

# **83B Trägerbohlwand nach DIN EN 1997 / DIN 1054:2010**

(Stand: Mai 2012)

Mit dem Programm 083B können Trägerbohlwände mit bis zu 5 Anker oder Steifen nach DIN EN 1997-1:2009 (EC7) / DIN 1054:2010 berechnet werden. Die Wand kann dabei eingespannt, frei gelagert oder auch ohne Erdaufleger gerechnet werden. Das Gelände kann waagrecht, geneigt oder gebrochen sein. Es können Flächenlasten, Linienlasten und Lasten am Wandkopf berücksichtigt werden. Es sind bis zu 5 Bodenschichten möglich. Eine Profilbemessung wird nach DIN EN 1993-1-1:2010 durchgeführt, die Bemessung der Ausfachung nach DIN EN 1995:2010. Zusätzlich werden die geotechnischen Nachweise der Vertikalkräfte sowie bei Verankerung der Nachweis in der tiefen Gleitfuge geführt.

## **Leistungsumfang**

### **///➔ System**

- Horizontales, geneigtes oder gebrochenes Gelände
- Erdaufleger freigelagert, eingespannt oder ohne Auflager (Berechnung als Durchlaufträger)
- Bis zu 5 Anker bzw. Steifen
- Geneigte Sohle möglich
- Berücksichtigung von Grundwasserständen
- Bis zu 5 Schichten

### **///➔ Einwirkungen**

- Lasten auf oder unter Gelände bzw. am Wandkopf möglich
- Bei Verwendung von Einwirkungsgruppen ist die Definition von Lastfällen möglich (max. 9).

### **///➔ Nachweise/Bemessung**

- Nachweis der Einbindetiefe
- Profilbemessung nach DIN EN 1993-1-1
- Bemessung der Ausfachung nach DIN EN 1995
- Nachweis der Vertikalkomponente des Erdwiderstands
- Nachweis der Aufnahme der Vertikalkräfte im Untergrund
- Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge

### **///➔ Grafiken / Ausgabe**

- Darstellung des Systems
- Darstellung der Erddruckverteilung
- Schnittgrößen für maßgebende Kombinationen
- Darstellung des gewählten Stahlprofils
- Komfortable Bestimmung des Ausgabeumfangs

### **///➔ Weitere Leistungen**

- Weiterleitung der Geometrie- und Lastdaten für Geländebruchnachweis 83G

## Eingaben

### Geometrie

- Höhe  $H_0$  Geländebeginn als Höhenkote (s. Abb. 1)
- Differenzhöhe des Geländebeginns  $\Delta h$  [m] zum Wandkopf
- Höhe  $H_u$  der Baugrubensohle als Höhenkote
- Neigung  $\beta_s$  der Baugrubensohle.  
Die Neigung darf  $-10^\circ \leq \beta_s \leq +10^\circ$  betragen.  
(Hinweis: Eine ansteigende Sohle ist positiv definiert.)
- Geschätztes Eigengewicht der Wand  $g$  [kN/m<sup>2</sup>] (geht in die Ermittlung der Normalkräfte ein), kann meist vernachlässigt werden
- Beschreibung des Geländes in bis zu 3 Abschnitten (jeweils Länge [m] und Neigung [°] des Abschnitts)
- Anzahl Anker /Steifen (max. 5) sowie deren Lage (unter OK Wandkopf) und Neigung (fallend = positiv!)
- Trägerabstand  $a_t$  [m] und geschätzte Flanschbreite  $b_t$  [m]
- Grundwasserstand  $GW_e$  erdseitig und  $GW_l$  luftseitig ( $GW_l \leq GW_e$ )

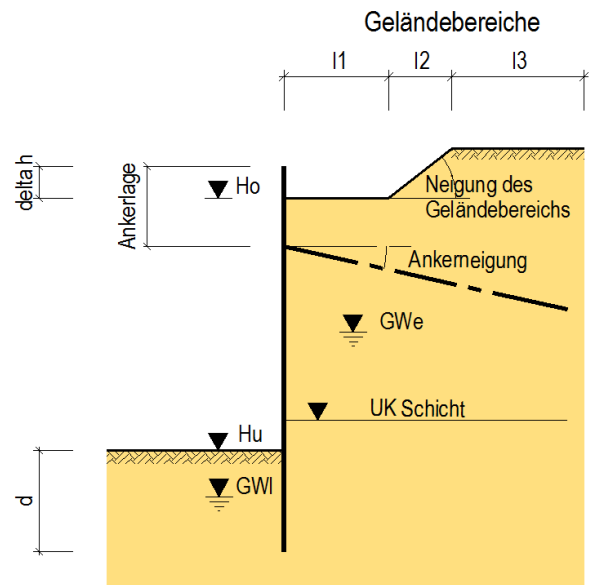


Abb. 1: Geometrie

### Voreinstellungen für den Programmablauf

Nach Eingabe der Geometrie können die folgenden Optionen gewählt werden:

- Ermittlung der Einbindetiefe durch das Programm oder Eingabe einer festen Einbindetiefe
- Angabe der Kombination für die Ermittlung der Verformungen: Quasi-ständig ( $G+\psi_2 \cdot Q$ ), häufig ( $G+\psi_1 \cdot Q$ ) oder selten ( $G+\psi_0 \cdot Q$ )
- Ermittlung des Träger-Profiles nach DIN EN 1993-1-1
- Bemessung der Ausfachung nach DIN EN 1995
- Wahl Nachweise der Aufnahme der Vertikalkräfte
- Wahl Nachweis in der tiefen Gleitfuge (bei verankerten Wänden)

### 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 Schichtdicke (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.). Er ist negativ anzusetzen. Kann bei verankerten Wänden mit Ankerneigung meist  $|\delta_p| = \varphi - 2.5^\circ$  bzw.  $|\delta_p| \leq 30^\circ$  gewählt werden kann, ist er bei unverankerten Wänden betragsmäßig geringer anzusetzen.

## Belastung

Sollen mehrere Oberflächenlasten gleichzeitig mit der vollen Größe angesetzt werden, so sind sie der selben Einwirkungskategorie zuzuordnen. Im Allgemeinen ist es ausreichend, zwischen ständigen und veränderlichen Einwirkungen zu unterscheiden.

Als Einwirkungskategorien stehen die üblichen Hochbau-Kategorien sowie die Kategorien Q,1 bis Q,9 zur Verfügung, der Erddruck aus Bodeneigenlast wird immer der Kategorie Q,E zugeordnet.

- *Durchgehende Flächenlast:*  
Bei homogenem Gelände kann eine durchgehende Flächenlast angesetzt werden. Als Ersatzlast darf sie nach DIN 1054 bis zu einer Größe von  $q=10 \text{ kN/m}^2$  als ständige Last betrachtet werden, was jedoch i. Allg. keine große Auswirkung hat.
- *Begrenzte Flächenlasten (Streifenlasten):*  
Zur durchgehenden Flächenlast können bis zu 5 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. Abb. 2 und Abb. 3). 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 oder horizontaler Richtung, Kategorie, Lage und Verteilung der Last sind anzugeben. Die Last kann sich auf oder unter dem Gelände befinden (zur Verteilung s. Abb. 3).
- *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.

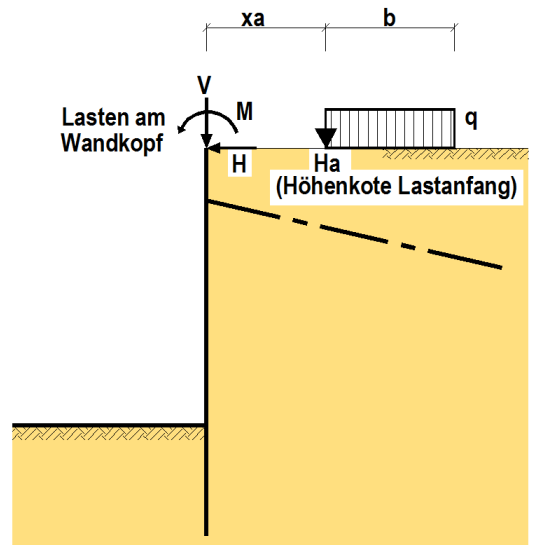


Abb. 2: Lastdefinition

### Hinweis:

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

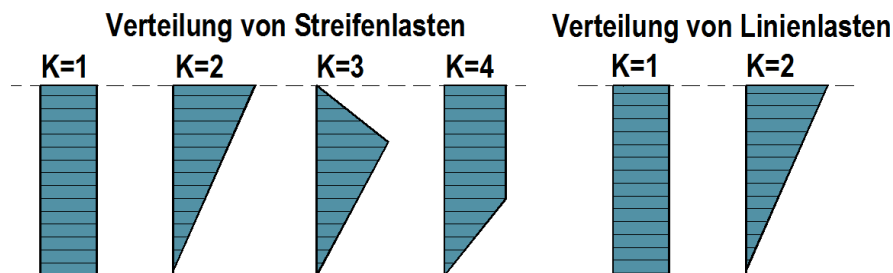


Abb. 3: Erddruckverteilung aus Zusatzlasten

## Teilsicherheiten

In EC7, 2.2, werden die folgenden Bemessungssituationen definiert:

- BS-P: Ständige Bemessungssituation
- BS-T: Vorübergehende Bemessungssituation (z.B. Bauzustand)
- BS-A: Außergewöhnliche Bemessungssituation
- BS-E: Erdbeben

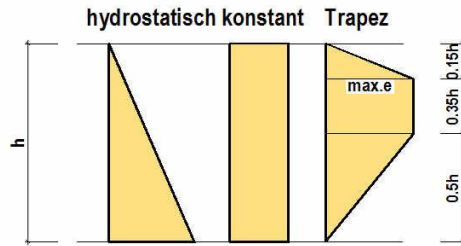
Aus der gewählten Bemessungssituation ergeben sich die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände nach [1]. Sind Einwirkungen der Kategorie A,1 (außergewöhnliche Einwirkungen) bzw. A,E (Erdbeben-Einwirkungen) vorhanden, werden die entsprechenden Kombinationen mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten automatisch untersucht, so dass der Benutzer nur noch entscheiden muss, ob die Situation BS-P oder BS-T ebenfalls untersucht werden soll.

## Berechnungsoptionen

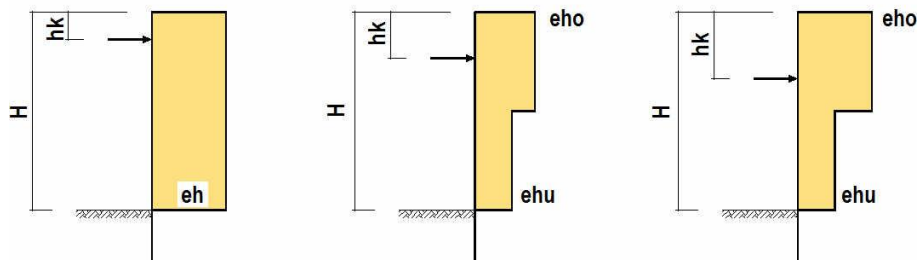
Für die Durchführung der Berechnung sind eventuell einige Optionen anzugeben:

- *Erhöhungsfaktor  $f_a$  für den aktiven Erddruck:*  
I. Allg. ist der Erddruck als aktiver Erddruck anzusetzen ( $f_a=1.0$ ), bei naher Nachbarbebauung sollte mit erhöhtem aktivem Erddruck bzw. Erdruhedruck gerechnet werden ( $f_a>1.0$ ). Da der Ruhedruck nur für homogene Verhältnisse einfach zu ermitteln ist, ist er am einfachsten durch einen Erhöhungsfaktor zu beschreiben.  
*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  $f_a = 1.50$  bzw.  $f_a = 1.25$ , wenn mit dem Mittelwert aus aktivem Erddruck und Erdruhedruck zu rechnen ist.
- *Ansatz des Mindesterdruks für kohäsive Schichten:*  
Bei Stützbauwerken darf ein Mindestwert für den Erddruck nicht unterschritten werden, der sich aus dem Reibungswinkel  $\varphi = 40^\circ$  und der Kohäsion  $c = 0$  ergibt (vgl. [2], 6.3.1.5).
- *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 (s. Abb. 4). Am einfachsten für den Benutzer ist die Umlagerung nach [3], EB 69, bei der das Programm in Abhängigkeit von Ankeranzahl und –lage die entsprechende Lastfigur bestimmt.
- *Verteilungshöhe der Erddruckumlagerung:*  
Die Verteilung des umgelagerten Erddrucks aus Bodeneigenlast wird bis zur OK Sohle angesetzt.
- *Anpassungsfaktor  $f_p$  für den Erdwiderstand:*  
I. Allg. sollte der Erdwiderstand bei Bohlwänden nur zu 80% angesetzt werden ( $f_p=0.80$ ), um zu große Verformungen zu vermeiden.
- *Anpassungsfaktor  $f_c$  der Kohäsion beim Erdwiderstand:*  
I. Allg. sollte die Kohäsion des Erdwiderstands bei Bohlwänden nur zu 50% angesetzt werden ( $f_c=0.50$ ), um zu große Verformungen zu vermeiden.

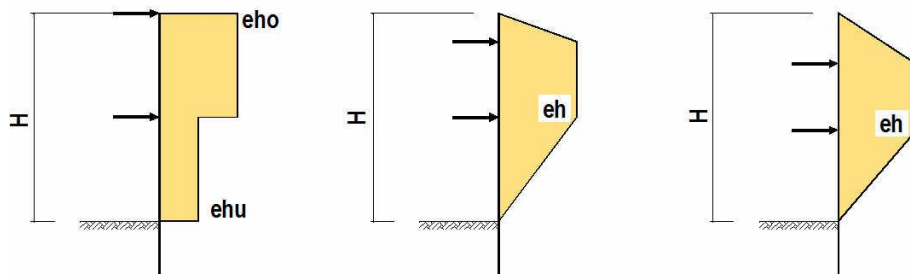
**Lastumlagerung Erddruck aus Bodeneigenlast**



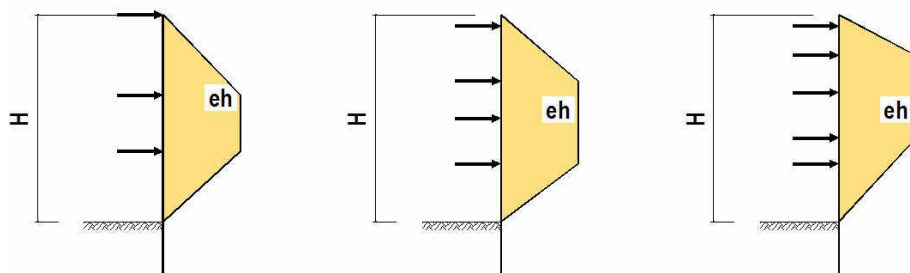
**Umlagerung nach EAB: Einfache Verankerung**



**Umlagerung nach EAB: Zweifache Verankerung**



**Umlagerung nach EAB: Drei- bis fünffache Verankerung**



**Abb. 4: Umlagerung des Erddrucks aus Boden-Eigenlast**

## Erddruckberechnung

Da eine Erddruckberechnung mit Hilfe von Formeln nach [2] 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 zusätzlich geneigtes Gelände vorhanden sind,
- oder eine hohe Zusatzlast (Zusatzlast größer als 10% der Eigenlast des Gleitkeils, der näherungsweise unter dem Gleitflächenwinkel  $\theta=60^\circ$  angesetzt wird, oder außerhalb des Gleitkeils) wirkt, was eine Untersuchung von möglichen Zwangsgleitflächen zur Folge hat.  
(In letzterem Fall kann der Benutzer entscheiden, ob er die Iteration möchte, da die Bestimmung der DIN 4085 sehr restriktiv ist.)

In diesen Fällen wird iterativ gerechnet, so dass eine Ausgabe von Erddruckbeiwerten nicht möglich ist. Es wird hierbei für eine vorgegebene Gleitfuge aus dem Kräfteck 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 erfolgt für die ermittelte Einbindetiefe als charakteristische Werte für jeden Einzelerddruck (Bodeneigenlast und Zusatzlasten). Für die maßgebende Kombination werden die repräsentativen Werte der Erddruckverteilung ausgegeben ( $E_{ahG}$ ,  $E_{ahQ}$  und  $E_{ph}$ ).

Die Erddruckverteilung wird auch grafisch dargestellt.

## Ermittlung von Einbindetiefe und Schnittgrößen

Die Berechnung geschieht in 2 Schritten:

- a. Im ersten Schritt werden Einbindetiefe und die charakteristischen Auflagerkräfte ermittelt. Hierbei wird statt des verteilten Erdwiderstands in dessen Schwerpunkt ein Auflager  $B_n$  angesetzt. Für eine ausreichende Einbindetiefe ist nachzuweisen (vgl. [4]):

**Nachweis der Einbindetiefe:**

$$B_{hd} \leq E_{phrd} \quad \text{mit } B_{hd} = B_{hgk} \cdot \gamma_G + B_{hqk} \cdot \gamma_Q \quad E_{phrd} = \frac{E_{phrk}}{\gamma_{Ep}} \quad (\text{räumlicher Erdwiderstand!})$$

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

Hierbei darf der räumliche Erdwiderstand nicht größer als der ebene angesetzt werden.

**Nachweis der Aufnahme der Horizontalkräfte unterhalb der Sohle:**

$$B_{hd} + \Delta E_{ahd} \leq E_{phd}$$

$$\text{mit } B_{hd} = B_{hgk} \cdot \gamma_G + B_{hqk} \cdot \gamma_Q \quad E_{phd} = \frac{E_{phk}}{\gamma_{Ep}} \quad (\text{ebener Erdwiderstand!})$$

$$\Delta E_{ahd} = \text{aktiver Erddruck unterhalb der Sohle:} \quad \Delta E_{ahd} = \Delta E_{ahgk} \cdot \gamma_G + \Delta E_{ahqk} \cdot \gamma_Q$$

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

- 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  $E_{phd}$  wird dabei nur mit dem oben ermittelten Ausnutzungsgrad als verteilte Spannung angesetzt. Da dies eine Näherung ist, kann es vorkommen, dass z.B. eine Momentenlinie sich am (freien) Erdaufleger nicht ganz schließt.

Diese Vorgehensweise entspricht dem des Tragfähigkeitsnachweises für den Grenzzustand GZ GEO-2. Die Berechnung erfolgt für alle ermittelten repräsentativen Kombinationen.

Die zugrunde gelegten statischen Systeme für die Berechnung können der Abb.5 entnommen werden. Die Bemessungs-Schnittgrößen der maßgebenden Kombinationen werden auch grafisch dargestellt.

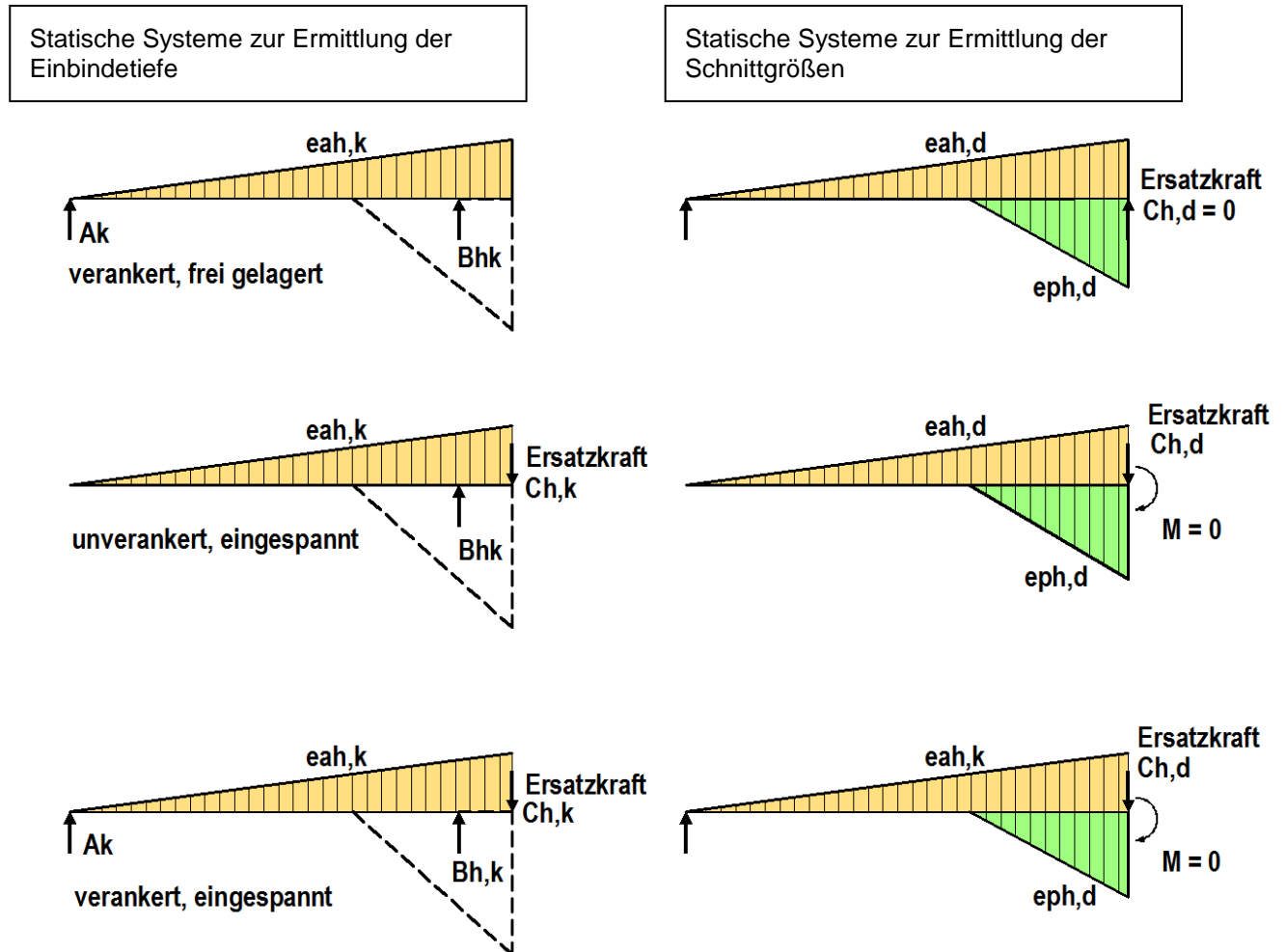


Abb. 5: Statische Systeme

### Ausgaben für die ermittelte Einbindetiefe

- Erddruckbeiwerte
- Charakteristische Einzelerddrücke
- Repräsentative Erddrücke für die maßgebende Kombination
- Nachweistabelle der Einbindetiefe für alle repräsentativen Kombinationen
- Ausführlicher Nachweis der Einbindetiefe für die maßgebende Kombination
- Maximale Auflagerkräfte char./design. Hierbei werden die Bemessungsgrößen immer für die Bemessungssituation BS-P ausgegeben, da ein Nachweis der Ankerkraft immer hierfür geführt werden muss.
- El-fache elastische Verformungen für die gewählte Kombination.
- Extremale Bemessungsschnittgrößen für alle repräsentativen Kombinationen

## Trägerbemessung

Für die Bemessung der Bohlwand steht die Datenbank der Stahlprofile zur Verfügung. Als sinnvolle Profiltypen werden IPE-, HE-A-, HE-B-, HE-M- und U- bzw. UPE-Profile angeboten. Es stehen alle Stahlgüten nach EC3 zur Auswahl. Nach Wahl des Profiltyps ermittelt das Programm das notwendige Profil. Dabei wird immer die Liste aller Profile des gewählten Typs mit ihren Ausnutzungsgraden angezeigt, auch wenn ein Profil die Nachweise nicht erfüllt. Das gewählte Profil wird als Systembild dargestellt. Als Nachweise werden die Spannungen aus Biegung und Normalkraft, aus Querkraft sowie die Vergleichsspannung ermittelt. Der Nachweis wird el-el geführt, eine Bemessung für Querschnittsklasse 4 ist nicht möglich. Ist der Nachweis gegen Stegbeulen erforderlich, erfolgt ein Hinweis, ebenso bei der Notwendigkeit eines Biegeknicknachweises. Es wird davon ausgegangen, dass ein Biegedrillknicken durch die Bohlen und den angrenzenden Boden verhindert wird (s. [3]).

Die Bemessung wird für das größte Feldmoment, für das größte Stützmoment und die größte Querkraft geführt. Dazu wird jeweils der Schnittgrößenverlauf dargestellt, wenn es sich um unterschiedliche Kombinationen handelt. Grundlage der Bemessung sind die repräsentativen Kombinationen, aus denen mit den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten Bemessungskombinationen ermittelt werden können. Ein zusätzlicher Ansatz der ständigen Lasten mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Ginf}$  ist hierbei nicht notwendig, da er keine ungünstigeren Ergebnisse zeitigt.

Beim Knicknachweis werden die Faktoren der Knicklängen wie folgt angesetzt (s. [3], [5]):

- für Kragfelder  $\beta = 2.00$
- für Innenfelder und freie Erdaufleger  $\beta = 1.00$
- für eingespannte Erdaufleger  $\beta = 0.70$

Der Umfang der Bemessungsausgabe kann am Programmende festgelegt werden. Bis auf den Nachweis mit der höchsten Ausnutzung können alle weiteren Ausgaben abgewählt werden.

### **Hinweis:**

Es werden keine Profile der Querschnittsklasse 4 nachgewiesen.

## Bemessung der Ausfachung

Die Schnittgrößen für die Bemessung einer Ausfachung werden nach den Vorgaben in der EAB, EB 47 [3], ermittelt.

Die anschließende optionale Holz-Bemessung nach DIN EN 1995 ermittelt den erforderlichen Querschnitt der Ausfachung. Laut EAB [3] darf dabei mit  $k_{mod}=1$  gerechnet werden. Es werden der Biege- und Schubspannungsnachweis geführt.

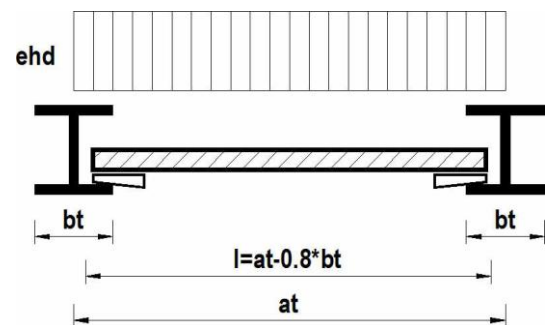


Abb. 6: System Ausfachung

## Nachweis der Vertikalkomponente des Erdwiderstands

Hierbei muss nachgewiesen werden, dass die Summe  $S_k$  der nach unten gerichteten *charakteristischen* Einwirkungen größer als der Vertikalanteil der Erdauflegerkraft  $B_{vk}$  ist (sog. 'inneres Gleichgewicht').

**Nachweis:**  $B_{vk} \leq S_k = E_{avk} + F_{vk} + C_{vk} + A_{vk} + G_{wk}$

$E_{avk}$  = aktiver Erddruck,  $F_{vk}$  = Lasten am Wandkopf,  $C_{vk}$  = Ersatzkraft Einspannung Erdaufleger,  $A_{vk}$  = Ankerkräfte,  $G_{wk}$  = Eigengewicht der Wand,  $B_{vk}$  = Vertikalkomponente der Erdauflegerkraft

Für  $C_{vk}$  und  $B_{vk}$  werden dabei nur die Vertikalanteile  $b_t/a_t$  angesetzt!

Der Nachweis wird für alle ermittelten repräsentativen Kombinationen geführt. 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 GEO-2* geführt.

Nachweis:  $S_d \leq R_d$

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

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

$F_{s,d}$  Mantelreibung (einseitig über die Mantelfläche des Profils angesetzt).

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)

$q_{sk} = 60 \text{ kN/m}^2$ .

Es darf der größere Wert aus Mantelreibung und Vertikalanteil der Erdauflagerkraft  $B_d$  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)

Die Aufstandsfläche, in der der Spitzendruck wirkt, darf bei Bohlträgern als äußere Aufstandsfläche des Profils  $A = b \cdot h$  angesetzt werden.

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. Abb. 7). Die mögliche Ankerkraft wird nach [4] reduziert, wenn der Ankerabstand größer als die halbe Länge der Verpressstrecke beträgt. Bei Schichtung bzw. mehrfacher Verankerung s. [4], E10.

Eingaben:

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

Nachweis:  $A_{vorh,d} \leq A_{mögl,d}$

$A_{vorh,d}$  = Bemessungswert der Ankerbeanspruchung

$A_{mögl,d} = A_{mögl,k} / \gamma_{Re}$  = Bemessungswert des Widerstands

Der Nachweis wird für diejenige Kombination geführt, die die größte Einbindetiefe ergibt.

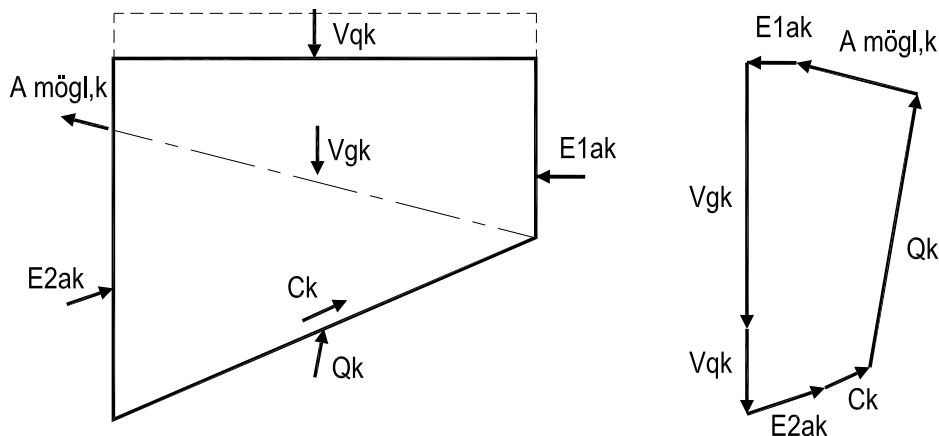


Abb. 7: Kräfteck beim Nachweis in der tiefen Gleitfuge

## **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 83G (Geländebruchnachweis) kann direkt als Nachlaufposition gewählt werden (83G ist nicht im Leistungsumfang von 83B enthalten).

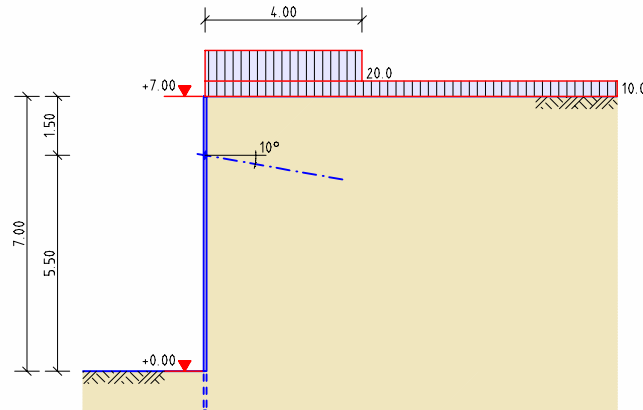
## **Literatur**

- [1] Normenhandbuch Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1. Beuth-Verlag 2011
- [2] DIN 4085:2011-05 Berechnung des Erddrucks
- [3] Empfehlungen des Arbeitskreises 'Baugruben' (EAB), Ernst und Sohn, 4. Auflage 2006.
- [4] Empfehlungen des Arbeitsausschusses 'Ufereinfassungen' (EAU), Ernst und Sohn, 2004.
- [5] DIN EN 1993-1-1:2010-12 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

## POS. 1 Trägerbohlwand

Programm: 083B, Vers: 01.00.000 05/2012

Grundlagen: DIN EN 1990, DIN EN 1991, DIN EN 1993, DIN EN 1997/DIN 1054



### Geometrie und System

Höhenkote Beginn Gelände an Wand

 $H_o = 7.00 \text{ m}$ 

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

Höhe Baugrubensohle

 $H_u = 0.00 \text{ m}$ 

Wandeinseitlast (geschätzt)

 $\gamma = - \text{ kN/m}^3, g = 0.7 \text{ kN/m}^2$ 

Bohlträger

 Trägerabstand  $a_t = 1.60 \text{ m}$ ,

 Bohlträgerbreite  $b_t = 0.30 \text{ m}$ 

Geländedefinition

Bereich

1

2

3

 Grundlänge  $l_i$  (m)

10.00

-

-

 Geländeneigung  $\beta$  (Grad)

0.00

-

-

Verankerung

Anzahl Anker = 1,

Erdauflager: freigelagert

Anker-Nr.

1

2

3

4

5

Lage unter OK Wandkopf (m)

1.50

-

-

-

-

Ankerneigung (Grad)

10.00

-

-

-

-

### Charakteristische Bodenkennwerte

Nr.	Bodenart	Höhe UK [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$\delta_p$ [°]	Koh. c [kN/m <sup>2</sup> ]	Koh. cu [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Sa1 (n)	-10.00	19.00	11.00	30.00	20.00	-10.00	0.0	-

### Charakteristische Einwirkungen

Zuordnung des Erddrucks aus Bodeneingewicht

Kat. G, E, EWG -

 Durchgehende Flächenlast auf Gelände  $q_0 = 10.00 \text{ kN/m}$ ,

Kat. G, EWG -

 Verteilungsart des Erddrucks aus durchgehender Flächenlast: konstant ( $K=1$ )

Begrenzte Flächenlasten

Verteilungsart des Erddrucks:

1 = konstant, 2 = Dreieck (Maximum oben)

3 = Dreieck (Maximum innen), 4 = Trapez

Last- Lastgröße Kategorie EWG

Anfangspunkt

Lastbreite

Neigung

Verteilungs-

Nr.

 [kN/m<sup>2</sup>]

-

-

 $x_a$  [m]

 $H_a$  [m]

 $b$  [m]

[°]

art Erddruck

 $q_1$ 

20.00

0,1

-

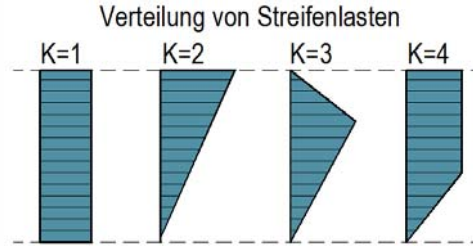
0.00

7.00

4.00

0.00

1



Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi 0	Psi 1	Psi 2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
G, E	Erddruck	-	-	-	1.35	1.35
Q, 1	Sonstige Nutz- u. Verkehrslasten	0.80	0.70	0.50	1.50	-

### Repräsentative Kombinationsen für geotechnische Nachweise

KNr.	Bem.-Sitz.	Kombination
1	Rep, P/T	G
2	Rep, P/T	G+Q, 1
3	G, perm	G
4	G, perm	G+Q, i

Rep, P/T = Repräsentativ, ständig u. vorübergehend  
 G, perm = Gebrauchstauglichkeit, quasi-ständig

### Geotechnische Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054: 2010-12

Bemessungssituation	gamma, G	gamma, Q	gamma, Re	gamma, Rh	gamma, Rv	gamma, b
BS-T	1.20	1.30	1.30	1.10	1.30	1.40

### Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck .....  $f_a = 1.00$
- Mindesterdru ck für kohäsive Schicht ..... ja
- Verteilung des Erddrucks aus Bodeneigenlast Verteilung nach EAB (EB 69/70)
- Umlagerung des Erddrucks aus Bodeneigenlast bis OK Sohle
- Anpassungsfaktor für Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_p = 1.00$
- Ansatz der Kohäsion beim Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_c = 1.00$

### Erddruckbeiwerte

Schicht	— G-Boden —		Flächenlast K <sub>ph</sub>	Linienlast		Kohäsion K <sub>ch</sub>	Erdwiderstand	
	K <sub>agh</sub>	K <sub>aghmi n</sub>		K <sub>avh</sub>	K <sub>ahh</sub>		K <sub>pgh</sub>	K <sub>pch</sub>
1	0.279	0.000	0.279	0.414	0.849	0.000	3.984	4.495

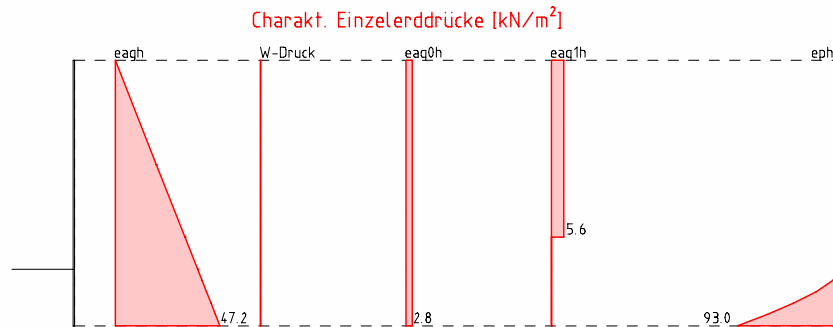
### Horizontal er Erddruck [kN/m<sup>2</sup>] (Char. Einzel erddrücke)

eaq<sub>ih</sub> = Erddruck aus Flächenlasten q<sub>i</sub>

Tiefe z [m]	Boden umgelagert		q <sub>0</sub> eaq <sub>0h</sub>	q <sub>1</sub> eaq <sub>1h</sub>
	e <sub>agh+w</sub>	e <sub>aghmi n</sub>		
0.00	0.0	24.8	0.0	0.0
0.00	0.0	24.8	2.8	5.6
3.50	18.6	24.8	2.8	5.6
3.50	18.6	12.4	2.8	5.6
5.93	31.5	12.4	2.8	5.6

Tiefe z [m]	Boden umgelagert eagh+w	agert eagh+w	q0 eaq0h	q1 eaq1h
5.93	31.5	12.4	2.8	0.0
7.00	37.2	12.4	2.8	0.0
7.00	37.2	37.2	2.8	0.0
7.38	39.2	39.2	2.8	0.0
7.76	41.2	41.2	2.8	0.0
8.14	43.2	43.2	2.8	0.0
8.52	45.2	45.2	2.8	0.0
8.90	47.2	47.2	2.8	0.0

Tiefe z [m]	eph eben [kN/m²]	eph räumlich [kN/m²]
7.00	0.0	0.0
7.38	28.8	8.5
7.76	57.5	23.1
8.14	86.3	43.2
8.52	115.1	66.5
8.90	143.8	93.0



### Ermittlung der Einbindetiefe (d = 1.90 m)

$C_k$ =Ersatzkraft  $E_{i\text{ nsp.}}$  Erdauflager,  $B_{hd}$ =Erdauflagerkraft,  $E_{phd}$ =Eph eben,  $E_{phrd}$ =Eph räumlich,  $E_{phd}' = \text{MIN}(E_{phd}, E_{phrd})$ , Ausnutzung  $A_1 = B_{hd}/E_{phd}'$ ,  
 H-Kräfte unter Sohle:  $\Delta E_{ahd} = E_{ah}$  unter Sohle,  $A_2 = (B_{hd} + \Delta E_{ahd})/E_{phd}$

Komb. Nr	$C_k$	$B_{hd}$	$E_{phd}$	$E_{phrd}$	$\Delta E_{ahd}$	Ausnutzung A1	Ausnutzung A2
1	0.0	39.6	105.1	54.9	102.6	0.72 < 1	0.91 < 1
2	0.0	48.9	105.1	54.9	102.6	0.89 < 1	0.97 < 1

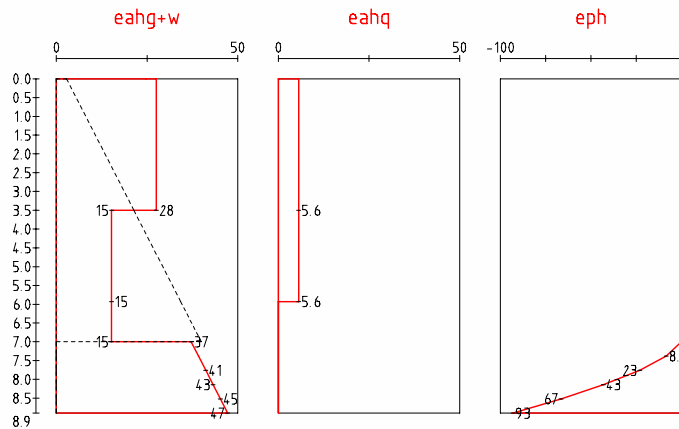
### Charakteristische Erddruckverteilung [kN/m²]

Kombination 2

Einbindetiefe d = 1.90 m

Höhe u. Gel. [m]	Lamellen-Dicke [m]	Bodeneigenlast eagh	umgel. eagh	Wasserdruck w	Zusatzlast eah(g)	gesamt eahg	Zusatzlast eah(g)	passiv eph(r)
0.00	-	0.0	24.8	0.0	0.0	24.8	0.0	0.0
0.00	-	0.0	24.8	0.0	2.8	27.6	5.6	0.0
3.50	3.50	18.6	24.8	0.0	2.8	27.6	5.6	0.0
3.50	-	18.6	12.4	0.0	2.8	15.2	5.6	0.0
5.93	2.43	31.5	12.4	0.0	2.8	15.2	5.6	0.0
5.93	-	31.5	12.4	0.0	2.8	15.2	0.0	0.0
7.00	1.07	37.2	12.4	0.0	2.8	15.2	0.0	0.0
7.00	-	0.0	37.2	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0
7.38	0.38	0.0	39.2	0.0	0.0	39.2	0.0	8.5
7.76	0.38	0.0	41.2	0.0	0.0	41.2	0.0	23.1
8.14	0.38	0.0	43.2	0.0	0.0	43.2	0.0	43.2
8.52	0.38	0.0	45.2	0.0	0.0	45.2	0.0	66.5

Höhe u. Lamellen- Gel. [m]	Bodenei genl Dicke [m]	ast eagh	Wasser- umgel. druck w	Zusatzlast gesamt eah(g)	Zusatzlast passiv eah(q)	eahg	eah(q)	eph(r)
8.90	0.38	0.0	47.2	0.0	0.0	47.2	0.0	93.0



### Erdaulager für Kombination 2

Teilsicherheitsbeiwerte	$\gamma_G = 1.20$	$\gamma_Q = 1.30$	$\gamma_{Re} = 1.30$	
Erdwiderstand eben ( $\Delta p = -\phi$ )	$E_{phk} = 203.9$	$E_{phd} = 156.9$	kN/m	
Erdwiderstand räumlich	$E_{phrk} = 71.4$	$E_{phrd} = 54.9$	kN/m	
Erdaulagerkraft	$B_{hgk} = 33.0$	$B_{hqk} = 7.2$	$B_{hk} = 40.2$	kN/m

### Nachweis der Einbindetiefe

Bemessungsaulagerkraft	$B_{hd} = 33.0 \cdot 1.20 + 7.2 \cdot 1.30 = 48.9$	kN/m
Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstands	$E_{phrd} = 54.9$	kN/m

**Ausnutzungsgrad**  $B_{hd}/E_{phrd} = 48.9/54.9 = 0.89 < 1$

### Nachweis Gleichgewicht der Horizontalkräfte unterhalb der Sohle (eben)

Aktiver Erddruck unterhalb der Sohle	$\Delta E_{ahd} = 85.5 \cdot 1.20 + 0.0 \cdot 1.30 = 102.6$	kN/m
--------------------------------------	---	------

**Ausnutzungsgrad**  $(B_{hd} + \Delta E_{ahd}) / E_{phd} = 151.5 / 156.9 = 0.97 < 1$

**Erforderliche Wandlänge**  $l = 7.00 + 1.00 \cdot 1.90 = 8.90$  m, gew.  $l = 10.00$  m

### Horizontale Ankerkräfte char. / design [kN/m] (Bemessungssituation BS-P)

Anker	Komb-Nr.	A <sub>hgk</sub>	A <sub>hqk</sub>	A <sub>hk</sub>	A <sub>hgd</sub>	A <sub>hqd</sub>	A <sub>hd</sub>	A <sub>d</sub>
1	2	116.6	25.9	142.5	157.4	38.9	196.3	199.3

### EI-fache elastische Verformungen aus Kombination 4

max. Verformung (z = 5.20 m u. Kopf)	$EI \cdot f = 45.958$	cmMNm <sup>2</sup>
Verformung OK Wand (z = 0.00 m u. Kopf)	$EI \cdot f = -26.544$	cmMNm <sup>2</sup>
Verformung OK Sohle (z = 7.00 m u. Kopf)	$EI \cdot f = 30.807$	cmMNm <sup>2</sup>

### Bemessungsschnittgrößen (Tiefe unter Wandkopf)

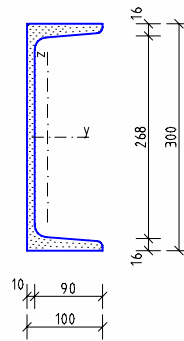
Komb	Tiefe	max. M <sub>fd</sub>	N <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	Tiefe min. M <sub>sd</sub>	N <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	Tiefe max. Q <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>
Nr.	m	kNm/m	kN/m	kN/m	m	kNm/m	kN/m	m	kNm/m	kN/m
1	4.81	92	-95	0	1.50	-37	-51	90	-	-
2	4.78	122	-102	0	1.50	-45	-58	113	-	-

Ermittlung der Kombinationen der TGF aus den repräsentativen Kombinationen:  
Ansatz von  $\gamma_{Gsup}$  für ständige EW maßgebend

**Bemessung nach DIN EN 1993-1:2010 (Grenzzustand der Tragfähigkeit)**  
**Werkstoff: S 235 / EN 10025-2** Erzeugnisdicke  $t \leq 40$  mm  
 Streckgrenze  $f_y = 235$  N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_u = 360$  N/mm<sup>2</sup>  
 E-Modul  $E = 210000$  N/mm<sup>2</sup> Schub-Modul  $G = 81000$  N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon = 1.000$   
 Kniclängen:  
 Endfeld oben  $\beta = 2.00$ , Innenfelder  $\beta = 1.00$ , Erdauflager  $\beta = 1.00$

**gew. 2 x U 300**

$A = 117.5$  cm<sup>2</sup>,  $I_y/I_z = 16055/$  - cm<sup>4</sup>,  $S_y/S_z = 632/$  - cm<sup>3</sup>  
 $W_{el y}/W_{el z} = 1070/$  - cm<sup>3</sup>,  $W_{pl y}/W_{pl z} = 1265/$  - cm<sup>3</sup>  
 Höhe/Breite  $h/b = 300 / 100$  mm, Steg-/Flanschdicke  $t_w/t_f = 10.0 / 16.0$  mm  
 Radius Steg-Flansch  $r = 16.0$  mm


**Nachweise nach DIN EN 1993-1 (el-el)**

Widerstände:  $f_{yd}$ =Normalspannungen,  $\tau_{Rd}$ =Schubspannungen,  $N_{cr}$ =krit. N-Kraft  
 Einwirkungen:  $\sigma_{Ed}$ =Normalspannung aus M+N,  $\tau_{Ed}$ =max. Schubspannung,  
 Vergleichsspannung:  $\sigma_{gxvEd}$ =Normal spg. aus M+N,  $\tau_{vEd}$ =Schub  
 Ausnutzungen:  $f_n$ =M+N,  $f_v$ =Schub,  $f$ =Vergleichsspannung,  $f_k$ =Knicke

Komb. Nr.	$f_{yd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_n$	$\tau_{Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_v$	$\sigma_{gxvEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{vEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$f$	$N_{cr}$ kN	Ausnutzung $N_{Ed} / N_{cr}$
1	235.0	150.8	0.64	135.7	0.0	0.00	121.4	0.0	0.27	6077	0.03 < 0.04
2	235.0	195.8	0.83	135.7	0.0	0.00	157.0	0.0	0.45	6077	0.03 < 0.04

Stegbeulen:  $h_w/t_w = 28.40 < 72.00 = 72 \cdot \epsilon \Rightarrow$  kein Nachweis erforderlich  
 Nachweis Biegeknicken nicht erforderlich.

Biegedrillknicken: Durch Verkeilen der Bohlen sind die Flansche gegen Biegedrillknicken gesichert (s. EAB, EB 48).

**Nachweis für maximales Biegemoment**

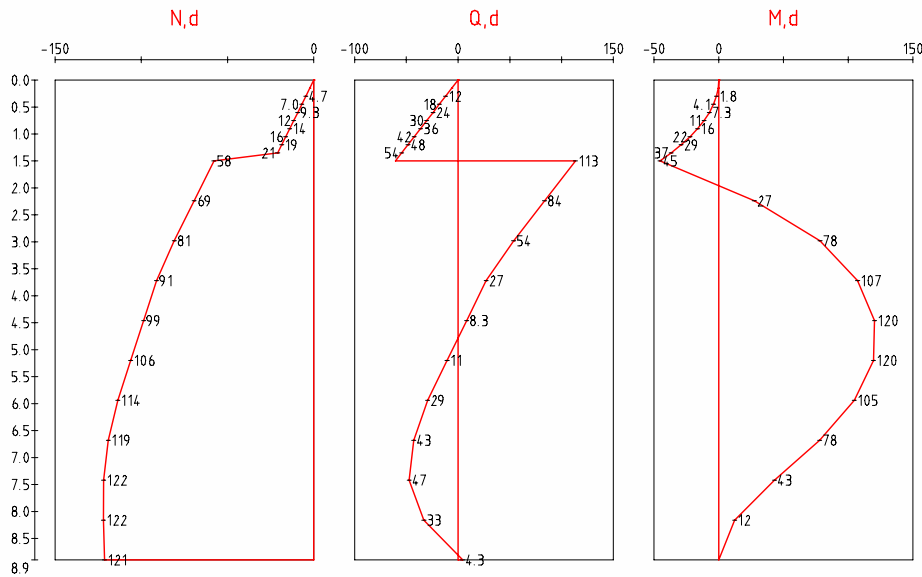
Ort:  $z = 4.78$  m unter Wandkopf Kombination 2  $\gamma_{M0/M1} = 1.00/1.10$   
 Einwirkungen: Einwirkungen sind auf die Einflussbreite  $a = 1.60$  m bezogen!  
 $M_{Ed} = 194.7$  kNm,  $N_{Ed} = 163.1$  kN,  $V_{Ed} = 0.0$  kN  
 $c/t = 236/10.0 = 23.60 \leq 64.60 \cdot \epsilon = 64.60 \Rightarrow$  Klasse 1, Nachweis el-el  
 $f_{yd} = f_y/\gamma_{M0} = 235.0/1.00 = 235.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{Rd} = f_{yd}/(3^{0.5}) = 135.7$  N/mm<sup>2</sup>

Nachweis Normalspannungen:  $\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed}/W_{el y} = 195.8$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Normalspannungen  $f = \sigma_{Ed}/f_{yd} = 0.83 < 1$**

Nachweis Schubspannungen:  $\max. \tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 0.0$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Schubspannungen  $f = \max. \tau_{Ed} / \tau_{Rd} = 0.00 < 1$**

Vergleichsspannungsnachweis Steganschnitt ( $z = 118.0$  mm von Schwerpunkt aus)  
 $\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed} \cdot z / I_y = 157.0$   $\tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 0.0$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Vergleichsspannungen  $f = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2) / f_{yd}^2 = 0.45 < 1$**

Stegbeulen:  $h_w/t_w = 28.4 < 72 \cdot \epsilon = 72.0 \Rightarrow$  kein Nachweis erforderlich



### Nachweis für minimales Stützmoment

 Ort:  $z = 1.50$  m unter Wandkopf      Kombination 2       $\gamma_{M0/M1} = 1.00/1.10$ 

 Einwirkungen:      Einwirkungen sind auf die Einflussbreite  $a = 1.60$  m bezogen!

$$M_{Ed} = 72.6 \text{ kNm}, \quad N_{Ed} = 92.6 \text{ kN}, \quad V_{Ed} = 181.4 \text{ kN}$$

$$c/t = 236/10.0 = 23.60 \leq 61.30 \cdot \epsilon_{slon} = 61.30 \Rightarrow \text{Klasse 1}, \quad \text{Nachweis el-el}$$

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0} = 235.0/1.00 = 235.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Rd} = f_{yd}/(3^{0.5}) = 135.7 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Normalspannungen:       $\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed}/W_{ely} = 75.7 \text{ N/mm}^2$

**Ausnutzung Normalspannungen**       $f = \sigma_{Ed}/f_{yd} = 0.32 < 1$

Nachweis Schubspannungen:       $\max. \tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 35.7 \text{ N/mm}^2$

**Ausnutzung Schubspannungen**       $f = \max. \tau_{Ed} / \tau_{Rd} = 0.26 < 1$

 Vergleichsspannungsnachweis Steganschnitt ( $z = 118.0$  mm von Schwerpunkt aus)

$$\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed} \cdot z / I_y = 61.2 \quad \tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 27.9 \text{ N/mm}^2$$

**Ausnutzung Vergleichsspannungen**       $f = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2) / f_{yd}^2 = 0.11 < 1$

 Stegbeulen:  $h_w/t_w = 28.4 < 72 \cdot \epsilon_{slon} = 72.0 \Rightarrow$  kein Nachweis erforderlich

### Elastische Verformungen aus Kombination 4:      $EI = 21.07 \text{ MNm}^2$

max. Verformung ( $z = 5.20$  m u. Kopf)       $f = 2.2 \text{ cm}$

Verformung OK Wand ( $z = 0.00$  m u. Kopf)       $f = -1.3 \text{ cm}$

Verformung OK Sohle ( $z = 7.00$  m u. Kopf)       $f = 1.5 \text{ cm}$

### Ausfachung nach DIN EN 1995-1-1: 2010 / EAB

Stützweite       $l = 1.60 - 0.80 \cdot 0.10 = 1.52 \text{ m}$

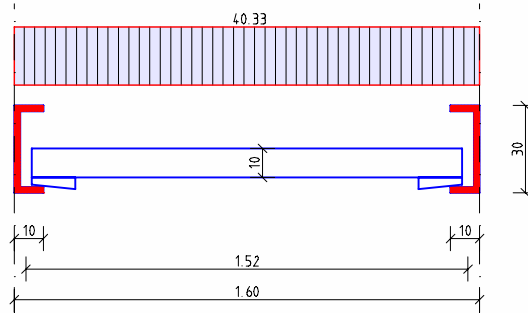
Reduktion des Biegemoments  $m_{dum}$        $\delta_{\Delta p} = 20 \%$

Faktor für den Ansatz des Erddrucks aus Bodeneigenlast       $f = 1.000$

Erddruckbelastung (Kombination 2):  $e_{hd} = 1.000 \cdot 29.7 + 10.6 = 40.33 \text{ kN/m}$

Schnittgrößen:       $m_d = 9.32 \text{ kNm/m}, \quad v_d = 30.65 \text{ kN/m}$





**Bemessung:** Holzgüte Nadelholz C24 Nutzungsklasse 3  
 Lasteinwirkungsdauer Nutzlasten KLED: - ,  $k_{mod} = 1.00$ ,  $\gamma_{M} = 1.30$   
 Bemessungswert der Biegung  $f_{md} = 18.46 \text{ N/mm}^2$ , des Schubs  $f_{vd} = 1.54 \text{ N/mm}^2$

gewählt: Bohlen  $h_z/by = 10 / 100 \text{ cm}$   $A = 1000 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 1667 \text{ cm}^3$

Biegespannungsnachweis  $\sigma_{gd}/f_{md} = 5.59/18.46 = 0.30 < 1$   
 Schubspannungsnachweis  $\tau_{aud}/f_{vd} = 0.46/1.54 = 0.30 < 1$

### Nachweis der Vertikal Komponente des Erdwiderstands nach DIN 1054: 2010

Der Nachweis wird mit char. Lasten für die erforderl. Einbindetiefe geführt.  
 Charakteristisches Bauteileingewicht  $G_{wk} = 2.9 \text{ kN/m}$   
 Neigungswinkel der Ersatzkraft C des Erdaufagers  $\delta_{ta c} = 0.0^\circ$

Ansatz der Vertikallasten:  $F_{vk}$  = Lasten am Wandkopf,  $A_{vk}$  = Ankerkräfte,  
 $C_{vk}$  = Ersatzkraft Einspannung Erdauflager,  $E_{avk}$  = aktiver Erddruck  
 $V_k = F_{vk} + G_{wk} + A_{vk} + C_{vk} + E_{avk}$ ,  $B_{vk}$  = Vertikal Komponente der Erdauflagerkraft

Komb-Nr.	$F_{vk}$	$G_{wk}$	$A_{vk}$	$C_{vk}$	$E_{avk}$	$V_k$	$B_{vk}$	Ausnutzung $B_{vk}/V_k$
1	-	2.9	20.6	-	54.5	78.0	1.1	0.01 < 1
2	-	2.9	20.6	-	66.5	90.0	1.3	0.01 < 1

Bei Bohlträgern wird für  $C_{vk}$  u.  $B_{vk}$  nur der Anteil  $b_t/a_t$  angesetzt!

### Nachweis der Abtragung der Vertikalkräfte in den Untergrund (EC7/DIN 1054)

Ansatz der Vertikallasten:  $F_{vd}$  = Lasten am Wandkopf,  $G_{wd}$  = Eigenlast Bauteil  
 $A_{vd}$  = Ankerkräfte,  $E_{avd}$  = aktiver Erddruck, Einwirkungen  $S_d = F_{vd} + G_{wd} + A_{vd} + E_{avd}$   
 $F_{bd}$  = Spitzendruck,  $F_{sd}$  = Mantelreibung (einseitiger Ansatz nach EAB, EB85)  
 $B_{vd}$  = Vertikalanteil Erdauflagerkraft, Widerstände  $R_d = F_{bd} + \text{MAX}(F_{sd}, B_{vd})$

Teilsicherheitsbeiwert für Druckpfahlwiderstand  $\gamma_{b} = 1.40$   
 Grundwert der Mantelreibung (s. EAB, A10)  $q_{sk} = 60.0 \text{ kN/m}^2$   
 Mantelreibungsfläche  $A_s = 2.059 \text{ m}^2/\text{m}$  Mantelreibung  $F_{sk} = 123.5 \text{ kN/m}$   
 Grundwert Spitzendruck (s. EAB, A10)  $q_{bk} = 900.0 \text{ kN/m}^2$   
 Spitzendruckfläche  $A_b = 0.038 \text{ m}^2/\text{m}$  Spitzendruck  $F_{bk} = 34.2 \text{ kN/m}$

Komb-Nr.	$F_{vd}$	$G_{wd}$	$A_{vd}$	$E_{avd}$	$S_d$	$F_{bd}$	$F_{sd}$	$B_{vd}$	$R_d$	Ausnutz $S_d/R_d$
1	-	3.5	24.7	65.4	93.5	24.4	88.2	4.5	112.7	0.83 < 1
2	-	3.5	24.7	81.0	109.2	24.4	88.2	5.4	112.7	0.97 < 1

**Nachweis in der tiefen Gleitfuge n. EAB/EAU für Verpressanker (Bem-St. BS-P)**

Nachweis für Kombination 2  $\gamma_{Re} = 1.40$  ( $A_{m\ddot{o}gl, d} = A_{m\ddot{o}gl, k} / \gamma_{Re}$ )  
 Berechnung des Erddrucks an der Wand bis Einbindetiefe  $t = 1.90$  m  
 Ankerneigung  $\alpha = 10.0^\circ$  Ankerabstand  $a = 1.60$  m

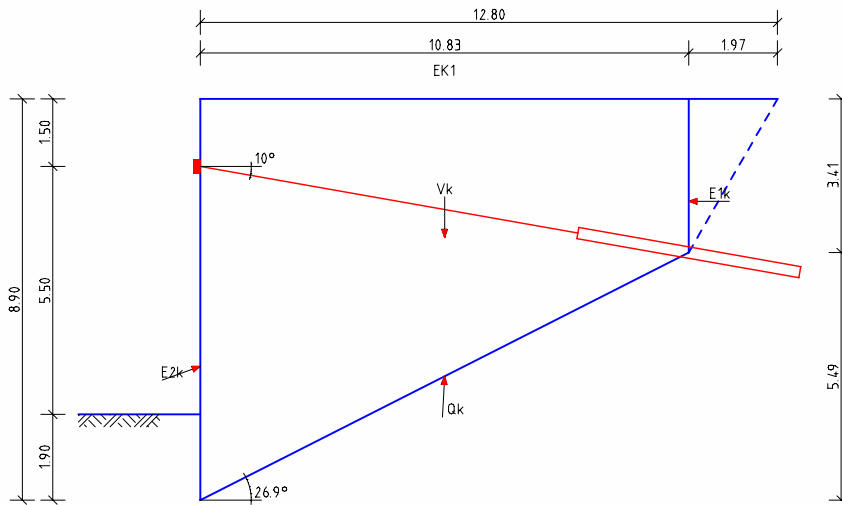
Nr.	Aghk	Aqhk	Ahd	Ad	Höhe unter Lasteinleitungs- Gel. [m]	Länge l <sub>k</sub> [m]	Gesamtlänge l <sub>ges</sub> [m]
1	116.6	25.9	196.3	199.3	1.50	5.00	13.50

**Krafteckkomponenten Nachweis Anker 1 [kN/m]**

Neigung Gleitfuge  $\theta = 26.9^\circ$ , Wandhöhe am Ankerschwerpunkt  $h' = 3.41$  m

Kraft / Erdkörper(EK)	EK 1	EK 2	EK 3	EK 4	EK 5
Erddruck E1gk 'hinten'	48.19	-	-	-	-
Erddruck E2gk 'vorne'	250.17	-	-	-	-
Erddruck E2qk 'vorne'	35.21	-	-	-	-
Erdkörper+Zusatzlasten Vgk	1375.19	-	-	-	-
Nichtständige Lasten Vqk	80.00	-	-	-	-
Reaktionskraft Qgk in Fuge	1246.52	-	-	-	-
Reaktionskraft Qqk in Fuge	61.62	-	-	-	-
Breite des Erdkörpers [m]	10.83	-	-	-	-

G:  $A_{m\ddot{o}gl, k} / A_{m\ddot{o}gl, d} = 258.8 / 184.8$  kN/m,  $A_{vorh, d} / A_{m\ddot{o}gl, d} = 0.86 < 1$   
 G+Q:  $A_{m\ddot{o}gl, k} / A_{m\ddot{o}gl, d} = 295.8 / 211.3$  kN/m,  $A_{vorh, d} / A_{m\ddot{o}gl, d} = 0.94 < 1$

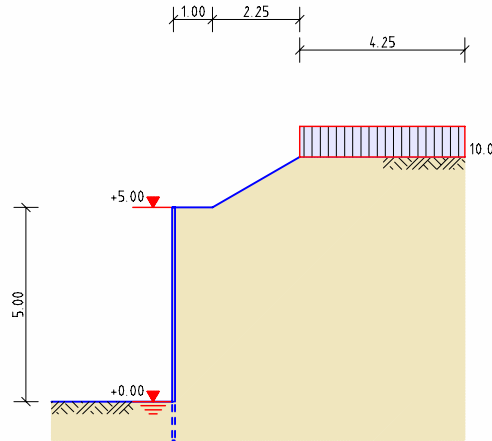


## POS. 2 Trägerbohlwand

Programm: 083B, Vers: 01.00.000 05/2012

*Beispiel aus Weissenbach/Hettler: Baugruben Berechnungsverfahren, 2. Aufl.*

Grundlagen: DIN EN 1990, DIN EN 1991, DIN EN 1993, DIN EN 1997/DIN 1054



### Geometrie und System

Höhenkote Beginn Gelände an Wand

 $H_o = 5.00 \text{ m}$ 

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

Höhe Baugrubensohle

 $H_u = 0.00 \text{ m}$ 

Wandneiglast (geschätzt)

 $\gamma = - \text{ kN/m}^3, g = 0.7 \text{ kN/m}^2$ 

Bohlträger

 Trägerabstand  $a_t = 2.20 \text{ m}$ ,

 Bohlträgerbreite  $b_t = 0.30 \text{ m}$ 

Grundwasserstand

 erdseitig  $G_{we} = 0.00 \text{ m}$ ,

 luftseitig  $G_{wl} = 0.00 \text{ m}$ 

Geländedefinition

Bereich

1

2

3

 Grundlänge  $l_i \text{ (m)}$ 

1.00

2.25

10.00

 Geländeneigung  $\beta \text{ (Grad)}$ 

0.00

30.00

0.00

### Charakteristische Bodenkennwerte

Nr.	Bodenart	Höhe UK [m]	$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	$\gamma' \text{ [kN/m}^3\text{]}$	$\phi \text{ [}^\circ\text{]}$	$\delta \text{ [}^\circ\text{]}$	$\delta_p \text{ [}^\circ\text{]}$	Koh. c [kN/m <sup>2</sup> ]	Koh. cu [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Sa4 (n)	-10.00	18.00	11.00	35.00	23.30	-27.50	0.0	-

### Charakteristische Einwirkungen

Zuordnung des Erddrucks aus Bodeneingewicht

Kat. G, E, EWG -

Begrenzte Flächenlasten

Verteilungsart des Erddrucks:

1 = konstant, 2 = Dreieck (Maximum oben)

3 = Dreieck (Maximum innen), 4 = Trapez

Last- Lastgröße Kategorie EWG

Anfangspunkt

Lastbreite

Neigung

Verteilungs-

Nr.

 [kN/m<sup>2</sup>]

-

-

 $x_a \text{ [m]}$ 
 $H_a \text{ [m]}$ 
 $b \text{ [m]}$ 

[°]

art Erddruck

q1

10.00

G

-

3.25

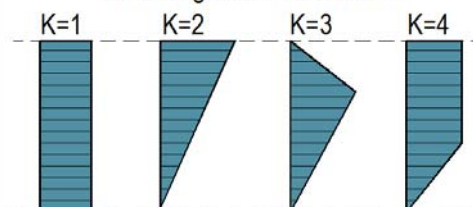
6.30

10.00

0.00

1

Verteilung von Streifenlasten



Kategorie	Bezeichnung	Komb. -Beiwerte			Gamma	
		Psi 0	Psi 1	Psi 2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
G, E	Erddruck	-	-	-	1.35	1.35

### Repräsentative Kombinationen für geotechnische Nachweise

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination
1	Rep, P/T	G
2	G, perm	G

Rep, P/T = Repräsentativ, ständig u. vorübergehend  
 G, perm = Gebrauchstauglichkeit, quasi-ständig

### Geotechnische Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054: 2010-12

Bemessungssituation	gamma, G	gamma, Q	gamma, Re	gamma, Rh	gamma, Rv	gamma, b
BS-T	1.20	1.30	1.30	1.10	1.30	1.40

### Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck .....  $f_a = 1.00$
- Mindesterdru ck für kohäsive Schicht .....  $j_a$
- Anpassungsfaktor für Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_p = 0.80$
- Ansatz der Kohäsion beim Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) .....  $f_c = 0.50$

### Erddruckbeiwerte

Keine Beiwerte wegen iterativer Berechnung von Gesamterddrücken (Krafteck)!

Schicht	G-Boden		Flächenlast		Linienlast		Kohäsion	Erdwiderstand	
	K <sub>agh</sub>	K <sub>aghmi</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	-	-	-	-	-	-	-	7.924	7.245

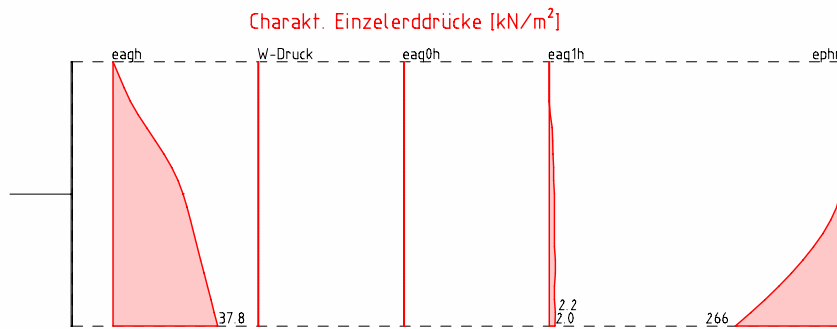
### Horizontaler Erddruck [kN/m<sup>2</sup>] (Char. Einzel erddrücke)

$e_{aqh}$  = Erddruck aus Flächenlasten  $q_i$

Tiefe z [m]	Boden umgelagert		q <sub>0</sub>	q <sub>1</sub>
	$e_{agh+w}$	$e_{agh+w}$	$e_{aq0h}$	$e_{aq1h}$
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	4.0	4.0	0.0	0.0
1.50	6.2	6.2	0.0	0.0
2.00	9.0	9.0	0.0	0.3
2.50	12.1	12.1	0.0	1.1
3.00	15.3	15.3	0.0	1.3
3.50	18.5	18.5	0.0	1.3
4.00	21.2	21.2	0.0	1.6
4.50	23.4	23.4	0.0	1.6
5.00	25.2	25.2	0.0	1.9
5.00	25.2	25.2	0.0	1.9
5.50	26.7	26.7	0.0	1.9
6.00	27.9	27.9	0.0	1.9
6.50	29.1	29.1	0.0	1.9
7.00	30.4	30.4	0.0	1.9
7.50	31.6	31.6	0.0	2.2
8.00	32.8	32.8	0.0	2.2

Tiefe z [m]	Boden umgel agert eagh+w	q0 eagh+w	q1 eaq0h	q1 eaq1h
8.50	34.1	34.1	0.0	1.9
9.00	35.3	35.3	0.0	1.9
9.50	36.5	36.5	0.0	2.2
10.00	37.8	37.8	0.0	2.0

Tiefe z [m]	Erdwiderstand ab OK Sohle [kN/m <sup>2</sup> ]	eph eben [kN/m <sup>2</sup> ]	eph räumlich [kN/m <sup>2</sup> ]
5.00		0.0	0.0
5.50		34.9	8.3
6.00		69.7	23.8
6.50		104.6	43.7
7.00		139.5	67.3
7.50		174.3	94.0
8.00		209.2	123.6
8.50		244.1	155.7
9.00		278.9	190.3
9.50		313.8	227.0
10.00		348.6	265.9



### Ermi t t l u n g d e r E i n b i n d e t i e f e ( d = 5.00 m)

Ck=Ersatzkraft E i n s p. Erdauf l a g e r, Bhd=Erdauf l a g e r k r a f t, Ephd=Eph e b e n, Ephrd=Eph r ä u m l i c h, Ephd' =MIN(Ephd, Ephrd), Ausnutzung A1=Bhd/Ephd', H-Kräfte unter Sohle: Del ta Eahd = Eah u n t e r S o h l e, A2=(Bhd+Del ta Eahd)/Ephd

Komb. Nr	Ck	Bhd	Ephd	Ephrd	Del ta Eahd	Ausnutzung A1	Ausnutzung A2
1	-195.0	313.5	670.5	410.2	201.5	0.76 < 1	0.54 < 1

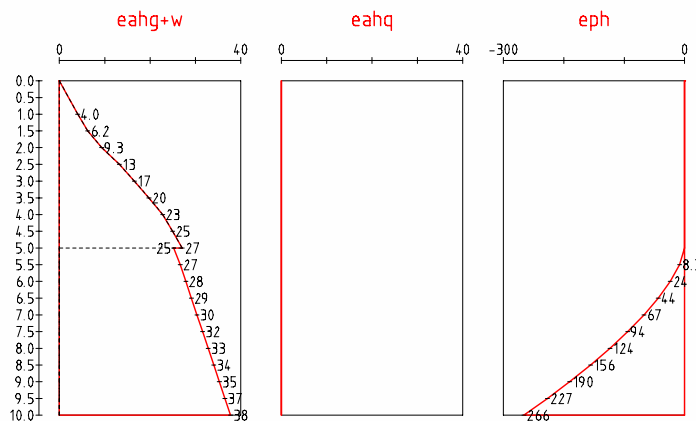
### Charakteri sti sche Erddruckvertei l u n g [kN/m<sup>2</sup>]

Kombi n a t i o n 1

E i n b i n d e t i e f e d = 5.00 m

Höhe u. Gel. [m]	Lamellen- Dicke [m]	Bodenei genl ast eagh	Wasser- umgel. druck w	Zusatzl ast eah(g)	Zusatzl ast gesamt eahg	Zusatzl ast passiv eah(g)	eph(r)
0.00	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	1.00	4.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0.0
1.50	0.50	6.2	6.2	0.0	6.2	0.0	0.0
2.00	0.50	9.0	9.0	0.0	9.3	0.0	0.0
2.50	0.50	12.1	12.1	0.0	13.2	0.0	0.0
3.00	0.50	15.3	15.3	0.0	16.6	0.0	0.0
3.50	0.50	18.5	18.5	0.0	19.8	0.0	0.0
4.00	0.50	21.2	21.2	0.0	22.8	0.0	0.0
4.50	0.50	23.4	23.4	0.0	25.0	0.0	0.0
5.00	0.50	25.2	25.2	0.0	27.1	0.0	0.0
5.00	-	0.0	25.2	0.0	25.2	0.0	0.0
5.50	0.50	0.0	26.7	0.0	26.7	0.0	8.3

Höhe u. Gel. [m]	Lamellen-Dicke [m]	Bodeneigenlast	Wasserdruck	Zusatzlast gesamt	Zusatzlast passiv
		each	umgel.	eah(g)	eah(r)
6.00	0.50	0.0	27.9	0.0	23.8
6.50	0.50	0.0	29.1	0.0	43.7
7.00	0.50	0.0	30.4	0.0	67.3
7.50	0.50	0.0	31.6	0.0	94.0
8.00	0.50	0.0	32.8	0.0	123.6
8.50	0.50	0.0	34.1	0.0	155.7
9.00	0.50	0.0	35.3	0.0	190.3
9.50	0.50	0.0	36.5	0.0	227.0
10.00	0.50	0.0	37.8	0.0	265.9



### Erdaulager für Kombination 1

Teilsicherheitsbeiwerte	$\gamma_G = 1.20$	$\gamma_Q = 1.30$	$\gamma_{Re} = 1.30$
Erdwiderstand eben ( $\Delta p = -\phi$ )	$E_{phk} = 1241.3$	$E_{phd} = 954.8$	kN/m
Erdwiderstand räumlich	$E_{phrk} = 533.3$	$E_{phrd} = 410.2$	kN/m
Erdaulagerkraft	$B_{hgk} = 261.3$	$B_{hqk} = 0.0$	$B_{hk} = 261.3$ kN/m
Ersatzkraft Wandfuß	$Ch_{gk} = -195.0$	$Ch_{qk} = 0.0$	$Ch_k = -195.0$ kN/m

### Nachweis der Einbindeteife

Bemessungsaulagerkraft	$B_{hd} = 261.3 \cdot 1.20 + 0.0 \cdot 1.30 = 313.5$	kN/m
Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstands	$E_{phrd} = 410.2$	kN/m

**Ausnutzungsgrad**  $B_{hd}/E_{phrd} = 313.5/410.2 = 0.76 < 1$

### Nachweis Gleichgewicht der Horizontalkräfte unterhalb der Sohle (eben)

Aktiver Erddruck unterhalb der Sohle	$\Delta E_{ahd} = 167.9 \cdot 1.20 + 0.0 \cdot 1.30 = 201.5$	kN/m
--------------------------------------	--	------

**Ausnutzungsgrad**  $(B_{hd} + \Delta E_{ahd}) / E_{phd} = 515.0 / 954.8 = 0.54 < 1$

**Erforderliche Wandlänge**  $l = 5.00 + 1.20 \cdot 5.00 = 11.00$  m, gew.  $l = 11.00$  m

### EI-fache elastische Verformungen aus Kombination 2

max. Verformung ( $z = 0.00$ m u. Kopf)	$EI \cdot f = 750.982$	cmMNm <sup>2</sup>
Verformung OK Sohle ( $z = 5.00$ m u. Kopf)	$EI \cdot f = 235.500$	cmMNm <sup>2</sup>

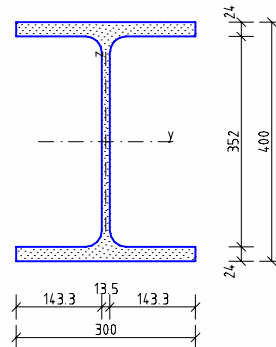
### Bemessungsschnittgrößen (Tiefe unter Wandkopf)

Komb. Nr.	Tiefe [m]	max. Mfd [kNm/m]	Nd [kN/m]	Qd [kN/m]	Tiefe min. Msd [m]	Nd [kN/m]	Qd [kN/m]	max. Qd [kN/m]	Md [kNm/m]	Nd [kN/m]	
1	7.91	288	-33	0	-	-	-	10.00	234	-73	-14

Ermittlung der Kombinationen der TGF aus den repräsentativen Kombinationen:  
 Ansatz von  $\gamma_{Gsup}$  für ständige EW maßgebend

**Bemessung nach DIN EN 1993-1: 2010 (Grenzzustand der Tragfähigkeit)**  
**Werkstoff: S 235 / EN 10025-2 Erzeugnisse dicken  $t \leq 40$  mm**  
 Streckgrenze  $f_y = 235$  N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_u = 360$  N/mm<sup>2</sup>  
 E-Modul  $E = 210000$  N/mm<sup>2</sup> Schub-Modul  $G = 81000$  N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon = 1.000$   
 Kniclängen:  
 Endfeld oben  $\beta = 2.00$ , Innenfelder  $\beta = -$ , Erdauflager  $\beta = -$

**gew. 1 x HE-B 400**  
 $A = 197.8$  cm<sup>2</sup>,  $I_y/I_z = 57681/ -$  cm<sup>4</sup>,  $S_y/S_z = 1616/ -$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{el y}/W_{el z} = 2884/ -$  cm<sup>3</sup>,  $W_{pl y}/W_{pl z} = 3232/ -$  cm<sup>3</sup>  
 Höhe/Breite  $h/b = 400 / 300$  mm, Steg-/Flanschdicke  $t_w/t_f = 13.5 / 24.0$  mm  
 Radius Steg-Flansch  $r = 27.0$  mm



### Nachweise nach DIN EN 1993-1 (el-el)

Widerstände:  $f_{yd}$ =Normalspannungen,  $\tau_{Rd}$ =Schubspannungen,  $N_{cr}$ =krit. N-Kraft  
 Einwirkungen:  $\sigma_{Ed}$ =Normalspannung aus M+N,  $\tau_{Ed}$ =max. Schubspannung,  
 Vergleichsspannung:  $\sigma_{gxvEd}$ =Normal spg. aus M+N,  $\tau_{vEd}$ =Schub  
 Ausnutzungen:  $f_n$ =M+N,  $f_v$ =Schub,  $f$ =Vergleichsspannung,  $f_k$ =Knicken

Komb. Nr.	$f_{yd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_n$	$\tau_{Rd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{Ed}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_v$	$\sigma_{gxvEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{vEd}$ N/mm <sup>2</sup>	$f$	$N_{cr}$ kN	Ausnutzung $N_{Ed} / N_{cr}$
1	235.0	223.4	0.95	135.7	0.0	0.00	167.3	0.0	0.51	2989	0.02 < 0.04

Stegbeulen:  $h_w/t_w = 27.85 < 72.00 = 72 \cdot \epsilon \Rightarrow$  kein Nachweis erforderlich  
 Nachweis Biegeknicken nicht erforderlich.

Biegedrillknicken: Durch Verkeilen der Bohlen sind die Flansche gegen Biegedrillknicken gesichert (s. EAB, EB 48).

### Nachweis für maximales Biegemoment

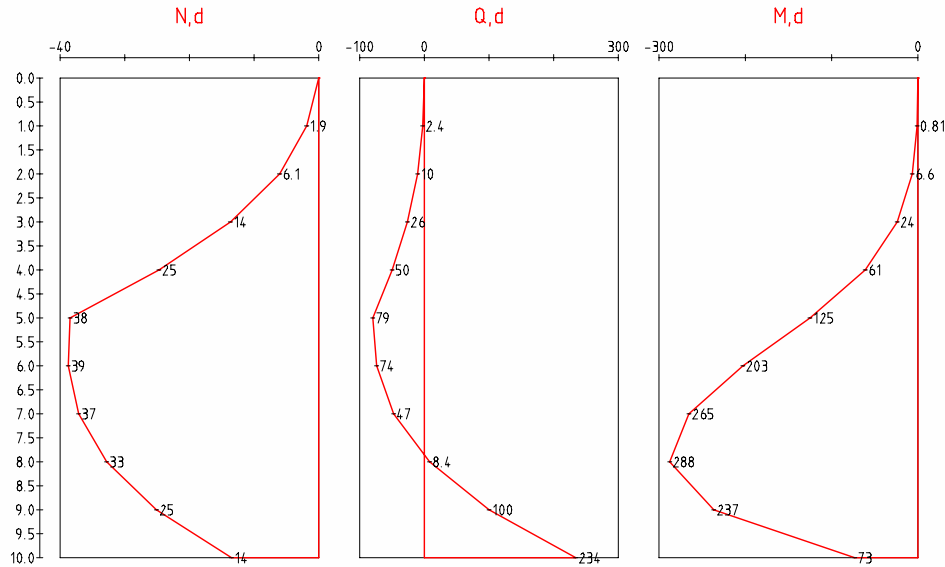
Ort:  $z = 7.90$  m unter Wandkopf Kombination 1  $\gamma_{M0/M1} = 1.00/1.10$   
 Einwirkungen: Einwirkungen sind auf die Einflussbreite  $a = 2.20$  m bezogen!  
 $M_{Ed} = 633.5$  kNm,  $N_{Ed} = 73.0$  kN,  $V_{Ed} = 0.0$  kN  
 $c/t = 298/13.5 = 22.07 \leq 70.13 \cdot \epsilon = 70.13 \Rightarrow$  Klasse 1, Nachweis el-el  
 $f_{yd} = f_y/\gamma_{M0} = 235.0/1.00 = 235.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{Rd} = f_{yd}/(3^{0.5}) = 135.7$  N/mm<sup>2</sup>

Nachweis Normalspannungen:  $\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed}/W_{el y} = 223.4$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Normalspannungen  $f = \sigma_{Ed}/f_{yd} = 0.95 < 1$**

Nachweis Schubspannungen:  $\max. \tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 0.0$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Schubspannungen  $f = \max. \tau_{Ed} / \tau_{Rd} = 0.00 < 1$**

Vergleichsspannungsnachweis Steganschnitt ( $z = 149.0$  mm von Schwerpunkt aus)  
 $\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{Ed} \cdot z / I_y = 167.3$   $\tau_{Ed} = V_{Ed} \cdot S_y / (I_y \cdot t_w) = 0.0$  N/mm<sup>2</sup>  
**Ausnutzung Vergleichsspannungen  $f = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2) / f_{yd}^2 = 0.51 < 1$**

Stegbeulen:  $h_w/t_w = 27.9 < 72 \cdot \epsilon = 72.0 \Rightarrow$  kein Nachweis erforderlich

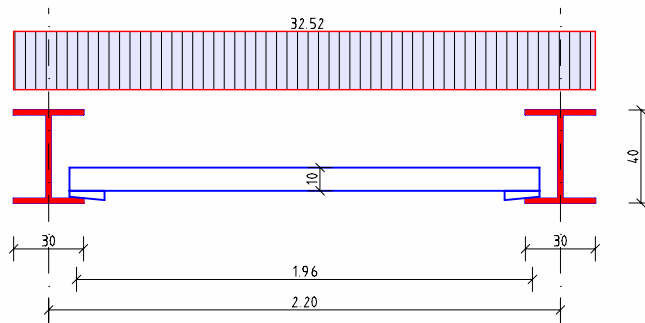


**Elastische Verformungen aus Kombination 2:**  $EI = 55.06 \text{ MNm}^2$   
 max. Verformung ( $z = 0.00 \text{ m u. Kopf}$ )  $f = 13.6 \text{ cm}$   
 Verformung OK Sohle ( $z = 5.00 \text{ m u. Kopf}$ )  $f = 4.3 \text{ cm}$

**Ausfachung nach DIN EN 1995-1-1: 2010 / EAB**

Stützweite  $l = 2.20 - 0.80 \cdot 0.30 = 1.96 \text{ m}$   
 Reduktion des Biegemoments  $\Delta p = 20 \%$   
 Faktor für den Ansatz des Erddrucks aus Bodeneigenlast  $f = 1.000$

Erddruckbelastung (Kombination 1):  $e_{hd} = 1.000 \cdot 30.3 + 2.2 = 32.52 \text{ kN/m}$   
 Schnittgrößen:  $m_d = 12.49 \text{ kNm/m}$ ,  $v_d = 31.87 \text{ kN/m}$



**Bemessung:** Holzgüte Nadelholz C24 Nutzungsklasse 3  
 Lasteinwirkungsdauer Nutzlasten KLED: - ,  $k_{mod} = 1.00$ ,  $\gamma_M = 1.30$   
 Bemessungswert der Biegung  $f_{md} = 18.46 \text{ N/mm}^2$ , des Schubs  $f_{vd} = 1.54 \text{ N/mm}^2$

gewählt: Bohlen  $h_z/by = 10 / 100 \text{ cm}$   $A = 1000 \text{ cm}^2$ ,  $W_y = 1667 \text{ cm}^3$

Biegespannungsnachweis  $\sigma_{gd}/f_{md} = 7.50/18.46 = 0.41 < 1$   
 Schubspannungsnachweis  $\tau_{aud}/f_{vd} = 0.48/1.54 = 0.31 < 1$

**Nachweis der Vertikal Komponente des Erdwiderstands nach DIN 1054: 2010**

Der Nachweis wird mit char. Lasten für die erforderlich. Einbindtiefe geführt.  
 Charakteristisches Bauteileingewicht  $G_{wk} = 7.8 \text{ kN/m}$   
 Neigungswinkel der Ersatzkraft C des Erdaufagers  $\Delta c = 11.7^\circ$



Ansatz der Vertikallasten: Fvk = Lasten am Wandkopf, Avk = Ankerkräfte, Cvk = Ersatzkraft Einspannung Erdaufleger, Eavk = aktiver Erddruck  
 Vk = Fvk+Gwk+Avk+Cvk+Eavk, Bvk = Vertikal Komponente der Erdauflegerkraft

Komb-Nr.	Fvk	Gwk	Avk	Cvk	Eavk	Vk	Bvk	Ausnutzung Bvk/Vk
1	-	7.8	-	5.5	28.5	41.8	18.5	0.44 < 1

Bei Bohlträgern wird für Cvk u. Bvk nur der Anteil bt/at angesetzt!

### Nachweis der Abtragung der Vertikalkräfte in den Untergrund (EC7/DIN 1054)

Ansatz der Vertikallasten: Fvd = Lasten am Wandkopf, Gwd = Eigenlast Bauteil  
 Avd = Ankerkräfte, Eavd = aktiver Erddruck, Einwirkungen Sd=Fvd+Gwd+Avd+Eavd  
 Fbd = Spitzendruck, Fsd = Mantelreibung (einseitiger Ansatz nach EAB, EB85)  
 Bvd = Vertikalanteil Erdauflegerkraft, Widerstände Rd = Fbd+MAX(Fsd, Bvd)

Teilsicherheitsbeiwert für Druckpfahlwiderstand  $\gamma_b = 1.40$   
 Grundwert der Mantelreibung (s. EAB, A10)  $q_{sk} = 60.0 \text{ kN/m}^2$   
 Mantelreibungsfläche  $A_s = 4.436 \text{ m}^2/\text{m}$  Mantelreibung  $F_{sk} = 266.2 \text{ kN/m}$   
 Grundwert Spitzendruck (s. EAB, A10)  $q_{bk} = 1260.0 \text{ kN/m}^2$   
 Spitzendruckfläche  $A_b = 0.055 \text{ m}^2/\text{m}$  Spitzendruck  $F_{bk} = 69.3 \text{ kN/m}$

Komb-Nr.	Fvd	Gwd	Avd	Eavd	Sd	Fbd	Fsd	Bvd	Rd	Ausnutz Sd/Rd
1	-	9.4	-	34.2	43.6	49.5	190.1	104.6	239.6	0.18 < 1