

# 53D Schlitzwand / Bohrpfehlwand (Ortbetonwand) nach Teilsicherheitskonzept

(Stand: 05.06.2009)

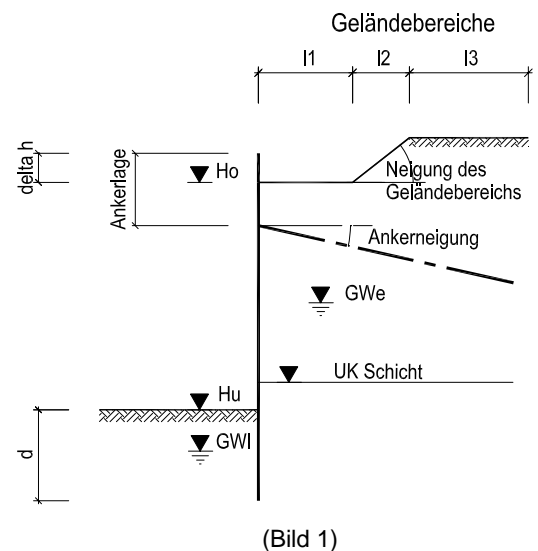
## Leistungsumfang

Mit dem Programm 053D können Baugrubenwände als Ortbetonwand mit bis zu 5 Ankern oder Steifen nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054:2005-01 berechnet werden. Die Wand kann dabei eingespannt, frei gelagert oder auch ohne Erdaufleger berechnet werden. Das Gelände kann waagrecht, geneigt oder gebrochen sein. Es können Flächenlasten, Linienlasten sowie Lasten am Wandkopf berücksichtigt werden. Bis zu 5 Bodenschichten sind möglich. Verschiedene Rechenoptionen erlauben es, die Berechnung an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Alle wichtigen Ergebnisse werden auch grafisch dargestellt. Neben einer Stahlbetonbemessung (Biegung, Querkraft, Rissnachweis) werden auch die Nachweise der Aufnahme der Vertikalkräfte und der Nachweis in der tiefen Gleitfuge geführt.

## Eingaben

### Geometrie / System

- Angabe der Wandart (s. Bild 2)
- Höhe  $H_0$  Geländebeginn als Höhenkote (s. Bild 1)
- Differenzhöhe  $\Delta h$  zum Wandkopf
- Höhe  $H_u$  der Baugrubensohle als Höhenkote
- Wanddicke  $h$  bei Schlitzwand bzw. Pfeildurchmesser  $d_p$  und –abstand  $a_p$  bei Bohrpfehlwand (s. Bild 2)
- Betonwichte
- Grundwasserstand  $GW_e$  erdseitig und  $GW_l$  luftseitig ( $GW_l \leq GW_e$ )
- Beschreibung des Geländes in bis zu 3 Abschnitten (jeweils Länge und Neigung [°] des Abschnitts)
- Anzahl Anker /Steifen (max. 5) sowie deren Lage (unter OK Wandkopf) und Neigung (fallend = positiv!)



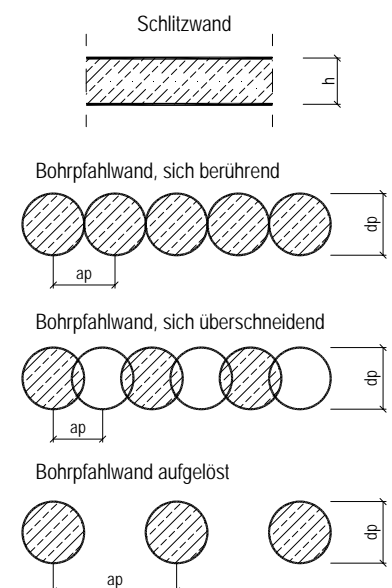
(Bild 1)

### Voreinstellungen: Wahl der Nachweise und Ausgabewahl

Nach Eingabe der Geometrie kann die Wahl der Nachweise getroffen werden:

- Nachweis der Rissbreite: I. Allg. ist dieser Nachweis nach [3] nur für Dauerbauwerke erforderlich.
- Nachweis der Aufnahme der Vertikalkräfte
- Nachweis in der tiefen Gleitfuge
- Wahl, ob die Biegelinie nur aus ständigen Lasten oder den gesamten Lasten bestimmt werden soll.

Der Umfang der Ausgabe im Formular kann vom Anwender beeinflusst werden. Zum Beispiel die Ausgabe der Erddruckverteilung und der Bemessungsgrößen als Tabelle oder als Grafik (standardmäßig wird beides ausgegeben).



(Bild 2)

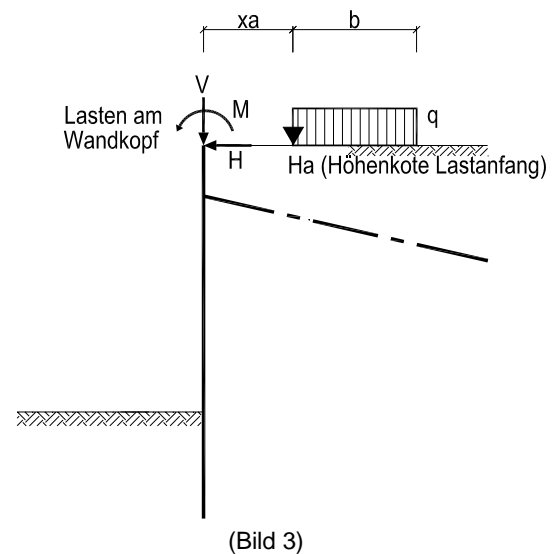
## Charakteristische Bodenkennwerte und Wasserstand

Für den Baugrund können bis zu 5 Schichten definiert werden, die ab Höhe Gelände  $H_0$  definiert sind. Es werden Unterkante der Schicht (Höhenkote), Wichte  $\gamma$ , Wichte  $\gamma'$  (unter Auftrieb), Reibungswinkel  $\varphi$ , Wandreibungswinkel aktiv  $\delta_a$ , Wandreibungswinkel passiv  $\delta_p$  und die Kohäsion  $c$  eingegeben. Der Wandreibungswinkel  $\delta_a$  darf i. Allg. mit  $\delta_a = 2/3 \cdot \varphi$  angesetzt werden, während der Wandreibungswinkel  $\delta_p$  nur so groß angesetzt werden kann, dass der Nachweis der Aufnahme der Vertikalkräfte erfüllt ist (s.u.). Bei verankerten Wänden mit Ankerneigung kann meist  $\delta_p = -2/3 \cdot \varphi$  gewählt werden, bei unverankerten Wänden ist der Wert betragsmäßig geringer anzusetzen (in vielen Fällen kann mit  $\delta_p = -1/2 \cdot \varphi$  gerechnet werden).

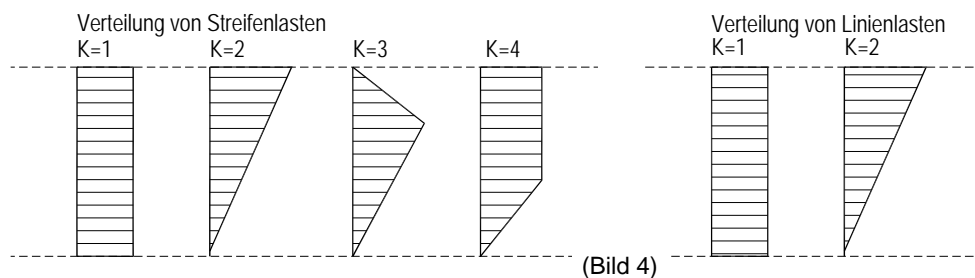
## Belastung

Das Teilsicherheitskonzept im Grundbau kennt prinzipiell nur die Unterscheidung von ständigen und nichtständigen Lasten, daher werden bei der Eingabe nur die Kategorien 'G' sowie 'Q,1' angeboten.

- **Durchgehende Flächenlast:**  
Bei homogenem Gelände kann eine durchgehende Flächenlast angesetzt werden. Diese darf bis zu einer Größe von  $q=10 \text{ kN/m}^2$  als ständige Last betrachtet werden (s. [1], 10.3.1), was im Programm dann automatisch gesetzt wird.
- **Begrenzte Flächenlasten (Streifenlasten):**  
Zur durchgehenden Flächenlast können bis zu 3 Streifenlasten auf oder unter dem Gelände definiert werden. Angaben über Lastgröße und Kategorie, Abstand vom Wandkopf  $x_a$ , Höhe des Lastbeginns  $H_a$  (Höhenkote), Breite und Neigung der Last sowie Art der Erddruckverteilung werden hier erwartet (s. Bild 3 und Bild 4). Bei Streifenlasten mit geringer Breite sind die Verteilungen 2 oder 3, sonst die Verteilungen 1 oder 4 geeignet.
- **Linienlasten:**  
Maximal 3 Linienlasten können definiert werden. Lastgröße in vertikaler und/oder horizontaler Richtung, Kategorie, Lage und Verteilung der Last sind anzugeben. Die Last kann sich auf oder unter dem Gelände befinden (zur Verteilung s. Bild 4).



(Bild 3)



(Bild 4)

### Hinweis:

Die Angabe der Verteilung wird bei iterativer Erddruckermittlung (s.u.) nicht ausgewertet, da sie sich durch die Iteration ergibt.

- **Lasten am Wandkopf:**  
Vertikallasten, Horizontallasten und Momente am Wandkopf können hier angegeben werden. Die oben angegebenen Lastsymbole zeigen die Positivrichtungen an. Es können ständige und nichtständige Lastanteile definiert werden.

## Teilsicherheiten

Aus den Einwirkungskombinationen (EK) und Sicherheitsklassen der DIN 1054 ergeben sich wieder die üblichen Grundbau- Lastfälle:

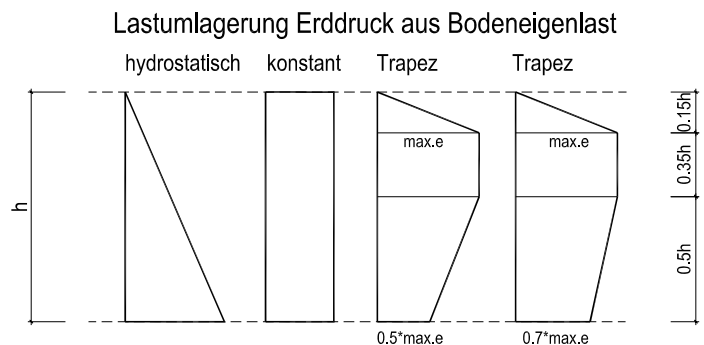
- LF 1: Ständige Bemessungssituation
- LF 2: Vorübergehende Bemessungssituation (z.B. Bauzustand)
- LF 3: Außergewöhnliche Bemessungssituation

Aus dem gewählten Lastfall ergeben sich die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände nach [1], 6.4 bzw. [10].

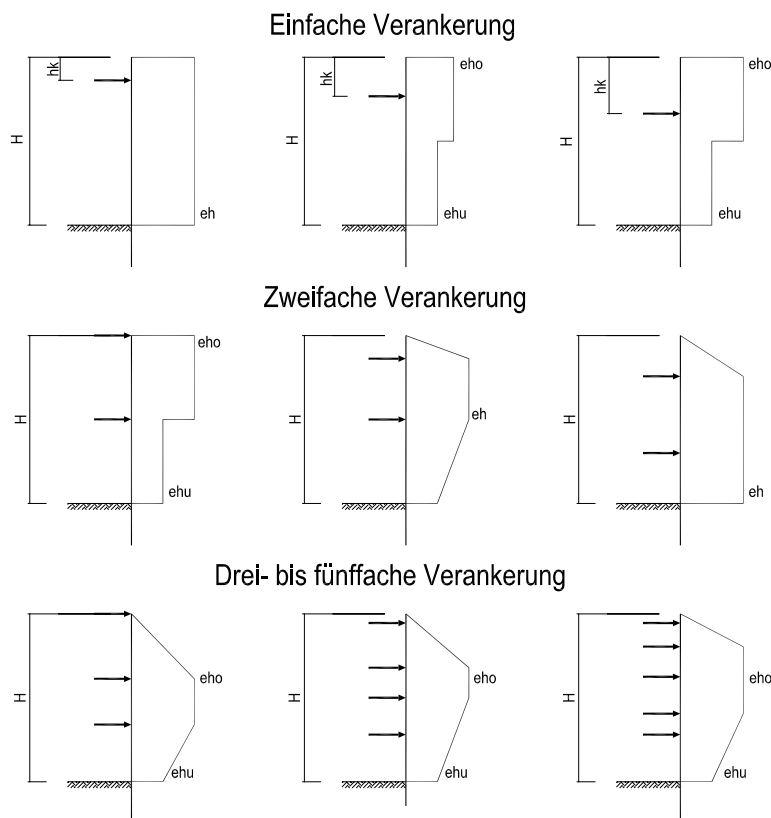
## Berechnungsoptionen

Für die Durchführung der Berechnung sind u.U. noch einige Optionen anzugeben:

- **Erhöhungsfaktor  $f_a$  für den aktiven Erddruck:**  
I. Allg. ist der Erddruck als erhöhter aktiver Erddruck oder Ruhedruck anzusetzen ( $f_a > 1$ ). Da der Ruhedruck nur für homogene Verhältnisse einfach zu ermitteln ist, wird er durch einen Erhöhungsfaktor beschrieben.  
**Beispiel:**  
Bei einem Reibungswinkel  $\varphi = 30^\circ$  und waagerechtem Gelände beträgt der Beiwert für den aktiven Erddruck  $K_{agh} = 0.33$ , der Beiwert für den Ruhedruck  $K_{oh} = 0.50$ . Als Erhöhungsfaktor ergibt sich  $f_a = 1.50$ , für die Berechnung mit dem Mittelwert zwischen aktivem Erddruck und Ruhedruck  $f_a = 1.25$ .
- **Verteilung des aktiven Erddrucks aus Bodeneigenlast:**  
Bei verankerten Wänden ergibt sich statt der hydrostatischen, dreieckförmigen Spannungsverteilung eine Umlagerung der Erddruckspannungen zu den Ankerlagen hin. Dies kann durch verschiedene Umlagerungsfiguren beschrieben werden (Bild 5, Bild 6). Am einfachsten für den Benutzer ist die Umlagerung nach [3], EB 70, bei der das Programm in Abhängigkeit von Ankeranzahl und -lage die entsprechende Lastfigur bestimmt.
- **Verteilungshöhe der Erddruckumlagerung:**  
Die Verteilung kann entweder bis Höhe Sohle oder bis UK Wand vorgenommen werden (letzte ergibt höhere Ankerkräfte).
- **Anpassungsfaktor  $f_p$  für den Erdwiderstand:**  
I. Allg. darf der Erdwiderstand bei Ortbetonwänden voll angesetzt werden ( $f_p = 1$ ).
- **Anpassungsfaktor  $f_c$  der Kohäsion beim Erdwiderstand:**  
Bei hoher Kohäsion ist u.U. eine Abminderung der Kohäsion bei der Ermittlung des Erdwiderstands sinnvoll.



(Bild 5)



Lastumlagerung  
Erddruck aus  
Bodeneigenlast  
nach EAB, EB 70

(Bild 6)

## Erddruckberechnung

Da eine Erddruckberechnung mit Hilfe von Formeln nach [2] bzw. [5] für die Erddruckbeiwerte nur dann erfolgen kann, wenn gleichmäßige Verhältnisse vorliegen, wird die Erddruckberechnung wie folgt intern unterschieden: Ungleichmäßige Verhältnisse sind dann gegeben, wenn

- entweder gebrochenes Gelände vorhanden ist,
- oder Grundwasser und ein geneigtes Gelände vorhanden sind,
- oder eine hohe Zusatzlast (Last größer als Eigenlast der Hinterfüllung) vorhanden ist, was eine Untersuchung von möglichen Zwangsgleitflächen zur Folge hat.

In diesen Fällen wird iterativ gerechnet, so dass eine Ausgabe von Erddruckbeiwerten nicht möglich ist. Es wird hierbei für eine vorgegebene Gleitfuge aus dem Krafteck der Erddruck bestimmt. Die Neigung der Gleitfuge wird variiert, um den größten Erddruck zu erhalten. Lasten außerhalb des Gleitkörpers werden nicht angesetzt! Da mit dieser Methode nur der Gesamterddruck ermittelt werden kann, wird der Erddruck über die Wandhöhe schrittweise ermittelt und dann durch numerische Differentiation die Spannungsverteilung bestimmt. Dadurch entsteht i. Allg. keine lineare Erddruckverteilung wie bei der Berechnung mit Erddruckbeiwerten.

*Liegen ungleichmäßige Verhältnisse vor, wird automatisch die iterative Berechnung durchgeführt; bei gleichmäßigen Verhältnissen kann der Benutzer entscheiden, welche Art der Berechnung er bevorzugt.*

Die Erddruckausgabe unterscheidet den Erddruck aus ständigen und nichtständigen Lasten, da diese später bei der Bemessung und den Standsicherheitsnachweisen mit unterschiedlichen Sicherheiten versehen werden. Die Erddruckverteilung wird auch grafisch dargestellt.

## Ermittlung von Einbindetiefe und Schnittgrößen

Die Berechnung geschieht in 2 Schritten:

- a. Im ersten Schritt werden Einbindetiefe und charakteristischen Auflagerkräfte ermittelt. Hierbei wird statt des verteilten Erdwiderstands in dessen Schwerpunkt ein Auflager  $B_h$  angesetzt. Für eine ausreichende Einbindetiefe ist nachzuweisen (vgl. [6]):

$$B_{hd} \leq E_{phd}$$

$$\text{mit } B_{hd} = B_{hgk} \cdot \gamma_G + B_{hqk} \cdot \gamma_Q \quad \text{und} \quad E_{phd} = \frac{E_{phk}}{\gamma_{Ep}}$$

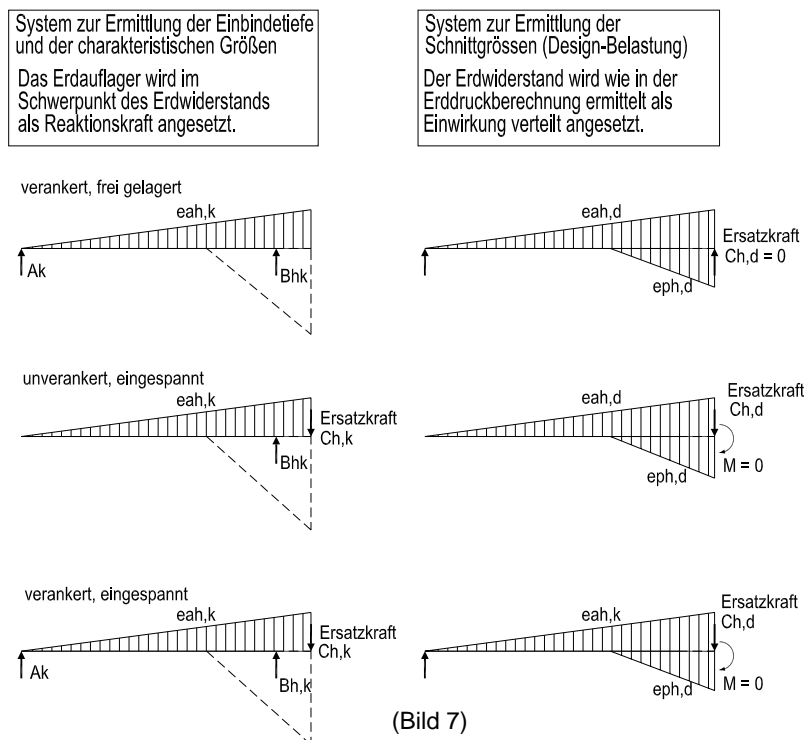
$$\text{Ausnutzungsgrad } \mu = \frac{B_{hd}}{E_{phd}}$$

Diese Berechnung wird iterativ durchgeführt (Mindesteinbindetiefe  $d \geq 1.00 \text{ m}$ ).

Mit den hier ermittelten Anteilen der Auflagerkraft aus ständigen und nichtständigen Lasten kann auch ein Reduktionsfaktor zur Bestimmung der Biegelinie errechnet werden.

- b. In einem zweiten Schritt werden die Bemessungsschnittgrößen bestimmt. Dabei werden alle Erddrücke (aktiver Erddruck aus ständigen bzw. nichtständigen Lasten, Erdwiderstand) mit dem jeweiligen Teilsicherheitsbeiwert angesetzt. Der Erdwiderstand wird dabei mit dem oben ermittelten Ausnutzungsgrad als verteilte Spannung angesetzt.

Die statischen Systeme für die Berechnung können Bild 7 entnommen werden. Die Schnittgrößen werden auch grafisch dargestellt.



## Bemessung

Die Bemessung kann wahlweise nach DIN 1045-1:2001-07 oder DIN 1045-1:2008-08 vorgenommen werden.

Als Baustoffe können Normal- oder Leichtbeton mit Stabstahl zum Einsatz kommen. Die Bemessung der Längsbewehrung erfolgt für das Schnittkraftpaar aus Moment und Normalkraft in den Zehntelpunkten des Systems. Bei der Eingabe der Betondeckung sind die Mindestwerte der DIN EN 1536 / 1538 zu beachten! Für Bohrpfähle gilt  $c \geq 60$  mm ( $c \geq 50$  mm bei  $d_p \leq 0.60$  m), für Schlitzwände i. Allg.  $c \geq 75$  mm.

Bei der Wahl der Bewehrung (durchgehend gleiche Bewehrung) wird die Mindestbewehrung nach [7] bzw. [8] und [9] berücksichtigt. Für die Bewehrung können auch Stabbündel mit bis zu drei Stäben je Bündel gewählt werden. Die Einhaltung des maximal zulässigen Bewehrungsgehaltes von 0,9% bzw. der erforderlichen Mindeststababstände nach [7] bzw. [8] wird überprüft.

Der Querkraftnachweis wird ebenfalls in den Zehntelpunkten geführt. Dabei werden Bereiche, in denen die Mindestbewehrung ausreichend ist, zusammengefasst. Für Abschnitte, die über der Mindestbewehrung liegen, wird das dortige Maximum ausgegeben.

Ein Rissnachweis kann für Lastbeanspruchung nach [9], 11.2.2 oder 12.2.4, oder für Zwangsbeanspruchung geführt werden. Laut [3], 13.5, ist ein Nachweis jedoch nur bei bestimmten Expositionsklassen oder für Dauerbauwerke notwendig.

## Nachweis der Vertikalkomponente des Erdwiderstands

Hierbei muss nachgewiesen werden, dass die Summe der nach unten gerichteten *charakteristischen* Einwirkungen (Eigenlast Wand  $G_k$ , Vertikalanteile des aktiven Erddrucks  $E_{avk}$  und der Ankerkräfte  $A_{vk}$ , Vertikallasten am Wandkopf  $F_{vk}$ , Ersatzkraft  $C_{vk}$  bei Einspannung) größer als der Vertikalanteil der Erdauflagerkraft  $B_{vk}$  ist (sog. 'inneres Gleichgewicht').

Nachweis:  $S_k = E_{avk} + F_{vk} + C_{vk} + A_{vk} + G_k \geq B_{vk}$

Ist dieser Nachweis nicht erfüllt, muss eine Neuberechnung mit reduziertem Wandreibungswinkel  $\delta_p$  durchgeführt werden!

## Nachweis der Abtragung der Vertikalkräfte in den Untergrund

Dieser auch als 'äußeres Gleichgewicht' bekannte Nachweis ermittelt, ob die nach unten gerichteten Einwirkungen von Spitzendruck und Mantelreibung bzw. dem Vertikalanteil des Erdwiderstands als Widerständen aufgenommen werden können. Er wird für den *Grenzzustand GZ 1B* geführt.

Nachweis:  $S_d \leq R_d$

$$S_d = E_{av,d} + A_{v,d} + F_{v,d}$$

$$R_d = \text{MAX}(E_{pv,d} ; F_{s,d}) + F_{b,d}$$

- $F_{s,d}$  Mantelreibung über die erdseitige Oberfläche mit der gewählten Einbindetiefe  $d$ .  
Es darf auf der Innenseite (Luftseite) nur entweder der Erdwiderstand oder die Mantelreibung angesetzt werden. Der empfohlene Wert für die Mantelreibung beträgt nach [3], (Anhang A10)  $q_{sk} = 60 \text{ kN/m}^2$ . Der größere Wert aus Mantelreibung und Vertikalanteil des Erdwiderstands darf angesetzt werden.
- $F_{bd}$  Spitzendruck.  
Empfohlener Wert für den Spitzendruck nach [3] (Anhang A10)  $q_{bk} = 600 + 120 \cdot (d - 0.50) \text{ kN/m}^2$   
( $d$  = Einbindetiefe)

Es ist darauf hinzuweisen, dass laut EAB [3], EB 85, die Mindest-Einbindetiefe  $d \geq 3.00 \text{ m}$  betragen muss, wenn die Wand außer ihrem Eigengewicht und den Vertikalanteilen aus Bodeneigenlast weitere Vertikallasten aufzunehmen hat (z.B. aus Ankerkräften oder Lasten am Wandkopf)!

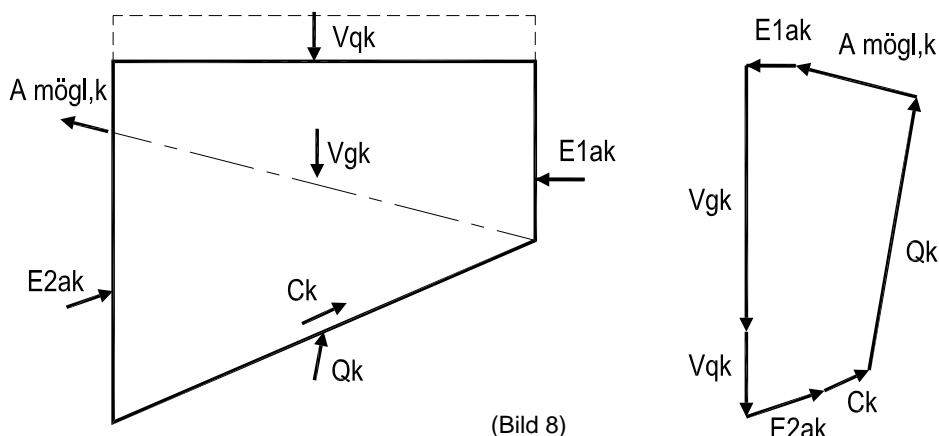
## Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge (für Verpressanker)

Dieser Nachweis dient der Ermittlung der erforderliche Ankerlänge. Er wird nach [3], EB 44, bzw. [4], E 10 geführt. Für den Gleitkörper hinter der Wand wird über Gleichgewichtsbedingungen eine mögliche charakteristische Ankerkraft  $A_{mögl,k}$  ermittelt (s. Bild 8). Die mögliche Ankerkraft wird nach [4] reduziert, wenn der Ankerabstand größer als die halbe Länge der Verpressstrecke beträgt. Bei Schichtung bzw. mehrfacher Verankerung siehe [4], E10.

Eingaben:

- Ankerabstand
- Gesamt-Ankerlänge(n)
- Lasteinleitungslänge(n) (=Verpressstrecke)

Nachweis:  $A_{vorh,d} \leq A_{mögl,d}$   
 $A_{vorh,d}$  = Bemessungswert der Ankerbeanspruchung  
 $A_{mögl,d} = A_{mögl,k} / \gamma_{Ep}$  = Bemessungswert des Widerstands



## Zusätzlich erforderliche Nachweise

Es ist darauf hinzuweisen, dass unter Umständen noch der Nachweis gegen Aufbruch des Bodens in der Baugrubensohle und der Nachweis gegen Geländebruch zu führen sind. Die Bemessung einer Ankergurtung ist mit einem separaten Programm durchzuführen (z.B. 45J), ebenso wie eine Steifenbemessung (z.B. 32U oder 45B).

Im Übrigen sind die Empfehlungen von EAB [3] und EAU [4] zu beachten.

## Weiterleitungsdaten und Nachlaufpositionen

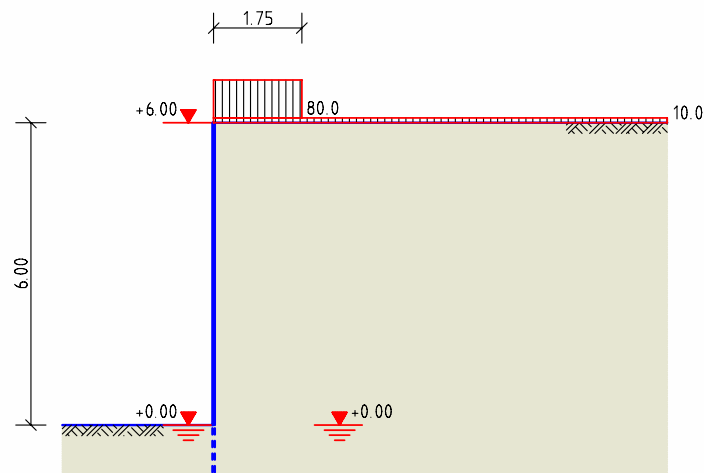
Bei verankerten Systemen werden die Ankerkräfte als charakteristische Größen zur Lastübernahme in anderen Positionen abgelegt. Für den Nachweis des Geländebruchs werden alle erforderlichen Daten abgelegt, das Programm 53G (Geländebruchnachweis) kann direkt als Nachlaufposition gewählt werden (53G ist nicht im Leistungsumfang von 53D enthalten).

## Literatur

- [1] DIN 1054:2005-01: Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- [2] DIN 4085:2007-10: Baugrund - Berechnung des Erddrucks
- [3] Empfehlungen des Arbeitskreises 'Baugruben' (EAB), Ernst und Sohn, 2006.
- [4] Empfehlungen des Arbeitsausschusses 'Ufereinfassungen' (EAU), Ernst und Sohn, 2004.
- [5] DIN V 4085-100:1996-04: Berechnung des Erddrucks
- [6] Weißenbach, A. und Hettler, A.: Berechnung von Baugrubenwänden nach der neuen DIN 1054. Die Bautechnik 80 (2003), Heft 12, S. 857-874.
- [7] DIN EN 1536-1999-06: Bohrpfähle
- [8] DIN EN 1538-2000-07: Schlitzwände
- [9] DIN 1045-1:2001-07 / DIN 1045-1:2008-08
- [10] DIN 1054 Berichtigung 3:2008-01



## POS. 101 BOHRPFAHLWAND

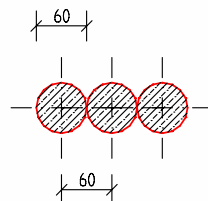


### Geometrie und System Bohrpfahlwand, sich berührend

Höhenkote Beginn Gelände an Wand	Ho =	6.00 m
Freie Wandhöhe über Ho	Delta H =	0.00 m
Höhe Baugrubensohle	Hu =	0.00 m
Pfahlabmessungen	Pfahlabstand ap =	0.60 m, Pfahldurchmesser dp = 0.60 m
Wandneigung	gamma =	25.0 kN/m <sup>3</sup> , g = 11.8 kN/m <sup>2</sup>
Grundwasserstand	erdseitig Gwe =	0.00 m, luftseitig Gwl = 0.00 m

Geländedefinition	Bereich	1	2	3
Grundlänge li (m)		10.00	-	-
Geländeneigung beta (Grad)		0.00	-	-

### Pfahlanordnung



### Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht-Nr.	Unterkante H [m]	gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	gamma' [kN/m <sup>3</sup> ]	phi [°]	delta a [°]	delta p [°]	Kohäsion c [kN/m <sup>2</sup> ]
1	-10.00	20.00	10.00	27.50	18.30	-12.50	20.0

### Charakteristische Belastung

Durchgehende Flächenlast auf Gelände q0 = 10.00 kN/m<sup>2</sup> Kategorie G

Begrenzte Flächenlasten

Verteilungsart des Erddrucks: 1 = konstant, 2 = Dreieck (Maximum oben)  
3 = Dreieck (Maximum innen), 4 = Trapez

Last-Nr.	Lastgröße [kN/m <sup>2</sup> ]	Kategorie	Anfangspunkt xa [m]	Ha [m]	Lastbreite b [m]	Neigung [°]	Verteilungsart Erddruck
q1	80.00	Q, 1	0.00	6.00	1.75	0.00	1

### Teilsicherheiten für Lastfall 2, GZ 1B:

G, EA (g)	Q, EA (q)	Wasserdruck	Ep	Anker
1.25	1.30	1.25	1/1.30	1/1.10



### Berechnungsoptionen

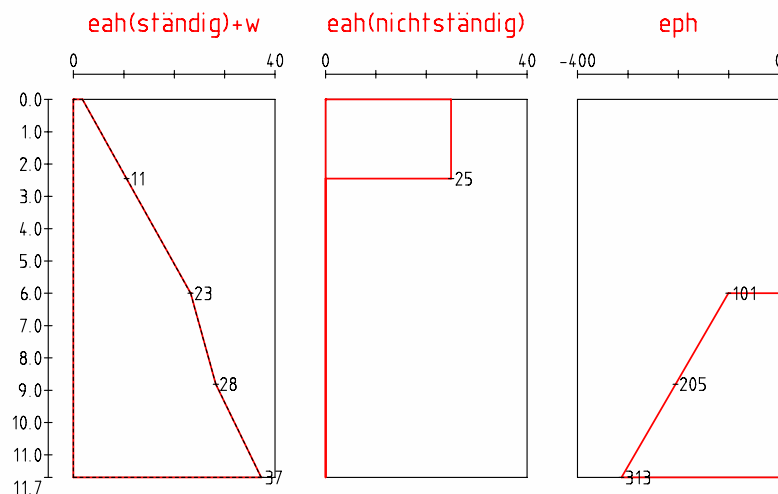
- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck .....  $f_a = 1.00$
- Mindesterdruk für kohäsive Schicht .....  $j_a$
- Anpassungsfaktor für Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_p = 1.00$
- Ansatz der Kohäsion beim Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_c = 1.00$

### Erddruckbeiwerte

Schicht	K <sub>agh</sub>	K <sub>aghmin</sub>	K <sub>aph</sub>	K <sub>avh</sub>	K <sub>ahh</sub>	K <sub>ach</sub>	K <sub>pgh</sub>	K <sub>pch</sub>
1	0.311	0.179	0.311	0.436	0.856	-1.046	3.719	5.044

### Charakteristische Erddruckverteilung [kN/m<sup>2</sup>] für Einbindetiefe $d = 5.70$ m

Höhe unter Gelände [m]	Lam-Dicke [m]	Bodeneigenlast $e_{agh}$	Wasserdruck $w$	Zusatzlasten $e_{ah}(g)$	Erdwiderstand $e_{ph}$
0.00	-	0.0	0.0	0.0	0.0
0.00	-	1.8	0.0	0.0	0.0
2.45	2.45	10.5	0.0	0.0	0.0
2.45	-	10.5	0.0	0.0	0.0
6.00	3.55	23.2	0.0	0.0	0.0
6.00	-	23.2	0.0	0.0	100.9
8.81	2.81	28.2	0.0	0.0	205.4
11.70	2.89	37.2	0.0	0.0	312.9



Erdwiderstand  $E_{phk} = 1179.2$ ,  $E_{phd} = 907.1$  kN/m  
 Erdauflager:  $B_{hbk} = 434.3$ ,  $B_{hqk} = 270.6$ ,  $B_{hk} = 704.9$ ,  $B_{hd} = 894.6$  kN/m  
**Nachweis Einbindetiefe:**  $B_{hd} / E_{phd} = 894.6 / 907.1 = 0.99 < 1.00$

Ersatzkraft Wandfuß:  $Ch_{gk} = -192.3$ ,  $Ch_{qk} = -209.6$ ,  $Ch_k = -401.9$  kN/m

**Erforderliche Trägerlänge  $l = 6.00 + 1.20 \cdot 5.70 = 12.84$  m, gew.  $l = 13.00$  m**

**Baustoffe:** Normal beton C 25/30 **BSt 500S(A)**  
 Größtkorn des Zuschlags  $d_g = 32.0$  mm

**Expositionsklassenauswahl** mit Betondeckung [mm]: c.min del.ta.c  
 XC2 Nass, selten trocken 15 45  
 gewählte Betondeckung  $c = 60$  mm

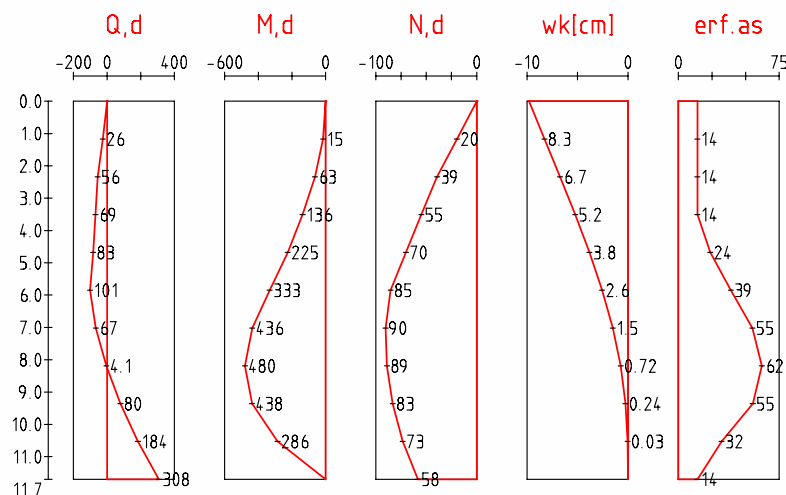
**Schnittgrößen und erf. Bewehrung**

$$h/d_1/d = 60.0/8.5/51.5 \text{ cm}$$

z [m]	Qd [kN]	Nd [kN]	Md [kNm]	f [cm]	erf. As [cm <sup>2</sup> ]	min. As [cm <sup>2</sup> ]
0.00	0.0	0.0	0.0	-9.8	0.04	14.14
1.17	-26.1	-19.6	-14.9	-8.3	0.77	14.14
2.34	-56.0	-39.3	-62.6	-6.7	4.69	14.14
3.51	-68.8	-54.9	-136.4	-5.2	12.61	14.14
4.68	-83.2	-70.2	-225.0	-3.8	23.75	14.14
5.85	-101.3	-85.4	-332.6	-2.6	39.03	14.14
7.02	-66.7	-90.4	-436.4	-1.5	55.10	14.14
8.19	-4.1	-89.0	-479.9	-0.7	62.21	14.14
9.36	79.7	-83.3	-437.7	-0.2	55.41	14.14
10.53	183.7	-73.5	-285.5	0.0	32.20	14.14
11.70	307.7	-58.5	0.0	0.0	0.20	14.14

Wahl Längsbewehrung:

$$11 \times 1 \text{ ds } 28 / 12.1 \text{ vorh. As} = 67.73 \text{ cm}^2$$



**Querkraftnachweis für ständige/vorübergehende Bemessungssituation**

Druckstrebenwinkel : automatisch

$$d/z = 51.5/46.4 \text{ cm}$$

z [m]	cot(theta)	VEd	VRd, ct	VRd, max	erf. asw, 90 [cm <sup>2</sup> /m]
0.00 - 11.70	3.00	307.7	1453.5	638.2	4.43

**Rissnachweis für Lastbeanspruchung ( nach 28 Tagen )**

Nachweis der Mindestbewehrung min. As 11.2.2

Ort	Md	Nd	Dsm	min. As	vorh. As	vorh. Wk	zul. Wk
Bezeichnung	[m]	[kNm]	[kN]	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[mm]
-	-	479.89	-89.0	28.0	10.12	< 67.73	0.30

**Nachweis der Vertikal Komponente des Erdwiderstands (charakteristische Werte)**

Eigenlast Wand

$$G_{wk} = 150.0 \text{ kN/m}$$

Vertikalanteil Ersatzkraft Erdaufleger (delta c = 9.2°)

$$C_{vk} = 64.8 \text{ kN/m}$$

Vertikalanteil des aktiven Erddrucks

$$E_{avk} = 100.2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Summe: } V_k = 315.1 \text{ kN/m}$$

Vertikalanteil des Erdauflegers

$$B_{vk} = 156.3 \text{ kN/m}$$

Nachweis ( $V_k \geq B_{vk}$ ):

$$V_k / B_{vk} = 315.1 / 156.3 = 2.02 > 1.00$$

### Nachweis der Abtragung der Vertikalkräfte in den Untergrund

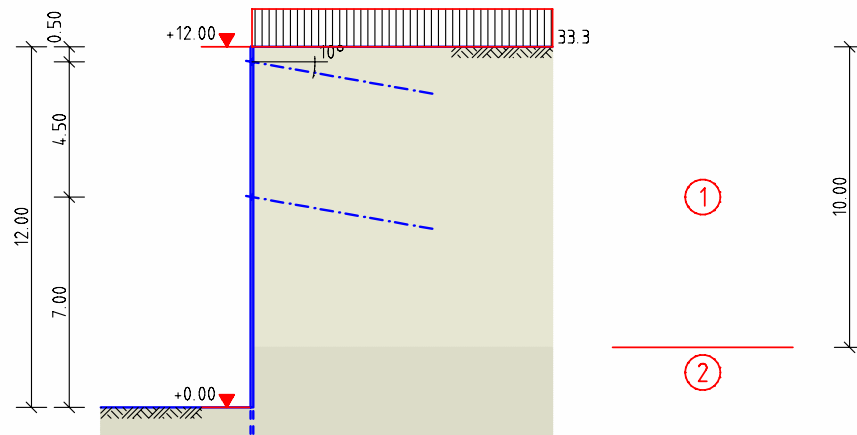
Teilsicherheitsbeiwert für Druckpfahlwiderstand	$\gamma_p =$	1.40
Grundwert der Mantelreibung	$q_{sk} =$	60.0 kN/m <sup>2</sup>
Grundwert Spitzendruck	$q_{bk} =$	1344.0 kN/m <sup>2</sup>

Eigenlast Wand	$G_{wd} =$	187.5 kN/m
Vertikalanteil aktiver Erddruck (g/q) $E_{avd} = 100.0 + 26.3 =$		126.3 kN/m
Summe: $S_d =$		313.8 kN/m

Mantelreibungskraft ( $A_s = 10.50 \text{ m}^2/\text{m}$ )	$F_{sd} =$	450.0 kN/m
Spitzendruckkraft ( $A_b = 0.471 \text{ m}^2/\text{m}$ )	$F_{bd} =$	452.2 kN/m
Summe: $R_d =$		902.2 kN/m

Nachweis ( $S_d \leq R_d$ ):	$S_d / R_d =$	313.8 / 902.2 = 0.35 < 1.00
------------------------------	---------------	-----------------------------

## POS. 102 SCHLITZWAND



### Geometrie und System Schlitzwand

Höhenkote Beginn Gelände an Wand

 $H_o = 12.00 \text{ m}$ 

Freie Wandhöhe über  $H_o$ 
 $\Delta H = 0.00 \text{ m}$ 

Höhe Baugrubensohle

 $H_u = 0.00 \text{ m}$ 

Wandabmessungen

Wanddicke  $h = 0.50 \text{ m}$ 

Wandneigung

 $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3, g = 12.5 \text{ kN/m}^2$ 

Geländedefinition	Bereich	1	2	3
Grundlänge $l_i$ (m)		10.00	-	-
Geländeneigung $\beta$ (Grad)		0.00	-	-

Verankerung Anzahl Anker = 2, Erdauflager: freigelagert

Anker-Nr.	1	2	3	4	5
Lage unter OK Wandkopf (m)	0.50	5.00	-	-	-
Ankerneigung (Grad)	10.00	10.00	-	-	-

### Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht-Nr.	Unterkante $H$ [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]	Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	2.00	20.00	12.00	30.00	20.00	-20.00	0.0
2	-10.00	18.00	10.00	35.00	23.30	-23.30	0.0

### Charakteristische Belastung

Durchgehende Flächenlast auf Gelände  $q_0 = 33.30 \text{ kN/m}^2$  Kategorie G

### Teilsicherheiten für Lastfall 2, GZ 1B:

$G, EA$ (g)	$Q, EA$ (g)	Wasserdruck	$E_p$	Anker
1.25	1.30	1.25	1/1.30	1/1.10

### Berechnungsoptionen

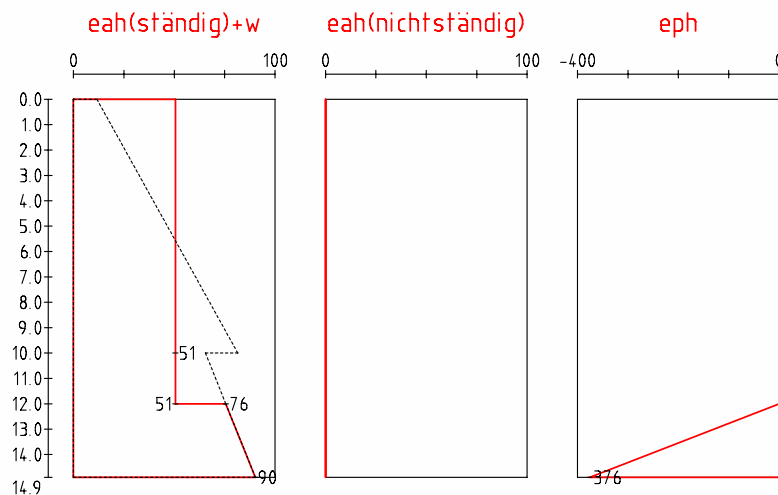
- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck .....  $f_a = 1.25$
- Mindesterdruk für kohäsive Schicht .....  $j_a$
- Verteilung des Erddrucks aus Bodeneignis konstant
- Umlagerung des Erddrucks aus Bodeneignis bis OK Sohle
- Anpassungsfaktor für Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_p = 1.00$
- Ansatz der Kohäsion beim Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_c = 1.00$

**Erddruckbeiwerte**

Schicht	K <sub>agh</sub>	K <sub>aghmin</sub>	K <sub>aph</sub>	K <sub>avh</sub>	K <sub>ahh</sub>	K <sub>ach</sub>	K <sub>pgh</sub>	K <sub>pch</sub>
1	0.279	0.279	0.279	0.414	0.849	0.000	4.945	0.000
2	0.224	0.224	0.224	0.373	0.839	0.000	7.200	0.000

**Charakteristische Erddruckverteilung [kN/m<sup>2</sup>] für Einbindetiefe d = 2.90 m**

Höhe unter Gelände [m]	Lam-Dicke [m]	Bodeneigenlast e <sub>agh</sub>	Wasserdruck umgel. w	Zusatzlasten e <sub>ah(g)</sub>	Erdwiderstand e <sub>ph</sub>	Erdwiderstand e <sub>phr</sub>
0.00	-	0.0	50.5	0.0	0.0	0.0
0.00	-	11.6	50.5	0.0	0.0	0.0
10.00	10.00	81.5	50.5	0.0	0.0	0.0
10.00	-	65.5	50.5	0.0	0.0	0.0
12.00	2.00	75.6	50.5	0.0	0.0	0.0
12.00	-	75.6	75.6	0.0	0.0	0.0
14.90	2.90	90.2	90.2	0.0	375.8	375.8


**Horizontale Ankerkräfte charakteristisch und design [kN/m] für LF1!**

Anker	1	2
A <sub>hgk</sub>	55.8	466.5
A <sub>hqk</sub>	0.0	0.0
A <sub>hk</sub>	55.8	466.5
A <sub>hgd</sub>	75.4	629.8
A <sub>hqd</sub>	0.0	0.0
A <sub>hd</sub>	75.4	629.8

Erdwiderstand Ephk = 544.9, Ephd = 419.2 kN/m

Erdauflager: Bhgk = 324.5, Bhqk = 0.0, Bhk = 324.5 Bhd = 405.7 kN/m

Nachweis Einbindetiefe: Bhd / Ephd = 405.7 / 419.2 = 0.97 < 1.00

Erforderliche Trägerlänge l = 12.00 + 1.00 \* 2.90 = 14.90 m, gew. l = 15.00 m

Baustoffe: Normal beton C 25/30

BSt 500S(A)

Größtkorn des Zuschlags d<sub>g</sub> = 32.0 mm

Expositionsklassenauswahl

mit Betondeckung [mm]: c<sub>min</sub> del ta.c

XC2 Nass, selten trocken

25 15

gewählte Betondeckung c = 75 mm

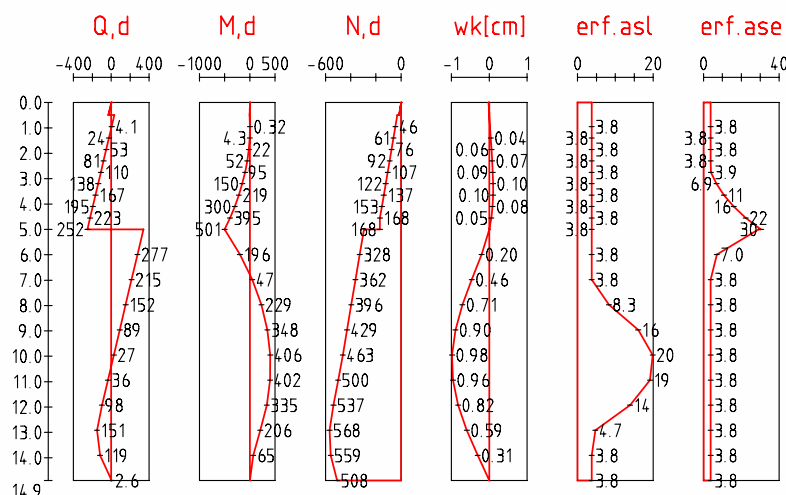
**Schnittgrößen und erf. Bewehrung [cm<sup>2</sup>/m]**

h/d<sub>1</sub>/d = 50.0/ 9.5/ 40.5 cm

z [m]	Q <sub>d</sub> [kN/m]	N <sub>d</sub> [kN/m]	M <sub>d</sub> [kNm/m]	f [cm]	erf. As luftseitig	min. As	erf. As erdseitig	min. As
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	3.75	-	3.75
0.05	-3.2	-1.7	-0.1	0.0	-	3.75	-	3.75
0.10	-6.3	-3.4	-0.3	0.0	-	3.75	-	3.75

z [m]	Qd [kN/m]	Nd [kN/m]	Md [kNm/m]	f [cm]	erf. As Luftseitig	min. As	erf. As erdseitig	min. As
0.15	-9.5	-5.1	-0.7	0.0	-	3.75	-	3.75
0.20	-12.6	-6.8	-1.3	0.0	-	3.75	-	3.75
0.25	-15.8	-8.5	-2.0	0.0	-	3.75	-	3.75
0.30	-19.0	-10.2	-2.8	0.0	-	3.75	0.02	3.75
0.35	-22.1	-11.9	-3.9	0.0	-	3.75	0.05	3.75
0.40	-25.3	-13.6	-5.1	0.0	-	3.75	0.09	3.75
0.45	-28.4	-15.3	-6.4	0.0	-	3.75	0.14	3.75
0.50	-31.6	-15.3	-7.9	0.0	-	3.75	0.22	3.75
0.50	32.5	-30.3	-7.9	0.0	-	3.75	0.02	3.75
0.95	4.1	-45.6	0.3	0.0	-	3.75	-	3.75
1.40	-24.4	-60.9	-4.3	0.0	-	3.75	-	3.75
1.85	-52.8	-76.2	-21.6	0.1	-	3.75	0.16	3.75
2.30	-81.2	-91.5	-51.8	0.1	-	3.75	1.63	3.75
2.75	-109.7	-106.9	-94.7	0.1	-	3.75	3.85	3.75
3.20	-138.1	-122.2	-150.5	0.1	-	3.75	6.87	3.75
3.65	-166.5	-137.5	-219.0	0.1	-	3.75	10.82	3.75
4.10	-195.0	-152.8	-300.4	0.1	-	3.75	15.98	3.75
4.55	-223.4	-168.1	-394.5	0.1	-	3.75	22.37	3.75
5.00	-251.8	-168.1	-501.4	0.0	-	3.75	30.42	3.75
5.00	339.7	-294.5	-501.4	0.0	-	3.75	29.09	3.75
5.99	277.1	-328.1	-196.1	-0.2	-	3.75	7.04	3.75
6.98	214.6	-361.8	47.3	-0.5	-	3.75	-	3.75
7.97	152.0	-395.5	228.7	-0.7	8.31	3.75	-	3.75
8.96	89.5	-429.2	348.2	-0.9	16.06	3.75	-	3.75
9.95	26.9	-462.9	405.8	-1.0	19.89	3.75	-	3.75
10.94	-35.6	-499.7	401.5	-1.0	19.16	3.75	-	3.75
11.93	-98.2	-536.7	335.3	-0.8	13.90	3.75	-	3.75
12.92	-151.4	-568.4	205.6	-0.6	4.70	3.75	-	3.75
13.91	-118.6	-559.1	64.7	-0.3	-	3.75	-	3.75
14.90	2.6	-507.7	0.0	0.0	-	3.75	-	3.75

Wahl Längsbewehrung: Luftseitig 7 x 1 ds 20 / 14.3 vorh. As = 21.99 cm<sup>2</sup>/m  
erdseitig 10 x 1 ds 20 / 10.0 vorh. As = 31.42 cm<sup>2</sup>/m



### Querkraftnachweis für ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Druckstrebenwinkel : automatisch  $d/z = 40.5 / 36.5$  cm

z [m]	cot(theta)	VEd	VRd, ct	VRd, max	erf. asw, 90
[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]
0.00 - 2.30	3.00	81.2	100.1	956.3	0.00
2.30 - 7.97	3.00	339.7	209.2	956.3	8.68
7.97 - 14.90	3.00	152.0	157.4	956.3	0.00



### Nachweis der Vertikal Komponente des Erdwiderstands (charakteristische Werte)

Eigenlast Wand	Gwk =	188.0 kN/m
Vertikale Anteile der Ankerkräfte	Avk =	92.1 kN/m
Vertikalanteil des aktiven Erddrucks	Eavk =	333.7 kN/m
Summe:	Vk =	613.8 kN/m

Vertikalanteil des Erdauflagers	Bvk =	139.8 kN/m
---------------------------------	-------	------------

**Nachweis ( $V_k \geq B_{vk}$ ):**  $V_k / B_{vk} = 613.8 / 139.8 = 4.39 > 1.00$

### Nachweis der Abtragung der Vertikalkräfte in den Untergrund

Teilsicherheitsbeiwert für Druckpfahlwiderstand	$\gamma_p =$	1.40
Grundwert der Mantelreibung	$q_{sk} =$	90.0 kN/m <sup>2</sup>
Grundwert Spitzendruck	$q_{bk} =$	1500.0 kN/m <sup>2</sup>

Eigenlast Wand	Gwd =	235.0 kN/m
Vertikalanteil Ankerkräfte (g/q)	Avd = 115.1 + 0.0 =	115.1 kN/m
Vertikalanteil aktiver Erddruck (g/q)	Eavd = 417.1 + 0.0 =	417.1 kN/m
Summe:	Sd =	767.3 kN/m

Mantelreibungskraft ( $A_s = 3.00 \text{ m}^2/\text{m}$ )	Fsd =	192.9 kN/m
Spitzendruckkraft ( $A_b = 0.500 \text{ m}^2/\text{m}$ )	Fbd =	535.7 kN/m
Summe:	Rd =	728.6 kN/m

**Nachweis ( $S_d \leq R_d$ ):**  $S_d / R_d = 767.3 / 728.6 = 1.05 > 1.00$

### Nachweis in der tiefen Gleitfuge nach EAB/EAU für Verpressanker

Nachweis für LF 1,  $\gamma_p = 1.40$  ( $A_{m\ddot{u}gl, d} = A_{m\ddot{u}gl, k} / \gamma_p$ )  
 Berechnung des Erddrucks an der Wand bis Einbindetiefe  $t = 2.90 \text{ m}$

Ankerkräfte und -längen: Ankerneigung  $\alpha = 10.0^\circ$ , Ankerabstand  $a = 3.00 \text{ m}$

Nr.	Aghk	Aghk [kN/m]	Ad	Höhe unt. Gel. [m]	Lasteinleitungslänge lk [m]	Lges. [m]
-	-	-	-	-	-	-
1	55.8	0.0	71.2	0.50	7.00	18.00
2	466.5	0.0	595.1	5.00	7.00	18.00

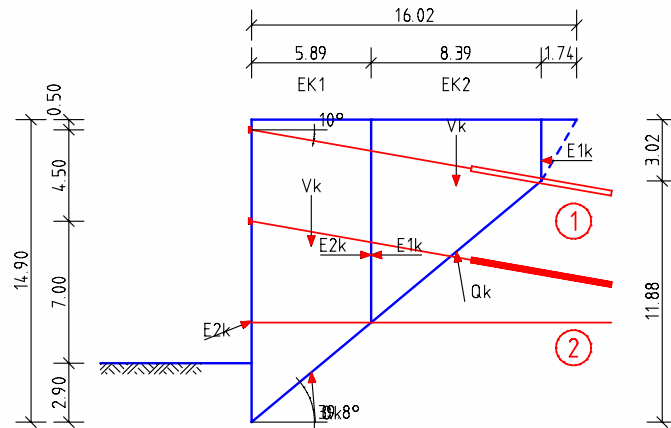
### Krafteckkomponenten für Nachweis des Ankers 1 [kN/m]

Neigung Gleitfuge  $\theta = 39.8^\circ$ , Wandhöhe am Ankerschwerpunkt  $h' = 3.02 \text{ m}$

Kraft / Erdkörper(EK)	EK 1	EK 2	EK 3	EK 4	EK 5
Erddruck E1gk 'hinten'	738.61	79.90	-	-	-
Erddruck E2gk 'vorne'	910.30	738.61	-	-	-
Erdkörper+Zusatzlasten Vgk	1633.53	1371.75	-	-	-
Ankerkraft A2gk anteilig	-	473.74	-	-	-
Reaktionskraft Qgk in Fuge	1304.34	1313.93	-	-	-
Breite des Erdkörpers [m]	5.89	8.39	-	-	-

**G:**  $A_{m\ddot{u}gl, k} = 916.3 \text{ kN/m}$ , vorh.  $A_d / A_{m\ddot{u}gl, d} = 663.0 / 654.5 = 1.01 > 1.00$





### Krafteckkomponenten für Nachweis des Ankers 2 [kN/m]

Neigung Gleitfuge  $\theta = 27.3^\circ$ , Wandhöhe am Ankerschwerpunkt  $h' = 7.52$  m

Kraft / Erdkörper(EK)	EK 1	EK 2	EK 3	EK 4	EK 5
Erddruck E1gk 'hinten'	1155.78	339.97	-	-	-
Erddruck E2gk 'vorne'	910.30	1155.78	-	-	-
Erdkörper+Zusatzlasten Vgk	2629.31	1000.97	-	-	-
Ankerkraft A1gk anteilig	-	8.96	-	-	-
Reaktionskraft Qgk in Fuge	2316.30	851.07	-	-	-
Breite des Erdkörpers [m]	9.48	4.80	-	-	-

G:  $Amögl, k = 877.5$  kN/m, vorh.  $Ad/Amögl, d = 663.0 / 626.8 = 1.06 > 1.00$

