

23L Spundwand mehrfach

Leistungsumfang

Mit diesem Programm können mehrfach verankerte Spundwände (2- bis 4-fache Verankerung) nach dem Traglastverfahren berechnet werden. Berücksichtigt werden kann gebrochenes Gelände, bis zu 8 Bodenschichten, 2 Linienlasten mit horizontaler und vertikaler Komponente sowie 4 Flächenlasten. Die Bestimmung der Schnittgrößen und des räumlichen Erdwiderstands erfolgen nach Weissenbach (1). Zusätzlich werden die wichtigsten Standsicherheitsnachweise geführt.

Eingabe

1. Geländegeometrie, Koordinatensystem:

Die Geländeoberfläche muß mit mindestens 2 Punkten koordinatenmäßig beschrieben werden, wobei der Wandkopf als Punkt 1 immer den Abszissenwert $x = 0.0$ m hat, während die Höhe des Punktes in beliebiger Größe eingegeben werden kann. Zur Beschreibung des Geländes stehen max. 4 Punkte zur Verfügung. Beispiele zur Geländebeschreibung sind in der Anlage erläutert.

2. Bodenkennwerte:

Für jede Schicht (max. 8) müssen UK Schicht, Raumgewichte über und unter Reibungs- und Wandreibungswinkel sowie die Größe der Kohäsion angegeben werden, wobei i.a. der Wandreibungswinkel Δa positiv, Δp negativ ist. Die Eingabe der Schichten wird mit Höhe = 0 in der folgenden Zeile beendet.

3. Belastung:

Es können 2 Linienlasten mit Vertikal- und Horizontalkomponente sowie max. 4 Streifenlasten als Belastung angegeben werden. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Streifenbelastung sich horizontal im oder auf dem Gelände befindet. Allerdings kann eine durchgehende Oberflächenbelastung dadurch eingegeben werden, indem man die Koordinaten der Belastung genau so definiert, daß sie zwischen den beiden letzten Punkten des Geländes liegt (Beispiel u. Lastbilder s. Anl.).

Bei der Eingabe von Linienlasten ist zu beachten, daß sich die Last (aus numerischen Gründen) im Abstand $x \geq 0.10$ m von der Wand befinden sollte.

4. Verankerung:

Zusätzliche Eingabedaten sind Angaben zu Ankerlage und Ankerneigung, geschätzte Einbindetiefe, Einspanngrad im Boden sowie die Sicherheitsbeiwerte für den Erdwiderstand, sowie, falls notwendig, die Angabe einer zusätzlichen Sicherheit für die Kohäsion bei der Berechnung des Erdwiderstands.

Erddruckberechnung

Ausgegeben werden dem Benutzer die Erddruckbeiwerte K_{ah} (nur aus Eigengewicht, die übrigen Werte können auf Wunsch gesondert ausgedruckt werden) und K_{ph} sowie die Erddrücke in horizontaler und vertikaler Richtung. Die Erddruckbeiwerte K_{ah} und K_{ph} werden nach Krey/Ehrenberg, die passiven Beiwerte K_{ph} bei $\Phi > 35$ Grad nach Caquot/Kerisel berechnet. Sie können vom Benutzer bestätigt oder modifiziert werden. Die Belastungsfigur entspricht einer Trapezfigur, wobei die Knickpunkte immer in Höhe der Ankerlagen liegen (s. Anl. und (1)). Die Ausgabe der Erddruckfigur erfolgt in den Knickpunkten und den Ankerlagen.

ANMERKUNG: Zur Anwendung des Traglastverfahrens nach Weissenbach muß die gesamte Erddruckfigur (auch Erddruck aus Zusatzlasten oder Wasserdruck) in die Trapezfigur umgewandelt werden!

Für den Bereich zwischen Baugrubensohle und vorgeschätzter Einbindetiefe werden gewichtete Werte für den resultierenden Erddruckwert K_{ph} , das gewichtete Raumgewicht γ' und die gewichtete Kohäsion C' ermittelt (vgl. Anl.), mit denen dann die tatsächlich notwendige Einbindetiefe berechnet wird. Falls errechnete und vorgeschätzte Einbindetiefe stark differieren, sollte die Berechnung von neuem begonnen werden, da sonst die gewichteten Werte nicht mehr korrekt sind (falls nicht homogener, kohäsionsloser Boden unterhalb des Belastungsnulldpunkts ansteht).

Schnittgrößen

Die Schnittgrößen werden nach dem Traglastverfahren in der Anwendung von Weissenbach auf Spundwände (1) bestimmt. Für jedes Feld werden maßgebendes Biegemoment, Normalkraft sowie Querkräfte oben und unten ausgegeben. Gleichzeitig wird die erforderliche Einbindetiefe ermittelt (s.o.). Ist eine horizontale Linienlast am Wandkopf vorhanden, so kann sie z.Zt. nur dem 1. Anker zugewiesen werden und geht nur in die Querkräfte ein!

Bemessung

Maßgebend für die Bemessung der Träger ist das maximale Biegemoment mit zugehöriger Normal- und Querkraft. Folgende Nachweise werden geführt:

$$\sigma = M/W + N/A \leq \text{zul.}\sigma$$

$$\tau = Q/s/h \leq \text{zul.}\tau \quad (s=\text{Bohlenstärke, } h=\text{Bohlenhöhe})$$

$$\sigma_v = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} \leq \text{zul.}\sigma_v$$

Der Benutzer kann dabei entweder vom Programm ein Profil aus einer Reihe gängiger Profile aussuchen lassen oder eigene Werte eingeben. Die vom Programm anfangs angebotenen zul. Spannungen entsprechen den von Weissenbach in (1) angegebenen.

Ankernachweise

Die erf. Mindestsicherheit für die Ankerkraft wird nach EAU (2) in Abhängigkeit von der Ankerneigung ermittelt. Folgende Ankertypen können berücksichtigt werden:

- Verpressanker
- Rammpfahl
- Rammpfahl, verpreßt.

Beim Nachweis sind 2 Möglichkeiten vorhanden (s. Anl.):

1. Aus Probelastungen sind die zulässige Ankerkraft und die notwendige Ankerlänge ermittelt worden.
2. Nachweis der Kraftübertragung in den Baugrund (nur für verpreßte und nicht verpreßte Rammpfähle). Dabei ermittelt das Programm nach Eingabe von wirksamer Mantelfläche des Ankers und Mantelreibungswerten der geschnittenen Schichten eine Mindestankerlänge. Die Trägerlänge dient dabei als Anfangsschätzwert, der - falls nötig - in Schritten von +/- 0.25 m verändert wird. Der Benutzer kann diese ermittelten Werte bestätigen oder eigene Längen eingeben.

Nachweis in der tiefen Gleitfuge

Bei mehrfacher Verankerung kann der Nachweis in der tiefen Gleitfuge nach Ranke/Ostermayer (4) analog zum Nachweis bei einfacher Verankerung geführt werden. Dabei können 4 verschiedene Möglichkeiten des Nachweises auftreten (s. Anl.). Der Erddruck hinter der Ersatzwand wird mit $\Delta a = \Phi$ bestimmt. Hinter der Ersatzwand kann ein höherer Wasserstand angegeben werden, wobei sich dann der horizontale Erddruck um die Wasserdruckkraft, entstehend aus der Differenz zwischen Wasserstand hinter der Wand und der Ersatzwand, erhöht.

Die Gleichgewichtsbetrachtung wird nach EAU, E10, durchgeführt. Hierbei ergibt die mögliche Ankerkraft Z_a' aus dem Gleichgewicht aller am Bruchkörper angreifenden Kräfte. Dabei werden Auflasten nur dann berücksichtigt, wenn sie Z_a' verringern. Ist der Ankerabstand $a < 0.5 \cdot l_r$ des Ankers, so werden alle Kräfte im Verhältnis $0.5 \cdot l_r/a$ reduziert (s.EAU/E66).

ANMERKUNG: Der Nachweis in der tiefen Gleitfuge muß mit dem aktiven Erddruck geführt werden!. Hat der Benutzer die Erddruckbeiwerte erhöht, muß er also einen zweiten Rechenlauf durchführen !

Aufnahme der Vertikalkräfte

Es wird zuerst das innere Gleichgewicht in vertikaler Richtung bestimmt:

$$E_{ta\ v} = (E_{av} + C_v + A_v + P_v + G) / U_v ,$$

wobei im Zähler die "Aktionskräfte" stehen, der Vertikalanteil des Erddrucks, der Ankerkraft, der Belastung am Wandkopf, der Ersatzkraft C sowie Eigengewicht der Wand, im Nenner als "Reaktionskraft" die Vertikalkomponente des Erdwiderstands. Die Mindestsicherheit beträgt $E_{ta\ v} = 1.50$. Der Vertikalanteil der Ersatzkraft C wird anfangs mit $\Delta p_c = +1/3 \Phi$ berechnet. Ist damit der Nachweis nicht gewährleistet, so kann Δp_c bis $-\Phi$ variiert werden.

Ist die vorhandene Sicherheit geringer als die erforderliche, so bedeutet dies, daß die Resultierende nach oben gerichtet ist und die gesamte Berechnung mit geringerem Δp für E_p oder mit größerer Ankerneigung wiederholt werden muß. Bei sehr großen Sicherheiten für $E_{ta\ v}$, im Programm bei $E_{ta\ v} > 4.0$, muß der Nachweis des äußeren Gleichgewichts geführt werden:

$$E_{ta\ v} = (Q_r + Q_s) / (E_{av} + G + P_v + A_v) \geq 1.5 ,$$

(Q_r = Mantelreibung der Wand über die Einbindetiefe, Q_s = Spitzendruck)

Die im Programm angebotenen, aus (5) entnommenen Werte für Q_r und Q_s können vom Benutzer verändert werden. Ist die erforderliche Sicherheit nicht gegeben, so wird Q_r durch E_{pv} ersetzt (wenn $E_{pv} > Q_r$) und der Nachweis wiederholt.

Nachweis der Ankergrutung

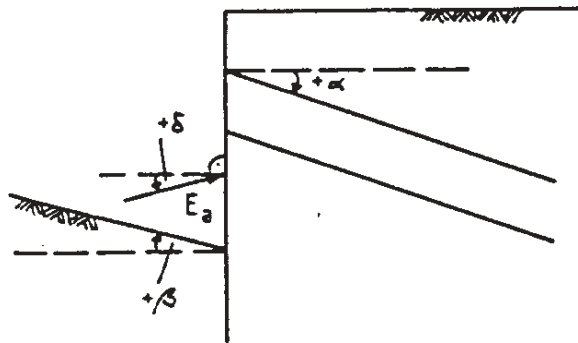
Beim Nachweis der Ankergrutung wird nach EAU, E30 geführt (2). Dabei wird als horizontale Belastung die H-Komponente der Ankerkraft, als vertikale die V-Komponente der Ankerkraft angesetzt (Ermittlung des Biegemoments s. Anl.).

Zur Bemessung stehen die Werte für 2 U-Profile mit liegendem Steg oder eigene Eingabewerte zur Verfügung. Der Spannungsnachweis wird nach DIN 1050 geführt.

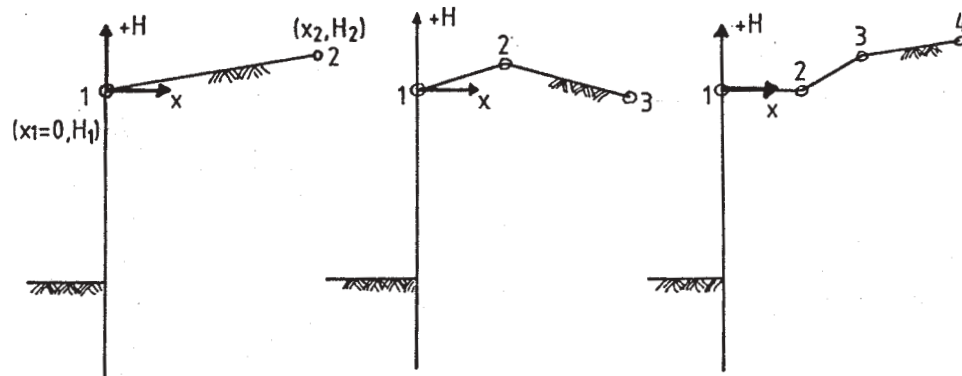
Literaturhinweise

- (1) Weissenbach, A.: Berechnung von mehrfach gestützten Baugrubenspundwänden und Trägerbohlwänden nach dem Traglastverfahren.
Straße Brücke Tunnel, 1/3/5/1969
- (2) Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" (EAU 1980)
6.Aufl. Berlin 1981
- (3) Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB), Berlin 1980
- (4) Ranke, A. u. Ostermayer, H.: Beitrag zur Stabilitätsuntersuchung mehrfach verankerter Baugrubenumschließungen.
Die Bautechnik, 10/1968
- (5) Weissenbach, A.: Baugrubensicherung. Grundbau-Taschenbuch Bd.2
3.Aufl. Berlin 1982

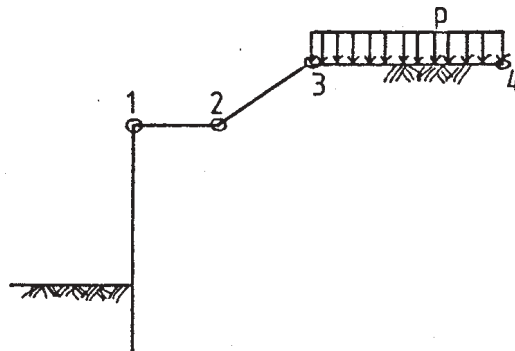
Vorzeichenregelung:



Koordinatensystem und Beispiele von Geländeformen



Beispiele für durchgehende Flächenlast



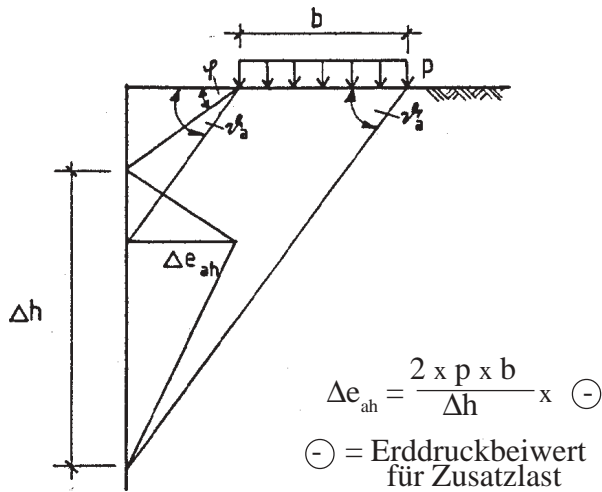
Gelände :

Punkt 1:	x = 0.0	H = 20.00
Punkt 2:	x = 3.0	H = 20.00
Punkt 3:	x = 6.0	H = 21.50
Punkt 4:	x = 20.0	H = 21.50

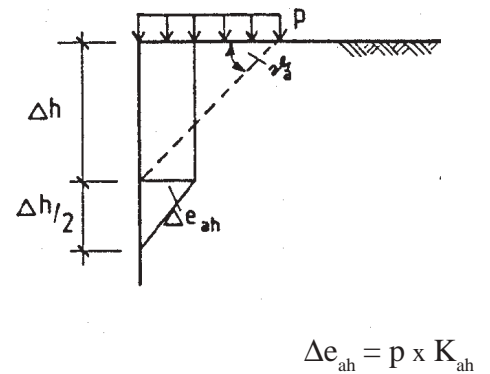
Streifenlast :

p	= 20.00
x auf.	= 6.00
H	= 21.50
B	= 14.00

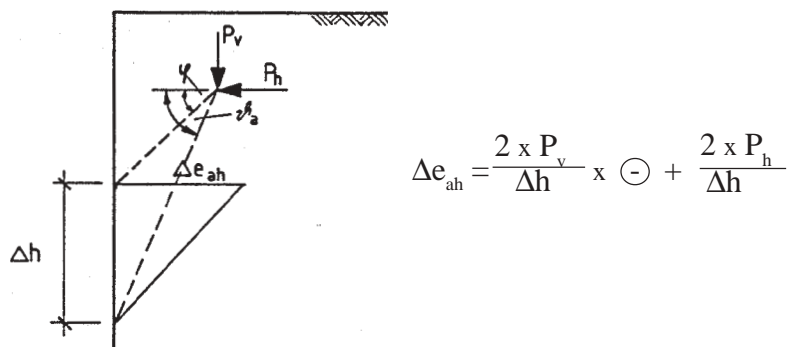
Erddruck aus Streifenlast



Erddruck aus Streifenlast 2

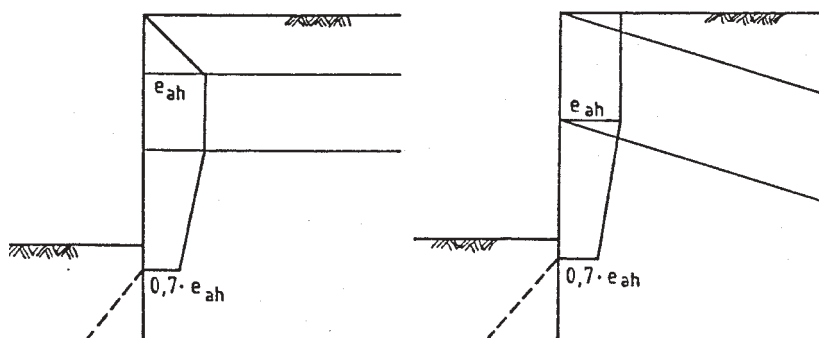


Erddruck aus Linienlast

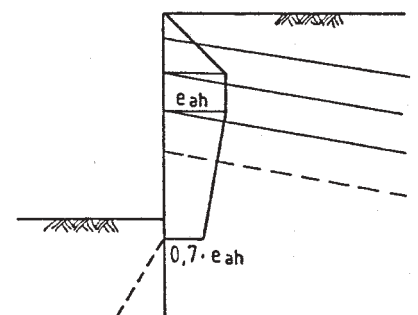


Erddruckfigur nach Lehmann

2 Ankerlagen

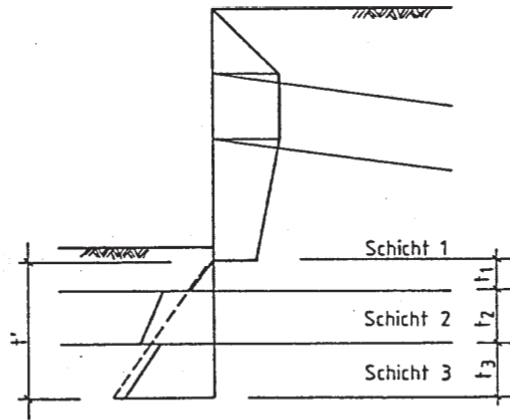


3 oder 4 Ankerlagen



Wichtung unterhalb des Belastungsnulldpunktes

Beispiel



$$\bar{\gamma} = \frac{\sum \gamma_i * t_i}{t'}$$

$$K'_{ph} = \frac{2 * E_{phres}}{\bar{\gamma} * t'^2} * f$$

E_{phres} = Resultierender Erddruck unterhalb des Belastungsnulldpunktes berechnet mit:

$$K_{phres} = \left(\frac{K_{ph}}{\eta_p} - K_{ah} \right)$$

$$c' = c / \eta_c$$

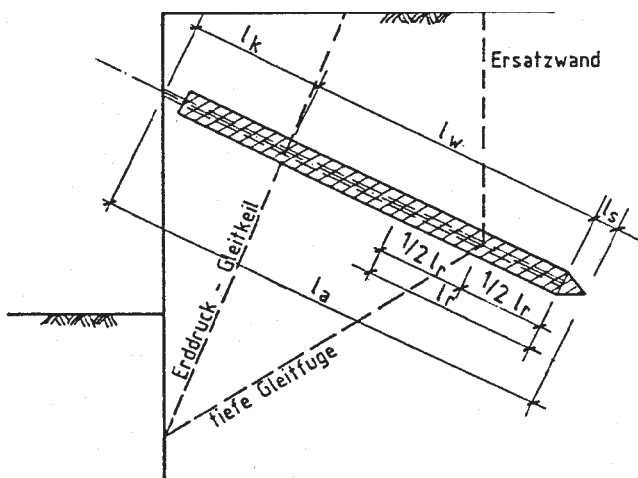
f = Erhöhungsfaktor, wenn mit η_p u. $\eta_c > 1$ gerechnet wird (f = 1.1)

f = 1.0, wenn $\eta_p = \eta_c = 1.0$

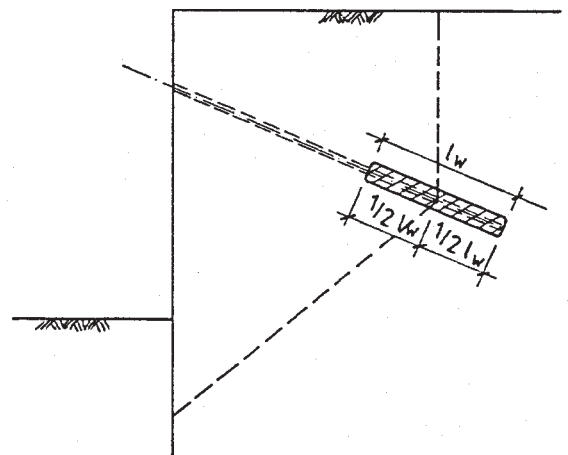
$\eta_p = 1.5$ (i.a.)

$\eta_c = 2.0$ (i.a.)

Ankerfahllängen



Verpreßanker



l_r = Mindestverankerungslänge

$l_k + l_r + l_s$ = Mindestankerlänge

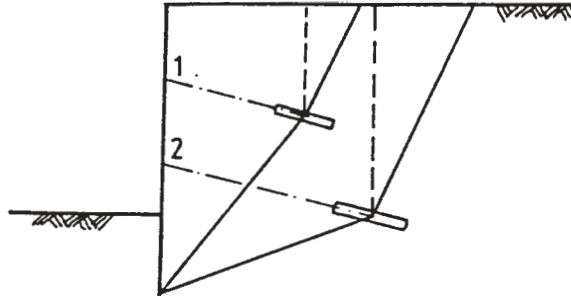
l_w = stat. wirksame Verankerungslänge

l_w = Verpreßstrecke

Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge

Ermittlung der Sicherheit nach Ranke/Ostermayer

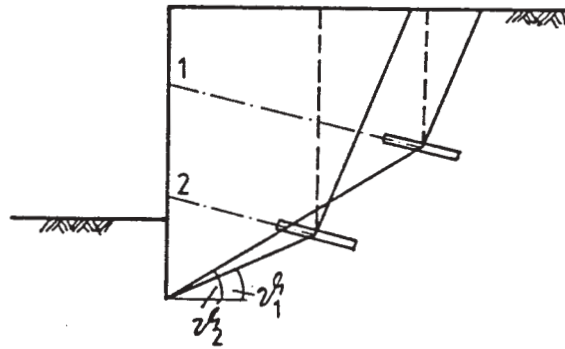
Fall 1



$$\eta_1 = \frac{\text{mögl. } A_1}{\text{vorh. } A_1}$$

$$\eta_2 = \frac{\text{mögl. } A_2}{\text{vorh. } (A_1 + A_2)}$$

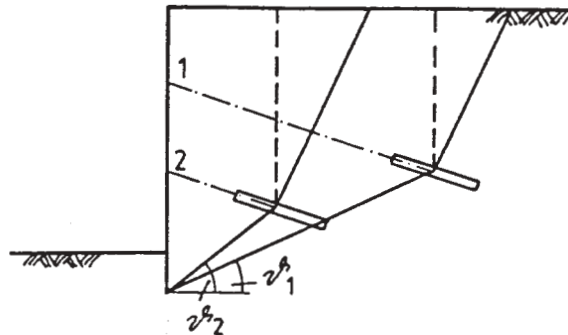
Fall 2
 $v_1 > v_2$



$$\eta_1 = \frac{\text{mögl. } A_1}{\text{vorh. } (A_1 + A_2)}$$

$$\eta_2 = \frac{\text{mögl. } A_2}{\text{vorh. } (A_1 + A_2)}$$

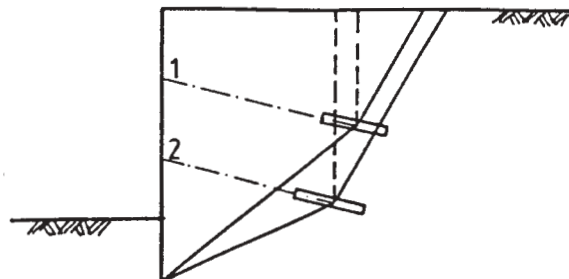
Fall 3
 $v_1 < v_2$



$$\eta_1 = \frac{\text{mögl. } A_1}{\text{vorh. } (A_1 + A_2)}$$

$$\eta_2 = \frac{\text{mögl. } A_2}{\text{vorh. } A_2}$$

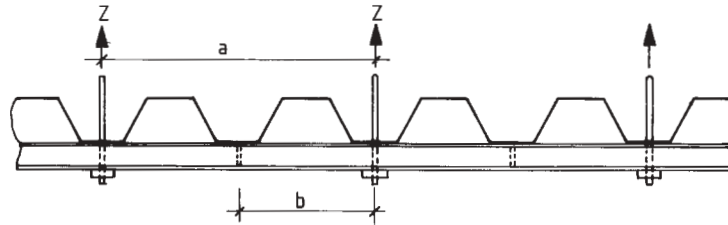
Fall 4



wie Fall 1

Belastung der Gurtung aus vertikaler Ankerkraftkomponente:

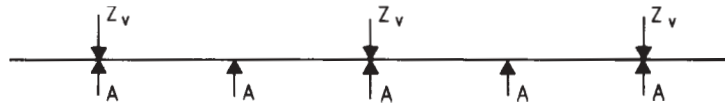
1. Ankerkopf mit Gurt und Wand verbunden



a = Ankerabstand

b = Gurtabstand

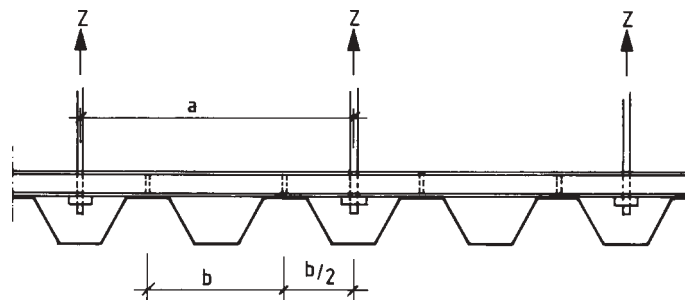
Statisches System:



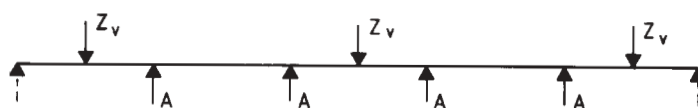
Da die Bohlenschlösser keine Längskräfte übertragen, erhalten alle Gurtstützen gleiche Auflagerkräfte.

- | | | | |
|-----|--------------|----------------------|---------------------------------|
| a.) | $a = b$ | $A = Z_v$ | $M = 0$ |
| b.) | $a = 2xb$ | $A = Z_v/2$ | $M = 0,125 \times Z_v \times b$ |
| c.) | $a \geq 3xb$ | $A = Z_v \times b/a$ | $M = 0,20 \times Z_v \times b$ |

2. Ankerkopf nur an Gurtung:



Statisches System:



- | | | | |
|-----|--------------|----------------------|-------------------------------|
| a.) | $a = b$ | $A = Z_v$ | $M = Z_v \times b/8$ |
| b.) | $a \geq 2xb$ | $A = Z_v \times b/a$ | $M = Z_v \times B \times 0.2$ |

B E L A S T U N G

LINIENLASTEN :	Pv (kN/m)	Ph (kN/m)	X (m)	H (m)	.
1	200.0	0.0	0.00	0.00	

STREIFENLASTEN :	p (kN/m ²)	Xanf (m)	Höhe (m)	Breite (m)
1	10.00	0.00	0.00	70.00

V E R A N K E R U N G

Ankerlage	1.	2.
-----------	----	----

Ankerlage in Höhe H (m)	-1.40	-5.00
-------------------------	-------	-------

Neigung der Verankerung : Alpha = 20.00 Grad

EINBINDETIEFE der Wand (geschätzt) : tg = 3.30 m

AUFLAGERUNG im Boden : Wand ist im Boden eingespannt

Sicherheitsbeiwert beim Erdwiderstand : Eta p = 1.50

Zusätzliche Sicherheit f.Kohs. (bei Ep) : Eta c = 2.00

E R D D R U C K B E I W E R T E

Schicht	1	2
Kah	0.43	0.22
Kph	0.00	8.36

 Gewichtete Rechenwerte (ab Belastungsnullpunkt):
 res. Kph' = 5.89, Gamma' = 11.00 (kN/m²)

B E L A S T U N G D E R W A N D (kN/m²)
 Belastungsfigur nach Lehmann

Streifen	Dicke (m)	horizontaler Erddruck eah oben	horizontaler Erddruck eah unten	vertikaler Erddruck eav oben	vertikaler Erddruck eav unten
1	1.40	0.0	40.6	0.0	9.6
2	3.60	40.6	40.6	9.6	9.6
3	5.00	40.6	28.4	9.6	8.3
4	2.60	0.0	-168.7	0.0	-145.2

S C H N I T T G R Ö S S E N

(Traglastverfahren nach Weissenbach)

Feld	Moment (kNm/m)	Q oben (kN/m)	Q unten (kN/m)	N oben (kN/m)
Kragarm oben	13.3	-	28.4	-
Innenfeld 1	39.7	61.4	89.1	274.0
Unteres Endfeld	71.1	104.4	-	389.3

Errechnete Einbindetiefe erf. tg = 3.24 m

B E M E S S U N G S G R Ö S S E N

M = 71.1 kNm/m, N = 389.3 kN/m, Q = 104.4 kN/m

B E M E S S U N G

Stahl-Spundbohlen in St Sp 37 mit zul.Sigma = 160 N/mm²
 zul.Tau = 92 N/mm² zul.Sigma v = 176 N/mm²

Gew : PROFIL Larssen 21 mit Wx = 700 cm³/m

Bohlenbreite b = 500 mm Profilhöhe h = 220 mm
 Stegdicke s = 8.0 mm
 Querschnittsfläche A = 121 cm²/m

vorh.Sigma = M/Wx + N/A = 134 N/mm²

vorh. Tau = Q/s/h = 59 N/mm²

vorh.Sigma v = ((Sigma)² + 3*(Tau)²)^{0.5} = 169 N/mm²

Gewählte Bohlenlänge :

ges. L = 9.30 + 0.70 + 1.20 * 2.55 = 13.05 m

A N K E R N A C H W E I S E

Ankerlage	1.	2.
-----------	----	----

vorh. Ankerkraft A (kN/m)	95.5	206.0
---------------------------	------	-------

Gewählter Ankerabstand (m)	3.15	3.15
----------------------------	------	------

Sicherheitsbeiwert für Ankerkraft Eta a = 1.50

ANKERTYP: Rammfahl, verpreßt

Gew: nach Angaben der ausführenden Firma

Ankerlage	1.	2.
-----------	----	----

vorh. Ankerkraft (kN)	300.9	648.8
-----------------------	-------	-------

Mindestverank.-Länge lr(m)	6.15	9.42
----------------------------	------	------

wirks.Verank.-Länge lw (m)	6.96	10.04
----------------------------	------	-------

gew: Ankerlänge la (m)	14.30	14.80
------------------------	-------	-------

zul. Ankerkraft A (kN)	320.0	650.0
------------------------	-------	-------

STANDSICHERHEIT IN DER TIEFEN GLEITFUGE (nach Kranz)

Wandhöhe (bis Querkraftnullpunkt) h = 11.45 m

Erddruck auf die Wand: Eah = 425.9, Eav = 103.0 kN/m

Nachweis für Anker 1 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 5.24 m

Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 92.4, E1v = 33.6 kN/m

zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 124.7 kN/m

vorh.Ah = A1h = 89.8 kN/m < zul.Ah

Nachweis für Anker 2 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 8.45 m

Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 252.5, E1v = 91.9 kN/m

zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 334.9 kN/m

vorh.Ah = A1h+A2h = 283.3 kN/m < zul.Ah

AUFNAHME DER VERTIKALKRÄFTE (Kräfte in kN/m)

Erddruck $E_{av} = 137.6$, V-Kraft am Wandkopf $P_v = 200.0$
 Ankerkräfte $A_v = 103.1$, Spundbohlen $G = 11.0$
 Ersatzkraft $C_v = 28.1$ Erdwiderstand $E_{pv} = -223.3$
 Inneres Gleichgewicht :
 $\eta_v = (E_{av} + A_v + P_v + G + C_v) / E_{pv} = 2.15$ min. $\eta_v = 1.00$

NACHWEIS DER GURTUNG

Bemessung für Lastfall H

 ANKERLAGE 1 : Gurt in St 52 zul. $\sigma = 240$ N/mm²

waagerechte Belastung aus Ankerkraft: vorh. $A_h = 283$ kN
 $M_h = A_h \cdot a / 10 = 89$ kNm
 Abstand der Gurtstützen : $b = 1.65$ m
 aus lotrechter Belastung (A_v): $M_v = 21$ kNm

gew: 2 U-Profile U 300 Stege waagerecht

vorh. $W_h = 1071$ cm³, vorh. $\sigma_z = 83 < 1.0 \cdot 240$ N/mm²
 vorh. $W_v = 136$ cm³, vorh. $\sigma_x = 155 < 1.0 \cdot 240$ N/mm²
 vorh. $\sigma_{xz} = 83 + 155 = 238 < 240$ N/mm²
 Steg: $F = 60.0$ cm², vorh. $\tau = 24 < \text{zul. } \tau = 139$ N/mm²

 ANKERLAGE 2 : Gurt in St 52 zul. $\sigma = 240$ N/mm²

waagerechte Belastung aus Ankerkraft: vorh. $A_h = 610$ kN
 $M_h = 192$ kNm,
 Abstand der Gurtstützen : $b = 0.60$ m
 aus lotrechter Belastung (A_v) : $M_v = 27$ kNm

gew: 2 U-Profile U 400 Stege waagerecht

vorh. $W_h = 2035$ cm³, vorh. $\sigma_z = 94 < 1.0 \cdot 240$ N/mm²
 vorh. $W_v = 203$ cm³, vorh. $\sigma_x = 133 < 1.0 \cdot 240$ N/mm²
 vorh. $\sigma_{xz} = 94 + 133 = 228 < 240$ N/mm²
 Steg: $F = 112.0$ cm², vorh. $\tau = 27 < \text{zul. } \tau = 139$ N/mm²

STREIFENLASTEN : p (kN/m ²) Xanf (m) Höhe (m) Breite (m)				
1	30.00	0.00	6.00	60.00

V E R A N K E R U N G

Ankerlage	1.	2.	3.
Ankerlage in Höhe H (m)	3.50	-1.50	-6.50
Neigung der Verankerung : Alpha = 18.40 Grad			
EINBINDETIEFE der Wand (geschätzt) : tg = 3.30 m			
AUFLAGERUNG im Boden : Wand ist im Boden frei aufgelagert			
Sicherheitsbeiwert beim Erdwiderstand :			Eta p = 1.00
Zusätzliche Sicherheit f.Kohs. (bei Ep):			Eta c = 1.00

E R D D R U C K B E I W E R T E

Schicht	1	2
Kah	0.43	0.28
Kph	0.00	5.74

Gewichtete Rechenwerte (ab Belastungsnullpunkt):
 res. Kph' = 5.46, Gamma' = 10.00 (kN/m²)

B E L A S T U N G D E R W A N D (kN/m²)
 Belastungsfigur nach Lehmann

Streifen .	Dicke (m)	horizontaler Erddruck		vertikaler Erddruck	
		eah oben	eah unten	eav oben	eav unten
1	2.50	0.0	26.4	0.0	6.3
2	5.00	26.4	79.3	6.3	18.8
3	5.00	79.3	79.3	18.8	28.9
4	5.49	79.3	55.5	28.9	20.2
5	1.82	0.0	-99.1	0.0	-45.2

S C H N I T T G R Ö S S E N
 (Traglastverfahren nach Weissenbach)

Feld	Moment (kNm/m)	Q oben (kN/m)	Q unten (kN/m)	N oben (kN/m)
Kragarm oben	27.5	-	33.0	-
Innenfeld 1	101.0	93.1	173.5	112.4
Innenfeld 2	123.9	187.2	220.4	351.5
Unteres Endfeld	234.5	263.6	-	647.1

Errechnete Einbindetiefe erf. tg = 3.46 m

B E M E S S U N G S G R Ö S S E N

M = 234.5 kNm/m, N = 647.1 kN/m, Q = 263.6 kN/m

B E M E S S U N G

Stahl-Spundbohlen in St Sp 37 mit zul.Sigma = 160 N/mm²
 zul.Tau = 92 N/mm² zul.Sigma v = 176 N/mm²

Gew : PROFIL Larssen 24 mit Wx = 2500 cm³/m

Bohlenbreite b = 500 mm Profilhöhe h = 420 mm
 Stegdicke s = 10.0 mm
 Querschnittsfläche A = 223 cm²/m

vorh.Sigma = M/Wx + N/A = 123 N/mm²

vorh. Tau = Q/s/h = 63 N/mm²

vorh.Sigma v = ((Sigma)² + 3*(Tau)²)^{0.5} = 164 N/mm²

Gewählte Bohlenlänge :

ges. L = 16.50 + 1.49 + 1.20 * 1.97 = 20.35 m

A N K E R N A C H W E I S E

Ankerlage	1.	2.	3.
-----------	----	----	----

vorh. Ankerkraft A (kN/m)	133.0	380.1	510.0
---------------------------	-------	-------	-------

Gewählter Ankerabstand (m)	3.00	2.00	2.00
----------------------------	------	------	------

Sicherheitsbeiwert für Ankerkraft Eta a = 1.50

ANKERTYP: Verpreßanker als Daueranker

Gew: nach Angaben der ausführenden Firma

Ankerlage	1.	2.	3.
-----------	----	----	----

vorh. Ankerkraft (kN)	399.0	760.1	1020.1
-----------------------	-------	-------	--------

wirks.Verank.-Länge lw (m)	8.75	13.38	16.45
----------------------------	------	-------	-------

Verpreßstrecke lw (m)	4.00	6.00	6.00
-----------------------	------	------	------

gew: Ankerlänge la (m)	20.00	21.00	21.00
------------------------	-------	-------	-------

zul. Ankerkraft A (kN)	400.0	800.0	1100.0
------------------------	-------	-------	--------

STANDSICHERHEIT IN DER TIEFEN GLEITFUGE (nach Kranz)

Wandhöhe (bis Querkraftnullpunkt) h = 19.96 m

Erddruck auf die Wand: Eah = 909.9, Eav = 279.8 kN/m

Nachweis für Anker 1 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 8.18 m

Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 282.7, E1v = 102.9 kN/m

zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 134.5 kN/m

vorh.Ah = A1h = 126.2 kN/m < zul.Ah

Nachweis für Anker 2 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 13.18 m

Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 500.1, E1v = 208.4 kN/m

zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 526.2 kN/m

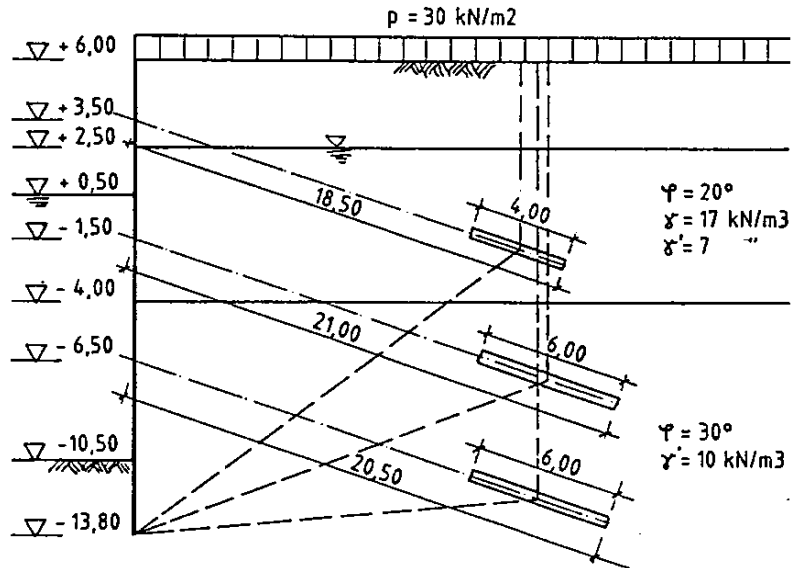
vorh.Ah = A1h+A2h = 486.8 kN/m < zul.Ah

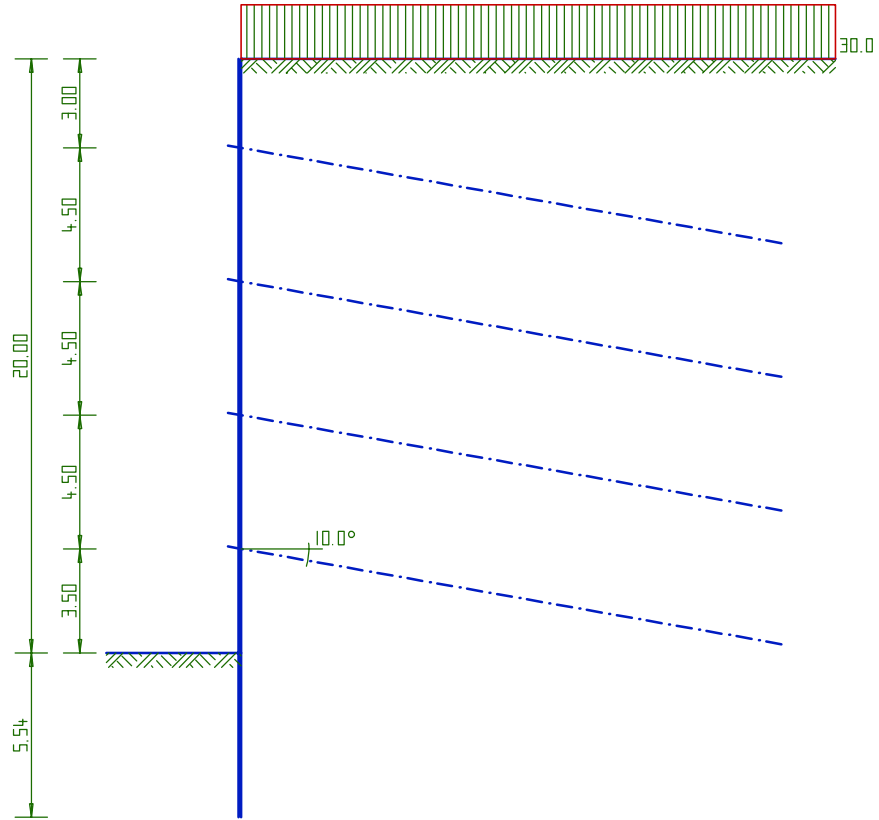
Nachweis für Anker 3 :

Höhe der Ersatzwand $h_1 = 18.18 \text{ m}$
 Erddruck auf Ersatzwand: $E_{1h} = 747.0, E_{1v} = 350.9 \text{ kN/m}$
 zul. $A_h = \text{mögl. } A_h / 1.5 = 979.5 \text{ kN/m}$
 vorh. $A_h = A_{1h} + A_{2h} + A_{3h} = 970.8 \text{ kN/m} < \text{zul. } A_h$

AUFNAHME DER VERTIKALKRÄFTE (Kräfte in kN/m)

Erddruck $E_{av} = 365.6, V\text{-Kraft am Wandkopf } P_v = 0.0$
 Ankerkräfte $A_v = 322.9, \text{ Spundbohlen } G = 31.5$
 Mantelreibung $Q_r = q_r \cdot (t - 0.5) = 200 \cdot 3.35 = 670.1 \text{ kN/m}$
 Spitzendruckkraft $Q_s = (600 + 120 \cdot (t - 0.5)) \cdot h = 501.0 \text{ kN/m}$
 $\eta_v = (Q_r + Q_s) / (E_{av} + A_v + G + P_v) = 1.63 \text{ min } \eta_v = 1.50$





G E L Ä N D E G E O M E T R I E (Punkt 1 = Wandkopf)

Punkt	1.	2.
X-Koordinate (m)	0.00	60.00
Höhe H (m)	0.00	0.00

Baugrubensohle: OK Sohle H = -20.00 m, Neigung 0.00 Grad

B O D E N K E N N W E R T E

Schicht Nr. (-)	UK Höhe H --(m)--	Raumgewicht üb./unt.Wasser ---(kN/m3)---	Boden Phi ----(Grad)----	Wandreibung aktiv passiv	wirks. Kohs. (kN/m2)
1	-30.00	18.00 10.00	30.00	20.00 -20.00	0.00

B E L A S T U N G

STREIFENLASTEN : p (kN/m2) Xanf (m) Höhe (m) Breite (m)				
1	30.00	0.00	0.00	60.00

V E R A N K E R U N G

Ankerlage	1.	2.	3.	4.
Ankerlage in Höhe H (m)	-3.00	-7.50	-12.00	-16.50

Neigung der Verankerung : Alpha = 10.00 Grad

EINBINDETIEFE der Wand (geschätzt) : tg = 4.50 m

AUFLAGERUNG im Boden : Wand ist im Boden eingespannt

Sicherheitsbeiwert beim Erdwiderstand : Eta p = 1.50

Zusätzliche Sicherheit f.Kohs. (bei Ep) : Eta c = 2.00

E R D D R U C K B E I W E R T E

Schicht	1
Kah	0.28
Kph	5.74

Gewichtete Rechenwerte (ab Belastungsnullpunkt):

 res. Kph' = 3.90, Gamma' = 18.00 (kN/m²)

B E L A S T U N G D E R W A N D (kN/m²)

Belastungsfigur nach Lehmann

Streifen	Dicke (m)	horizontaler Erddruck		vertikaler Erddruck	
		eah oben	eah unten	eav oben	eav unten
1	3.00	0.0	30.8	0.0	11.2
2	4.50	30.8	76.9	11.2	28.0
3	4.50	76.9	76.9	28.0	28.0
4	4.50	76.9	66.2	28.0	24.1
5	5.21	66.2	53.8	24.1	19.6
6	2.79	0.0	-196.0	0.0	-71.3

S C H N I T T G R Ö S S E N

(Traglastverfahren nach Weissenbach)

Feld	Moment (kNm/m)	Q oben (kN/m)	Q unten (kN/m)	N oben (kN/m)
Kragarm oben	46.1	-	46.1	-
Innenfeld 1	75.5	94.9	149.8	129.8
Innenfeld 2	97.3	170.1	174.6	312.2
Innenfeld 3	83.8	158.5	170.1	488.2
Unteres Endfeld	142.7	190.9	-	665.7

Errechnete Einbindetiefe erf. tg = 4.90 m

B E M E S S U N G S G R Ö S S E N

M = 142.7 kNm/m, N = 665.7 kN/m, Q = 190.9 kN/m

B E M E S S U N G

Stahl-Spundbohlen in St Sp 37 mit zul.Sigma = 160 N/mm²
 zul.Tau = 92 N/mm² zul.Sigma v = 176 N/mm²

Gew : PROFIL Larssen 604 mit Wx = 1620 cm³/m

Bohlenbreite b = 600 mm Profilhöhe h = 380 mm
 Stegdicke s = 9.0 mm
 Querschnittsfläche A = 158 cm²/m

vorh.Sigma = M/Wx + N/A = 130 N/mm²

vorh. Tau = Q/s/h = 56 N/mm²

vorh.Sigma v = ((Sigma)² + 3*(Tau)²)^{0.5} = 162 N/mm²

Gewählte Bohlenlänge :

ges. L = 20.00 + 1.71 + 1.20 * 3.19 = 25.54 m

A N K E R N A C H W E I S E

Ankerlage	1.	2.	3.	4.
vorh. Ankerkraft A (kN/m)	143.2	324.8	338.2	366.5
Gewählter Ankerabstand (m)	3.00	2.50	2.50	2.50

Sicherheitsbeiwert für Ankerkraft Eta a = 1.50

ANKERTYP: Verpreßanker als Kurzzeitanker

Gew: nach Angaben der ausführenden Firma

Ankerlage	1.	2.	3.	4.
vorh. Ankerkraft (kN)	429.6	812.0	845.5	916.3
wirks.Verank.-Länge lw (m)	10.84	11.25	11.66	12.57
Verpreßstrecke lw (m)	4.00	6.00	5.00	6.00
gew: Ankerlänge la (m)	25.00	22.50	20.00	18.00
zul. Ankerkraft A (kN)	500.0	900.0	900.0	950.0

STANDSICHERHEIT IN DER TIEFEN GLEITFUGE (nach Kranz)

Wandhöhe (bis Querkraftnullpunkt) h = 23.57 m
 Erddruck auf die Wand: Eah = 1598.5, Eav = 543.0 kN/m

Nachweis für Anker 1 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 6.99 m
 Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 167.3, E1v = 96.6 kN/m
 zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 330.1 kN/m
 vorh.Ah = A1h = 141.0 kN/m < zul.Ah

Nachweis für Anker 2 :

Höhe der Ersatzwand h1 = 10.89 m
 Erddruck auf Ersatzwand: E1h = 358.5, E1v = 207.0 kN/m
 zul. Ah = mögl.Ah/1.5 = 583.6 kN/m
 vorh.Ah = A1h+A2h = 460.9 kN/m < zul.Ah

Nachweis für Anker 3 :

Höhe der Ersatzwand $h_1 = 15.04 \text{ m}$
 Erddruck auf Ersatzwand: $E_{1h} = 640.0, E_{1v} = 369.5 \text{ kN/m}$
 zul. $A_h = \text{mögl. } A_h / 1.5 = 876.6 \text{ kN/m}$
 vorh. $A_h = A_{1h} + A_{2h} + A_{3h} = 794.0 \text{ kN/m} < \text{zul. } A_h$

Nachweis für Anker 4 :

Höhe der Ersatzwand $h_1 = 19.10 \text{ m}$
 Erddruck auf Ersatzwand: $E_{1h} = 992.9, E_{1v} = 573.3 \text{ kN/m}$
 zul. $A_h = \text{mögl. } A_h / 1.5 = 1242.1 \text{ kN/m}$
 vorh. $A_h = A_{1h} + A_{2h} + A_{3h} + A_{4h} = 1154.9 \text{ kN/m} < \text{zul. } A_h$

AUFNAHME DER VERTIKALKRÄFTE (Kräfte in kN/m)

Erddruck $E_{av} = 588.8, V\text{-Kraft am Wandkopf } P_v = 0.0$
 Ankerkräfte $A_v = 203.6, \text{ Spundbohlen } G = 28.0$
 Ersatzkraft $C_v = 23.6, \text{ Erdwiderstand } E_{pv} = -217.2$
 Inneres Gleichgewicht :
 $\text{Eta } v = (E_{av} + A_v + P_v + G + C_v) / E_{pv} = 3.89 \text{ min. } \text{Eta } v = 1.00$

