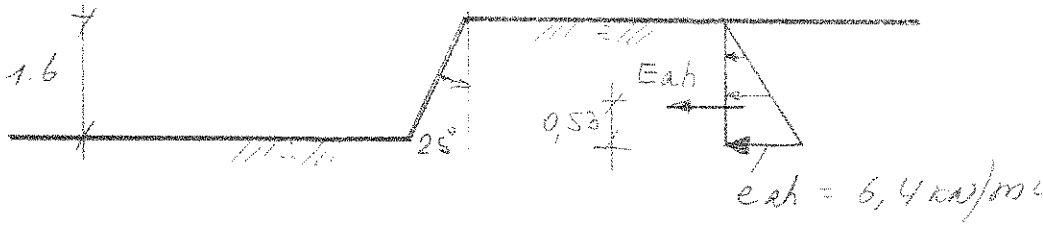
LASTANNAHMEN

1. Aus Erddruck

Φ	= 27.5°
ϑ	= 58.8°
δ	= 0
Γ	= 20.0 kN/m3

e ah = 20.0 * 1.6 * 0.2 = 6.4 kN/m2

E ah = 0.5 * 6.40 * 1.6 = 5.1 kN



LASTANNAHMEN

2. Aus SLW 60

nach DIN 1072

a) $\bar{p}_{60} = \dfrac{600 - 5.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 28.3$ kN/m2

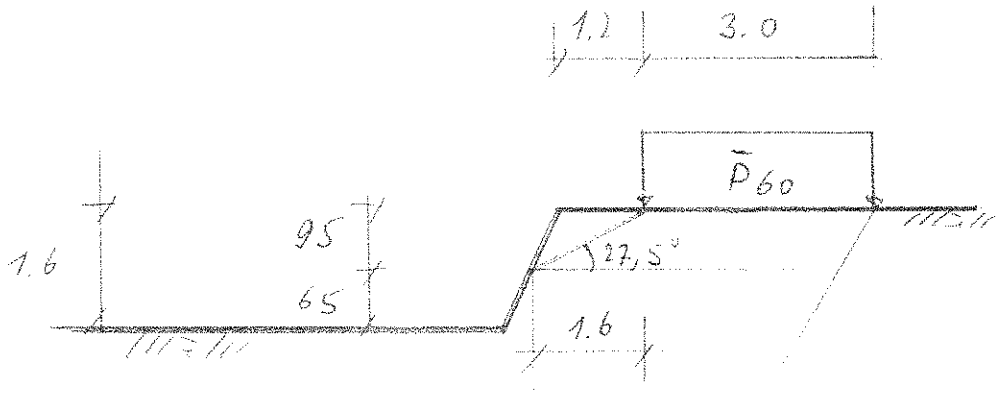
b) Restflächennutzlast p = 5.0 kN/m2

3. Aus SLW 30

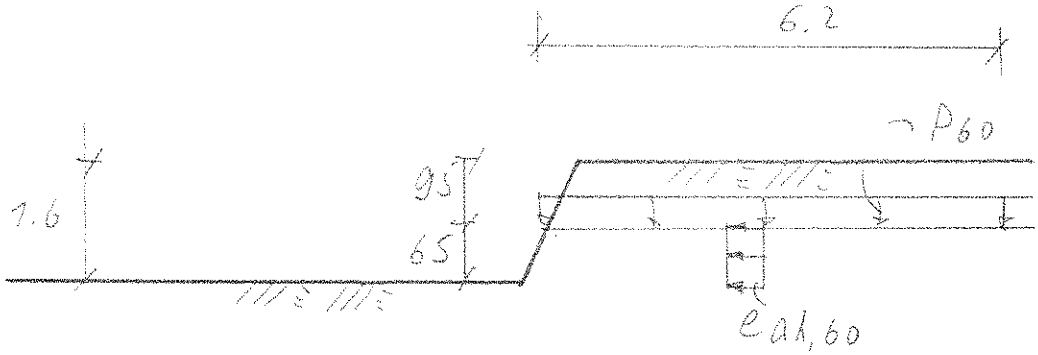
nach DIN 1072

a) $\bar{p}_{30} = \dfrac{300 - 3.0 * 3.0 * 6.0}{3.0 * 6.0} = 13.7$ kN/m2

b) Restflächennutzlast p = 3.0 kN/m2



Lastbild aus SLW60



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 60 = \frac{28.3 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 13.7\ kN/m2$$

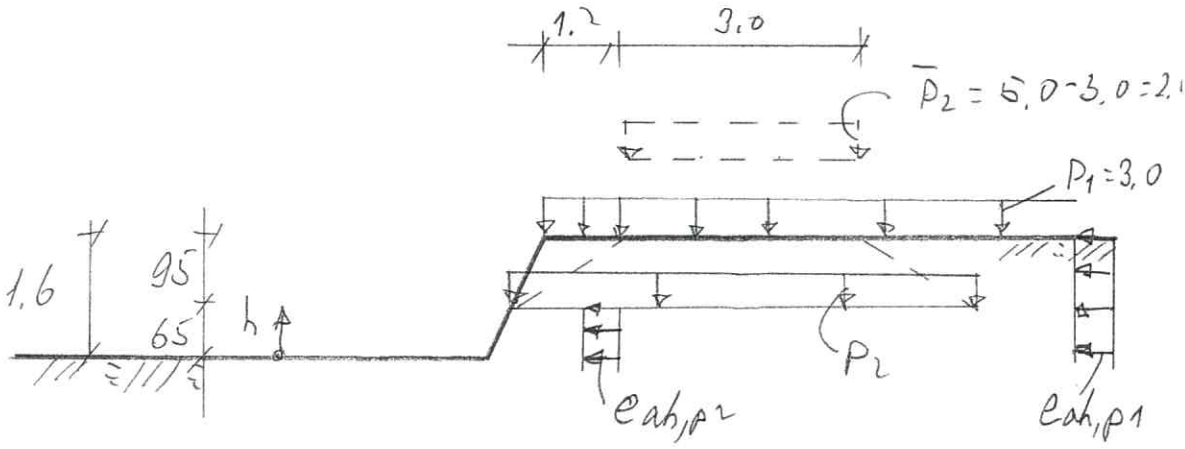
e ah 60 = 13.7*0.2 = 2.7 kN/m2

E 60 = 2.7*(1.6-0.95) = 1.8 kN

h 60 = 0.65/2 = 0.33 m

INGENIEURGEMEINSCHAFT RÜPPEL

Lastbilder aus SLW (Restfläche)



Es wird eine Lastverteilung quer zur Fahrtrichtung vorgenommen.

$$p\ 2 = \frac{2.00 * 3.0 * 6.0}{6.0*(3.0+2*1.6)} = 1.00\ kN/m2$$

e ah.p1 = 3.0*0.2 = 0.6 kN/m2

E p1 = 0.6*1.6 = 1.0 kN

e ah.p2 = 1.0*0.2 = 0.2 kN/m2

E p2 = 0.2*(1.6-0.95) = 0.1 kN

h p1 = 1.6:2 = 0.80 m

h p2 = (1.6-0.95):2 = 0.33 m

GEPRÜFT

LASTANNAHMEN

5. Aus Baustellenverkehr (nach EB 55-57)

p1 = 10.0 kN/m2

p2 = 10.0 kN/m2

e ah.p1 = 2*1.5*10.0*0.61:3.4 = 5.4 kN/m2

e ah.p2 = 5.4:3.4*2.2 = 3.5 kN/m2

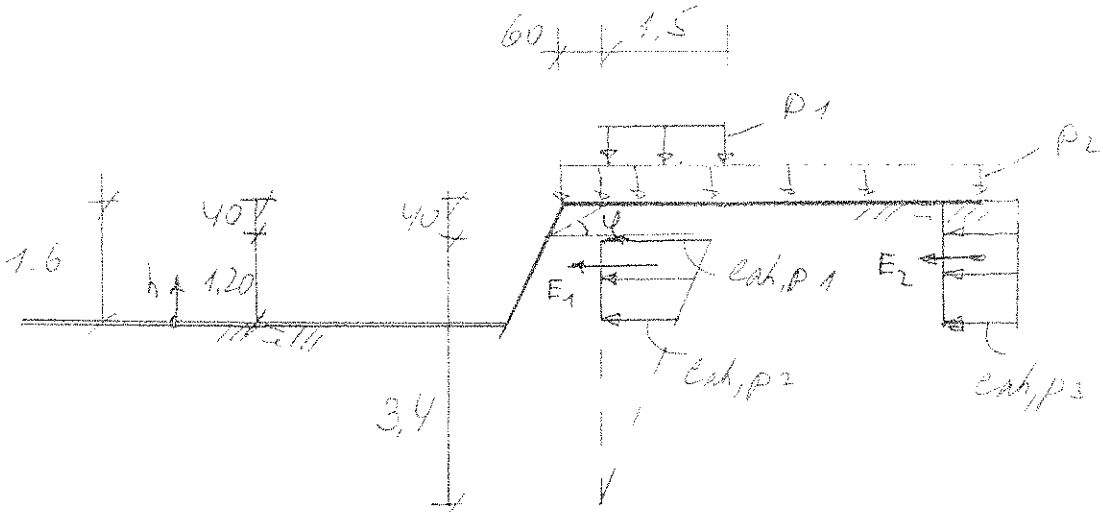
E1 = (5.4+3.5)*1.20:2 = 5.3 kN

h e1 =1.20/3*(3.5/2+5.4):(3.5/2+5.4/2) = 0.65m

e ah.p2 = 10.0 * 0.2 = 2.0 kN/m2

E2 = 2.0 * 1.6 = 3.2 kN

h e2 = 1.6/2 = 0.8 m



POS. 8 Rampenwand, D = 35 cm

Belastung:

Aus Eigengewicht :

G1= 25.0*0.35*1.6/cos25° = 15.4 kN
G2= 25.0*0.5*(1.1+0.86):2 = 12.3 kN

G = 27.7 kN

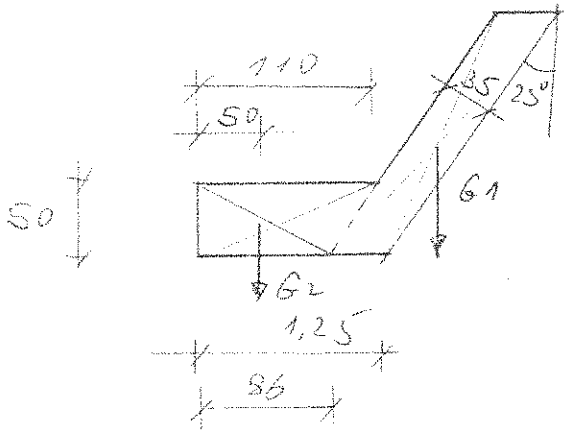
Mg1=15.4*((1.6*tan25°:2+1.25-
-0.35:cos25°/2)+0.00) = 22.0 kN*m
Mg2=12.3*(0.50+0.00) = 6.2 kN*m

Mg = 28.2 kN*m

Aus Erddruck + Verkehr :

siehe Lastenannahmen

System :



noch POS. 8 Rampenwand, D = 35 cm

Kippmomenteermittlung:

1.	aus Erddruck :	5.1 * 1.6/3	=	2.7 kN*m
2.	aus SLW 60 :	1.8 * 0.33	=	0.6 kN*m
	aus Restfläche:	1.0 * 0.80	=	0.8 kN*m
		+ 0.1 * 0.33	=	0.1 kN*m
		Mrest	=	0.9 kN*m
4.	aus Straßenbahn:	7.5 * 1.6	=	12.0 kN*m
5.	aus Baustelle:	5.3 * 0.65	=	3.4 kN*m
		+ 3.2 * 0.8	=	2.6 kN*m
		Mbau	=	6.0 kN*m

Lastenzusammenstellung:

1. Erddruck + SLW 60/30

2.7+0.6+0.9 = 4.2 kN*m
< 15.5 kN*m

2. Erddruck + Staßenbahn

2.7+12.0+0.8 = 15.5 kN*m

3. Erddruck + Baustellenlast

2.7+6.0 = 8.7 kN*m
< 15.5 kN*m

$\eta_{Rip} = \frac{28,2}{15,5} = 1,8 > 1,5$

3. Ausfertigung
In bautechnischer Hinsicht geprüft
Standsicherheit statisch konstruktiver Brandschutz
Prüf-Nr. / Verz.: - 9 5 1 8 / 9 8 Bochum 0 7. 12. 99
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Reyer
Prüfingenieur für Baustatik
Staatl. anerk. Sachverständiger f. d. Prüfung d. Standsicherheit
Fachrichtungen: Maschinenbau und Holzbau
Staatl. anerk. Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz
GEPRÜFT

Bemessung wie Pos 1