
Statische Berechnung

Pfahlgründung Signalausleger

Bauvorhaben: Bahnhof Bitterfeld

Objekt: Signalausleger

Diese Berechnung umfaßt 10 Seiten und gilt nur in Verbindung mit der statischen Berechnung
„Signalausleger, Bundesbahn-Zentralamt München vom 17.11.1983“

Aufgestellt: 9. 10. 1997 bei: Steinbrecher + Partner Planungsgesellschaft mbH
Schreinerstraße 2
10247 Berlin

R. Roletschek
Bauingenieur (Tiefbau)
Dipl.- Ing. (FH)



1 Inhaltsverzeichnis

1 INHALTSVERZEICHNIS.....	3
2 QUELLENVERZEICHNIS.....	4
3 VERTIKALE TRAGFÄHIGKEIT.....	5
3.1 VORBEMERKUNGEN.....	5
3.2 AUSGANGSWERTE.....	5
3.3 SCHWEISSUNG.....	5
3.4 TRÄGHEITSMOMENT DER VERSCHWEISSTEN PROFILE.....	6
3.5 PFAHLMANTELWIDERSTAND.....	6
3.6 PFAHLFUSSWIDERSTAND.....	7
3.7 SPANNUNGSNACHWEIS.....	7
4 HORIZONTALE TRAGFÄHIGKEIT.....	8
4.1 AUSGANGSWERTE.....	8
4.2 ERMITTLUNG BETTUNGSMODUL.....	8
4.2.1 Schicht 1 (SU / ST).....	8
4.2.2 Schicht 2 (TA / TL).....	8
4.3 ANSATZ.....	8
4.4 ERMITTLUNG DER ELASTISCHEN LÄNGE UND DES LÄNGENVERHÄLTNISES.....	8
5 NACHWEISE.....	10
5.1 NACHWEIS DER OBEREN ABSTÜTZUNG.....	10
5.2 NACHWEIS SPUNDBOHRLE.....	10
5.3 NACHWEIS DER AUFNAHME DES TORSIONSMOMENTES.....	10
5.4 PFAHLVERFORMUNGEN.....	11
5.4.1 Pfahlkopfverschiebung.....	11
5.4.2 Pfahlfußverschiebung.....	11
5.4.3 Pfahlkopfverdrehung.....	11

2 Quellenverzeichnis

- [1] **Baugrundgutachten**
Mailänder Ingenieur- Consult GmbH
vom 6. 12. 1994

- [2] Dipl.- Ing. Fritz Bochmann
Statik im Bauwesen
Band II Festigkeitslehre
15. Auflage 1990
VEB Verlag für Bauwesen Berlin

- [3] Konrad Simmer
Grundbau Band I
Bodenmechanik und erdstatische Berechnungen
19. Auflage 1994
B. G. Teubner Stuttgart

- [4] Konrad Simmer
Grundbau Band II
Baugruben und Gründungen
17. Auflage 1992
B. G. Teubner Stuttgart

- [5] **Bautabellen für Ingenieure**
12. Auflage 1996
Werner- Verlag

- [6] Dr. H. Pörschmann
Bautechnische Berechnungstafeln für Ingenieure
20. Auflage 1984
B. G. Teubner Leipzig

3 vertikale Tragfähigkeit

3.1 Vorbemerkungen

Als tragfähig zur Aufnahme der Vertikalkräfte werden die Schichten unter 2,20 m unter OFG angesetzt. Gemäß [1]; [2] ist mit Baugrund TA / TL bis in große Tiefen zu rechnen. Grundwasser liegt in einer Tiefe von ca. 6,30 m unter OFG an.

Die Schichten TA (von 0,40 bis 0,85 unter OFG) sowie 0,4 m Aufschüttung finden beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit keine Berücksichtigung.

Ein vereinfachter Nachweis nach DIN 4026, Tab. 4 ist nicht möglich. Die Bemessung erfolgt durch Ermittlung des Pfahlmantelwiderstandes gem. [4]

3.2 Ausgangswerte:

gew.: Pfahlkopf gem. Musterstatik 1,30 · 1,30 · 1,30

2 x I (EC 3) 450 HEM; L = 12,00 m

$$h = 478 \text{ mm}$$

$$b = 307 \text{ mm}$$

$$A = 355 \text{ cm}^2$$

$$U = 210 \text{ cm}$$

$$I_y(i) = 131.500 \text{ cm}^4$$

$$I_x(i) = 19.340 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 5.500 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 40 \text{ mm}$$

3.3 Schweißung:

Die I- Träger müssen schubfest miteinander verbunden werden.

gew.: einseitig durchgeschweißte Wurzel- V- Naht (alternativ Wurzel- HV- Naht)

$$a = 6 \text{ cm};$$

Steiflankennaht sowie andere als die oben aufgeführten Stumpfnähte sind nicht zugelassen
Einbrandkerben sind nachzuschweißen, wenn die Querschnittsschwächung mehr als 1,5 mm beträgt

Die Schweißnähte finden keinen Einfluß bei der Ermittlung der Trägheitsmomente.

3.4 Trägheitsmoment der verschweißten Profile

$$\begin{aligned} I_y &= 2 \cdot I_{y(i)} \\ &= 0,00263 \text{ m}^4 \\ \\ I_x &= 2 (I_{x(i)} + A_x e^2) \\ &= 2 (0,0001934 + 0,0033677) \\ &= 0,007122 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

3.5 Pfahlmantelwiderstand

$$\begin{aligned} UM &= U + 2 \cdot b \\ &= 2,10 + 2 \cdot 0,307 \\ &= 2,714 \text{ m}^2/\text{m} \\ \\ L_{mi,1} &= 2,20 - 0,85 \\ &= 1,35 \text{ m} \quad (\text{SU} / \text{ST}) \\ \\ L_{mi,2} &= 6,30 - 2,20 \\ &= 4,10 \text{ m} \quad (\text{TA} / \text{TL}) \\ \\ AM_{,1} &= UM \cdot L_{mi} \\ &= 2,714 \cdot 1,35 \\ &= 3,664 \text{ m}^2 \\ \\ A_{M,2} &= U_M \cdot L_{mi} \\ &= 2,714 \cdot 4,10 \\ &= 11,127 \text{ m}^2 \\ \\ c_{u(2)} &= 25 \text{ kN/m}^2 = 0,025 \text{ MN/m}^2 \quad [1] \\ q_{c(1)} &= 15 \text{ MN/m}^2 \quad [3]; 7.6. \\ \tau_{MF(1)} &= 0,120 \text{ MN/m}^2 \quad [4]; 3.62. \\ \tau_{MF(2)} &= 0,025 \text{ MN/m}^2 \quad [3]; 3.63. \\ \\ Q_{rg(1)} &= \tau_{MF(1)} \cdot A_{M,1} \\ &= 0,120 \text{ MN/m}^2 \cdot 3,664 \text{ m}^2 \\ &= 0,4397 \text{ MN} \\ \\ Q_{rg(2)} &= \tau_{MF(2)} \cdot A_{M,2} \\ &= 0,025 \text{ MN/m}^2 \cdot 11,127 \text{ m}^2 \\ &= 0,2782 \text{ MN} \\ \\ Q_{rg} &= Q_{rg(1)} + Q_{rg(2)} \\ &= 0,4397 + 0,2782 \\ &= 0,7178 \text{ MN} \\ &= 718 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.6 Pfahlfußwiderstand

wird vernachlässigt

3.7 Spannungsnachweis

$$I_p = 0,25 \quad [3]; 4.36.$$

$$\mu = 0,80 \quad [4]; 3.60.$$

$$\eta = 2,0 \quad [4]; 3.78.$$

$$Q_{zul.} = 0,7178 \text{ MN} \cdot 0,8 \cdot 0,5$$

$$= 0,287 \text{ MN}$$

$$= 287 \text{ kN}$$

$$N = 79,7 + 1,30^2 \cdot 1,30 \cdot 25$$

$$= 134,6 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = N = 134,6 \text{ kN} < Q_{zul.} = 287 \text{ kN}$$

Die vertikale Tragfähigkeit ist gewährleistet

4 horizontale Tragfähigkeit

4.1 Ausgangswerte

$$\begin{aligned} E &= 210.000 \text{ MN/m}^2 \\ I_y &= 0,00263 \text{ m}^4 \\ I_x &= 0,007122 \text{ m}^4 \\ t &= 12,00 - 0,85 \\ &= 11,15 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2 Ermittlung Bettungsmodul

4.2.1 Schicht 1 (SU / ST)

$$\begin{aligned} k_{sh} &= n_h \cdot t / d \\ &= ((2,0 + 6,5) / 2) \text{ MN/m}^3 \cdot 1,35 / 0,478 \\ &= \underline{12,0 \text{ MN/m}^3} \quad [\text{Terzaghi}] \end{aligned}$$

4.2.2 Schicht 2 (TA / TL)

$$\begin{aligned} k_s &= k_{s1} \cdot ((0,478 + 0,3) / (2 \cdot 0,478))^2 \\ &= 20 \text{ MN/m}^3 \cdot 0,6623 \\ &= \underline{13,3 \text{ MN/m}^3} \quad [4]; 2.36. \end{aligned}$$

$$k_{sh} = k_s = 13,3 \text{ MN/m}^3$$

$$\begin{aligned} k_{sh} &= 160 \cdot c_u / d \\ &= 160 \cdot 0,025 / 0,478 \\ &= \underline{8,4 \text{ MN/m}^3} \quad [\text{Sherif}] \end{aligned}$$

4.3 Ansatz

Zum Ansatz kommt ein konstantes Bettungsmodul von:

$$k_{sh} = 10,0 \text{ MN/m}^3$$

über die Pfahllänge von 0,85 m unter OFG bis Pfahlfuß (12,00 m unter OFG)

4.4 Ermittlung der elastischen Länge und des Längenverhältnisses

Diese Werte dienen als Eingangswerte in die Diagramme [4]; S. 349 ff

$$\begin{aligned} L_k &= ((E \cdot I) / (d \cdot k_{sh}))^{1/4} \\ &= ((210.000 \text{ MN/m}^2 \cdot 0,00263 \text{ m}^4) / (0,478 \text{ m} \cdot 10,0 \text{ MN/m}^3))^{1/4} \\ &= (552,3 \text{ MNm}^2 / 4,78 \text{ MN/m}^2)^{1/4} \\ &= (115,5 \text{ m}^4)^{1/4} \\ &= 3,279 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_k = t / L_k \\ &= 11,15 / 3,279 \\ &= 3,400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m1} &= H / (d \cdot t) \\ &= 134,6 \text{ kN} / (0,478 \text{ m} \cdot 11,15 \text{ m}) \\ &= 25,255 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{m2} &= M / (d \cdot t^2) \\ &= 430,8 \text{ kNm} / (0,478 \text{ m} \cdot 11,15^2 \text{ m}^2) \\ &= 7,249 \text{ kN/m}^2 \\ K &= H \cdot t \\ &= 134,6 \text{ kN} \cdot 12,00 \text{ m} \\ &= - 1615,2 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5 Nachweise

5.1 Nachweis der oberen Abstützung

$$\sigma_{h\max} = 60,28 \text{ kN/m}^2 \text{ tritt bei } z/t = 0,25 \quad t = 2,79 \text{ m auf}$$

Bodenkennwerte Aufschüttung

$$\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3; \phi = 17,5^\circ; \delta_a = 2/3 \phi; \Rightarrow k_{ah} = 0,47; k_{ph} = 2,42$$

$$e_{rh} = e_{ph} - e_{ah} = 17,5 \text{ kN/m}^3 * (2,42 - 0,47) * z = 34,125 * z \text{ kN/m}^2$$

$$\text{für } z = 3,64 \text{ m} \Rightarrow e_{rh} = 34,125 \text{ kN/m}^2 * 3,64 \text{ m} = 124,215 \text{ kN/m}^2$$

$$\eta_p = e_{rh} / \sigma_{h\max} = 124,215 \text{ kN/m}^2 / 60,28 \text{ kN/m}^2 = 2,1 > \eta_{p,erf} = 2$$

5.2 Nachweis Spundbohle

$$M_{\max} = 497,55 \text{ kNm tritt bei } z/t = 0,10 \text{ bei } t = 1,97 \text{ m auf}$$

$$W_y = 2 \cdot 5.500 \text{ cm}^3 = 11.000 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{Sh\max} = M_{\max} / W_y = 49.755 \text{ kNcm} / 11.000 \text{ cm}^3 = 4,52 \text{ kN/cm}^2 = 45,2 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2$$

5.3 Nachweis der Aufnahme des Torsionsmomentes

Die minimale Bruchfläche um die Spundbohlen infolge $M_{t\max} = 138 \text{ kNm}$ wird mit $d = b = 0,938 \text{ m}$ angenommen.

GRAFIK AutoCAD

$$\tau_{\max} = [2 * M_T] / [d * (\Pi * d * t)] = (2 * 138 \text{ kNm}) / (0,938^2 \text{ m}^2 * \Pi * 7) \text{ m}$$
$$= 14,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_{mf} = 40 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Tab. S.7. Lit.[1]}$$

$$\eta = \tau_{mf} / \tau_{\max} = 2,8 > \eta_{erf} = 2$$

5.4 Pfahlverformungen

$$\sigma_{m1} = -25,255 \text{ kN/m}^2 = -0,025255 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m2} = 7,249 \text{ kN/m}^2 = 0,007249 \text{ MN/m}^2$$

$$k_{sh} = 40 \text{ MN/m}^3$$

[4] Tab. 3.120.:

$$\varepsilon_{o1} = -15,0 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

$$\varepsilon_{o2} = -108,0 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

$$\delta_{u1} = 0,2 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

$$\delta_{u2} = -1,4 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

$$\delta_{o1} = -7,0 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

$$\delta_{o2} = -24,0 \quad [4] \text{ Tab. 3.120.}$$

5.4.1 Pfahlkopfverschiebung

$$w_o = (\delta_{o5} * \sigma_{m5} + \delta_{o6} * \sigma_{m6}) / k_{sh}$$

$$\lambda = 2,5 \rightarrow \delta_{o5} = -22 \text{ (- Vorzeichen); } \delta_{o6} = 35$$

$$w_o = [-22 * (-0,00386) + 35 * 0,0101] / 40 = 0,0104 \text{ m} = 1,04 \text{ cm} < w_{zul}$$

$$w_{zul} = 2 \text{ cm} \quad w_{zul} < 0,03 * d = 0,03 * 0,938 \text{ m} = 2,8 \text{ cm} \quad \text{nach DIN 4014 Abs. 7.4.2}$$

5.4.2 Pfahlfußverschiebung

$$w_u = (\delta_{u5} * \sigma_{m5} + \delta_{u6} * \sigma_{m6}) / k_{sh}$$

$$\lambda = 2,5 \rightarrow \delta_{u5} = +5,3 \text{ (- Vorzeichen); } \delta_{u6} = -10$$

$$w_u = [+5,3 * (-0,00386) - 10 * 0,0101] / 40 = -0,0030 \text{ m} = -0,30 \text{ cm} < w_{zul}$$

5.4.3 Pfahlkopfverdrehung

$$\tan \phi_o = (\varepsilon_{o5} * \sigma_{m5} + \varepsilon_{o6} * \sigma_{m6}) / [k_{sh} * (t + L_1)]$$

$$\lambda = 2,5 \rightarrow \varepsilon_{o5} = -38 \text{ (- Vorzeichen); } \varepsilon_{o6} = 80$$

$$\tan \phi_o = [(-38 * (-0,000386) + 80 * 0,0101] / (40 * 8) = 0,00314 \rightarrow \phi = 0,18^\circ$$