

53Y Schwergewichtswand / Gabionenwand

(Stand: 09.08.2011)

Leistungsumfang

Das Programm 053Y ermittelt die Standsicherheit von Schwergewichtswänden nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054:2005-01. Die Wand kann verschiedene Formen haben, auch einfache Gabionenwände können berechnet werden. Das Gelände kann dabei gerade, geneigt oder gebrochen sein. Es können eine durchgehende Oberflächenlast und bis zu 3 Streifenlasten auf dem Gelände sowie Lasten am Wandkopf angegeben werden. Der Baugrund kann aus bis zu 4 Schichten bestehen, zusätzlich kann eine Schicht vor dem luftseitigen Sporn definiert werden. Die Eingabe eines Grundwasserstandes erdseitig wie luftseitig ist möglich. Es werden die Nachweise gegen Kippen, Gleiten und Grundbruch geführt. Der Verlauf der Stützlinie (bei Gabionen zusätzlich der Nachweis der Gleitsicherheit in allen Arbeitsfugen) sowie eine Abschätzung der Setzungen können auf Wunsch ebenfalls ermittelt werden. Der Nachweis des Geländebruchs mit Datenübernahme kann als Nachlaufprogramm angeschlossen werden.

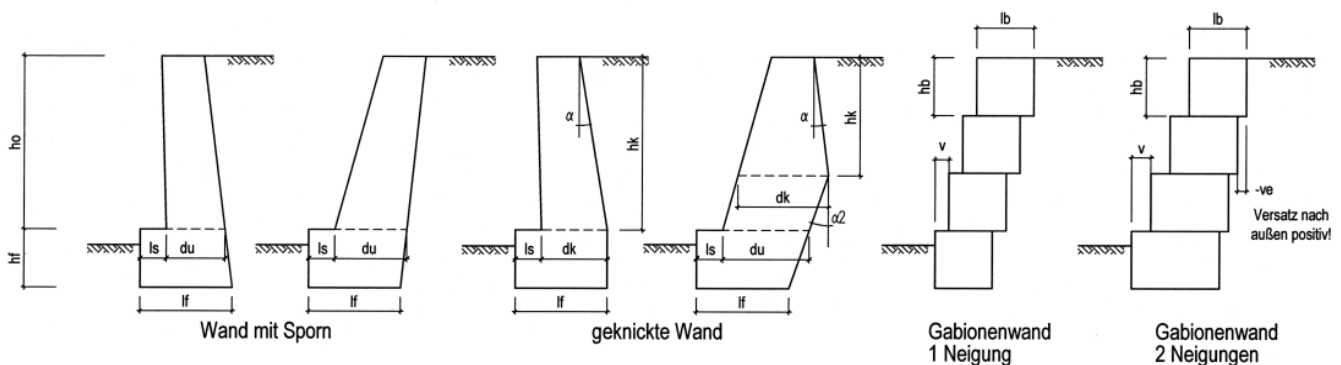
Koordinatensystem

Ursprung ist der Wandkopf erdseitig: x nach rechts, z nach unten

Eingaben

Wahl der Wandform und Vorauswahl der Nachweise

Die folgenden Wandformen stehen zur Verfügung:



Weiterhin kann eine Auswahl der zu führenden Nachweise getroffen werden. Der Nachweis der Kippsicherheit wird immer geführt, optional sind:

- Nachweis der Gleitsicherheit,
- Nachweis der Grundbruchsicherheit,
- Nachweis der Stützlinie,
- Ermittlung der Setzungen.

Wird der Nachweis der Gleitsicherheit deaktiviert, so wird davon ausgegangen, dass ein Auflager zur Aufnahme der horizontalen Lasten vorhanden ist. In diesem Fall werden dann auch beim Grundbruchnachweis keine H-Lasten angesetzt!

Für die Ausgabe kann gewählt werden, ob die Erddruckverteilung als Tabelle und/oder als Grafik dargestellt werden soll. Damit kann der Umfang der Ausgaben begrenzt werden.

Geometrie

- Beschreibung der Wand:

- Fundamentlänge l_f und –höhe h_f sowie die Einbindetiefe d ,
- evtl. vorhandene Spornlänge l_s ,
- Höhe der aufgehenden Wand h_o , Wanddicke am Kopf d_o und erdseitige Wandneigung α (in Bild 2 ist eine negative Wandneigung dargestellt!),
- bei geknickter Wand die Lage des Knicks h_k , die Wanddicke auf Höhe des Knicks und die Wandneigung α_2 unterhalb des Knicks (s. Bild 1),
- bei Gabionen genügt die Angabe der Blockanzahl n , der Blockhöhe h_b und –breite l_b sowie des Versatzes v (wie in Bild 1 dargestellt). Haben die einzelnen Blöcke unterschiedliche Breiten, so kann dies durch die Eingabe eines erdseitigen Versatzes angegeben werden (Vorzeichen beachten, s. Bild 1).

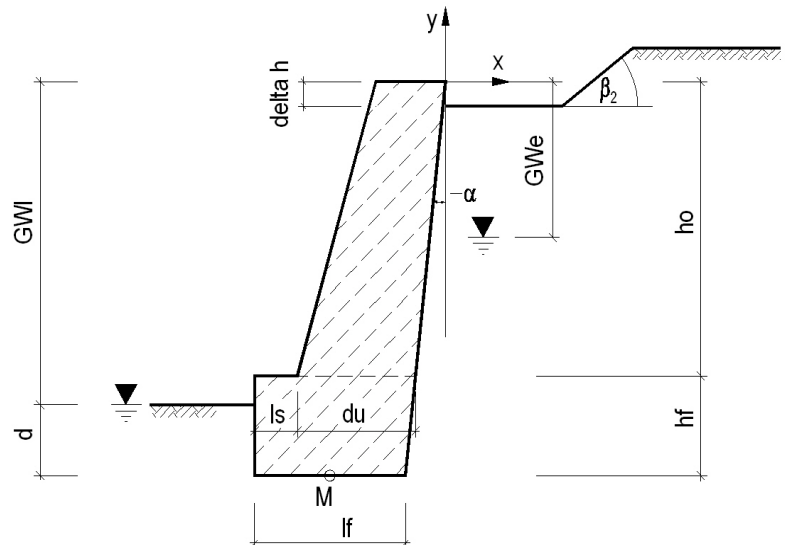


Bild 2

- Beschreibung des Geländes in bis zu 3 Bereichen durch die Angabe der Bereichslänge und –neigung. Die Eingabe kann durch die Bereichslänge $l=0$ beendet werden. Beginnt das Gelände unterhalb des Wandkopfes, so ist die Höhendifferenz $\text{delta } h$ anzugeben.

Charakteristische Bodenkennwerte und Wasserstand

Für den Baugrund können bis zu 4 Schichten definiert werden. Sie werden ab Wandkopf definiert. Einzugeben sind Schichtdicke, Wichte γ , Wichte γ' (unter Auftrieb), Reibungswinkel φ und Kohäsion c . Besteht die Hinterfüllung des Bauwerks aus bindigem Boden, so ist zu beachten, dass der Boden nach dem Einbringen gestört ist und somit i.a. keine Kohäsion aufweist!

Der Reibungswinkel φ der Schichten muss mindestens 15° betragen. Für die 1. Schicht ist jedoch auch ein Wert $\varphi=0^\circ$ erlaubt, um z.B. landwirtschaftliche Schüttgüter damit zu erfassen.

Einschränkungen für die Berechnung mit $\varphi = 0^\circ$:

- $\varphi = 0^\circ$ nur für 1. Schicht möglich
- mindestens 2 Schichten sind zu definieren
- kein gebrochenes Gelände
- keine Blocklasten
- Schichtdicke der 1. Schicht d = Höhe der Hinterfüllung (bis UK Fundament bzw. OK Sohle)

Wird vor dem Sporn ein anderer Boden als die Hinterfüllung eingebaut, so kann hierfür eine eigene Schicht angegeben werden. Diese Schicht gilt über die Einbindetiefe des Bauwerks.

Für die Hinterfüllung ist zusätzlich der Wandreibungswinkel δ_a (bezogen auf den Reibungswinkel der Hinterfüllung) anzugeben, der meist mit $\delta_a = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden darf (raue Wand). Liegt eine positive Wandneigung vor, kann bei einer Gabionenwand auch mit $\delta_a = \varphi$ gerechnet werden.

Für den Fall eines vorhandenen Grundwasserstands kann der Grundwasserspiegel erdseitig GW_e und luftseitig GW_l definiert werden. Als Maß wird der Abstand vom Wandkopf angegeben (Bild 3). Ein unterschiedlicher Wasserspiegel kann nur im Bereich des Bauwerks angegeben werden, da nur dort ein Differenzwasserdruck abgebaut werden kann. Bei einem Wasserspiegel unterhalb wird $GW_l = GW_e$ gesetzt. Ein Wasserspiegel oberhalb der Sohle erzeugt in der Sohle eine Auftriebskraft, die von der Wandeigenlast abgezogen wird.

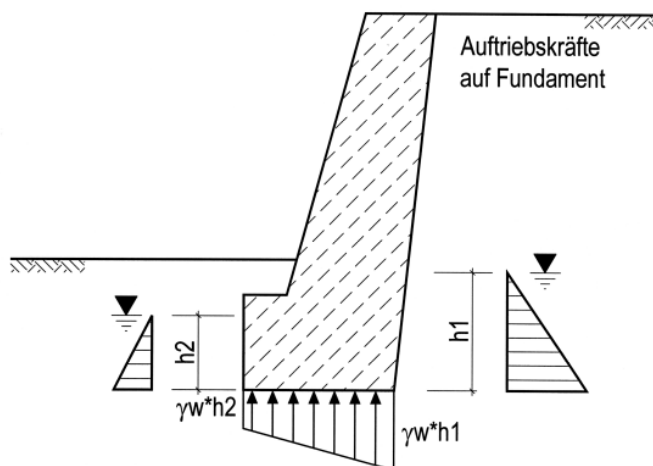


Bild 3

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).
- Begrenzte Streifenlasten:
Zur durchgehenden Flächenlast können bis zu 3 Streifenlasten auf dem Gelände definiert werden. Angaben über Lastgröße und Kategorie, Abstand vom Wandkopf, Breite der Last sowie Art der Erddruckverteilung werden hier erwartet. Bei Streifenlasten mit geringer Breite sind die Verteilungen 2 oder 3, sonst die Verteilungen 1 oder 4 geeignet (Bild 4).

Hinweis:

Die Angabe der Verteilung wird bei iterativer Erddruckermittlung (s.u.) nicht ausgewertet.

- Lasten am Wandkopf:
Vertikallasten, Horizontallasten und Momente am Wandkopf können hier angegeben werden. Die in Bild 4 angegebenen Lastsymbole zeigen die Positivrichtungen an. Es können ständige und nichtständige Lastanteile definiert werden.
- Zusatzlast auf luftseitiger Wand:
Falls zusätzliche Eigenlasten wie z.B. Verblendung der Wand vorhanden sind, können sie hier als ständige Lasten eingegeben werden.

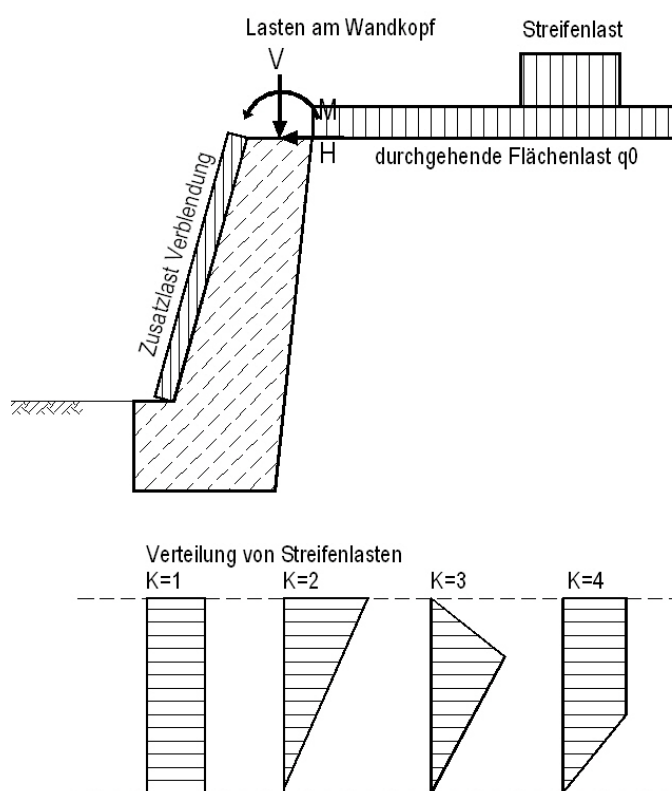


Bild 4

Teilsicherheiten

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

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

Aus dem gewählten Lastfall ergeben sich die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände nach [1], 6.4 bzw. [7].

Berechnungsoptionen

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

- *Erhöhungsfaktor f für den Erddruck auf die aufgehende Wand:*
I. Allg. ist der Erddruck als aktiver Erddruck anzusetzen ($f = 1.0$), nur z.B. bei Gründung auf Fels ist die Standsicherheit mit erhöhtem aktivem Erddruck bzw. Ruhedruck zu führen ($f > 1.0$).
- *Ansatz des Erdwiderstands vor dem Fundament:*
Unter der Bedingung, dass der Boden vor dem Fundament bzw. luftseitigen Sporn nicht entfernt wird, kann vor dem Sporn ein günstig wirkender Erdwiderstand E_{ph} angesetzt werden. Dieser darf maximal mit dem halben Rechenwert angesetzt werden (beim Grundbruchnachweis maximal 50%, beim Gleitnachweis maximal 30% wegen Verformungsbegrenzung, s. [1], 7.6) und wird mit dem Neigungswinkel $\delta_p=0$ bestimmt. Der Erdwiderstand geht in Kipp- und Gleitnachweis ein.
- *Ansatz des Erdwiderstands vor dem Fundament für den Grundbruchnachweis:*
Der oben beschriebene Erdwiderstand kann getrennt auch für den Grundbruchnachweis angewählt werden, jedoch nur dann, wenn er auch für Gleiten und Kippen angesetzt wurde (s.o.).
- *Berücksichtigung eines Verdichtungserddrucks:*
Bei der Ermittlung des Bemessungserddrucks auf die aufgehende Wand wird ein möglicher Verdichtungserddruck vereinfacht nach [2], 6.6.1, angesetzt (s. Bild 6). Der Verdichtungserddruck wird i. Allg. mit $e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$ über eine Tiefe von $z = 2.00 \text{ m}$ angesetzt, bei unnachgiebigen Wänden muss er u.U. höher gewählt werden.
Der Verdichtungserddruck wird **nicht** mit dem Erhöhungsfaktor f in Rechnung gestellt. Er wird bei der Ermittlung des Bemessungserddrucks mit dem Erddruck aus Zusatzlasten verglichen. Die jeweils höhere Erddruckordinate e_d im Bereich der Tiefe z wird angesetzt. Analog wird er auch beim Standsicherheitsnachweis berücksichtigt.
- *Sohlreibungswinkel für den Gleitsicherheitsnachweis:*
Bei Ortbetonfundamenten darf i. Allg. mit einem Sohlreibungswinkel zwischen Fundament und Baugrund $\delta_{s,k} = \varphi$ gerechnet werden, bei Fertigteilen (ohne Mörtelbett) muss $\delta_{s,k} = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden.

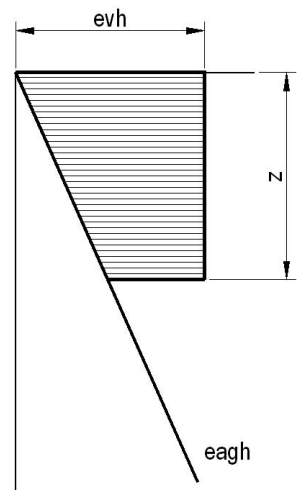


Bild 5

Ergebnisse

Erddruck auf die aufgehende Wand

Da eine Erddruckberechnung mit Hilfe von Formeln nach [2] bzw. [6] 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 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.

Um Irritationen zu vermeiden, werden auch bei der Berechnung des Erddrucks über die Formeln in [2] bzw. [6] die Erddruckbeiwerte nicht ausgegeben.

Die Erddruckausgabe unterscheidet den Erddruck aus ständigen und nichtständigen Lasten, da diese später bei den Standsicherheitsnachweisen mit unterschiedlichen Sicherheiten versehen werden (Bild 6). Aus den charakteristischen Erddrücken ergibt sich mit den entsprechenden Teilsicherheiten der Bemessungserddruck $e_{ah,d}$. Ein evtl. gewählter Verdichtungserddruck wird dabei als ständige Einwirkung berücksichtigt (s. Berechnungsoptionen).

Hinweis:

Es werden bei der Ermittlung des Bemessungserddrucks keine Kombinationsbeiwerte angesetzt, da mögliche Lastkombinationen in den Teilsicherheiten bereits enthalten sind. Zudem überwiegen im Grundbau die ständigen Lasten, so dass ein solcher Ansatz kaum Differenzen erbrächte.

Bei Gabionen wird der Erddruck auf eine gedachte, durchgehend geneigte

Wandrückseite mit $\tan \alpha = \frac{v}{hb}$ angesetzt (s. [4]). Die Lage der

Erddruckresultierenden kann dem nebenstehenden Bild 7 entnommen werden.

Erddruck charakteristisch

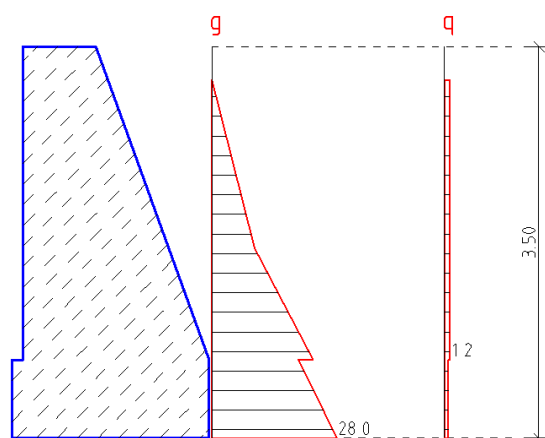


Bild 6

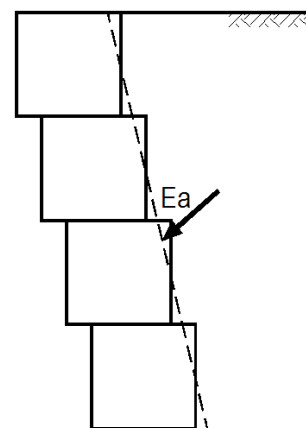


Bild 7

Gesamtlasten

Alle für die Standsicherheitsnachweise benötigten Kräfte werden in einer Ausgabetablelle zusammengefasst. Die zugehörigen Hebelarme beziehen sich auf die Mitte der Sohle (nach oben bzw. rechts positiv).

Kippsicherheitsnachweis nach DIN 1054

Beim Nachweis gegen Kippen werden alle Einwirkungen als charakteristische Größen angesetzt. Es wird die 1. Kernweite für die Gebrauchsfähigkeit, die Einhaltung der 2. Kernweite als Tragfähigkeitsnachweis überprüft. Dieser Nachweis ist immer zu führen.

Gleitsicherheitsnachweis nach DIN 1054 (GZ 1B)

Beim Nachweis gegen Gleiten wird dem Bemessungswert der Einwirkungen T_d (Horizontalkräfte) den Bemessungswerten der Widerstände Gleitwiderstand $R_{t,d}$ und Erdwiderstand vor dem Fundament $E_{p,d}$ (falls vom Benutzer zum Ansatz gebracht) entgegengesetzt. Hierbei sind die Beanspruchungen T_d mit den Teilsicherheiten der Einwirkungen γ_G bzw. γ_Q multipliziert, die Widerstände durch die des Gleitwiderstands γ_{GI} bzw. des Erdwiderstands γ_{Ep} dividiert.

Nachweis: $T_d \leq R_{t,d} + E_{p,d}$

Der Nachweis gegen Gleiten ist optional, da die H-Lasten u.U. nicht direkt vom Baugrund aufgenommen werden müssen (z.B. Aufnahme durch ein angrenzendes Bauwerk).

Grundbruchnachweis nach DIN 1054 (GZ 1B)

Nachweis: $N_d \leq R_{n,d}$

N_d ist der Bemessungswert der Beanspruchungen senkrecht zur Sohle

$R_{n,d}$ ist der Bemessungswert des Grundbruchwiderstands, der sich nach [3] ermitteln lässt

Der Nachweis gegen Grundbruch ist optional, da u.U. die Sohldrücke gering sind bzw. der Nachweis auch über die zulässigen Sohldrücke geführt werden darf. Wird der Nachweis gegen Gleiten nicht geführt, weil die H-Lasten von einem Auflager aufgenommen werden können, so wird der Nachweis gegen Grundbruch ohne H-Lasten durchgeführt.

Charakteristische Sohldrücke

Die zur Bemessung der Sporne benötigten Sohldrücke werden dokumentiert für ständige Lasten sowie ständige Lasten + nichtständige Zusatzlasten (Gesamtlasten).

Verlauf der Stützlinie

Um den Nachweis zu erbringen, dass in jedem Schnitt der aufgehenden Wand die Kippsicherheit erfüllt ist, kann die Stützlinie als zusätzliche Ausgabe gewählt werden (s. Bild 8). Bei Gabionen wird dieser Nachweis in jeder Arbeitsfuge geführt, bei sonstigen Wänden in den Zehntelpunkten der Wandhöhe. Zusätzlich wird für Gabionen auch der Nachweis der Gleitsicherheit in jeder Arbeitsfuge geführt (der Reibungswinkel in den Fugen darf i.A. zu $\delta_{sk} = 31^\circ$ angenommen werden, dies entspricht einem Reibungsbeiwert $\mu = 0.6$).

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei Gabionen nach [4] bei einer positiven Ausmitte (Kippen zum Erdreich) die zulässige Ausmitte für ständige Lasten zul. $e = b/3$ beträgt (sonst zul. $e = b/6$). Gleichzeitig ist jedoch zu beachten, dass der Kippnachweis in der Fuge oben und unten erfüllt sein muss, was bei großem Versatz u.U. nicht möglich ist.

Der Verlauf der zulässigen Ausmitte für ständige Lasten wird kurz gestrichelt, derjenige für Gesamtlasten länger gestrichelt dargestellt.

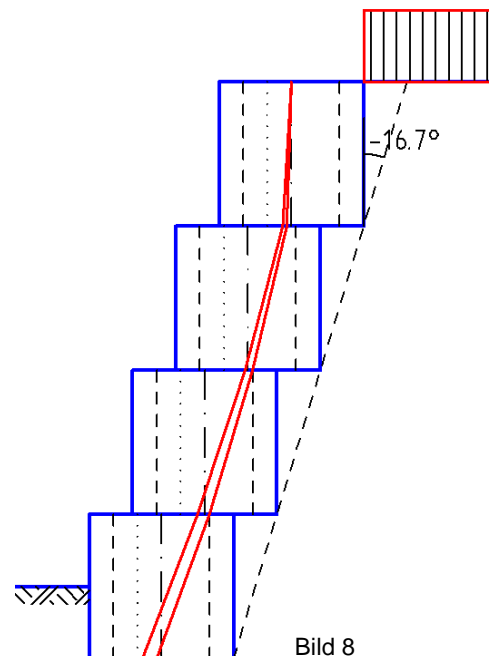


Bild 8

Abschätzung der Setzungen

Für eine Abschätzung der Setzungen werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Streifenfundament mit einem Seitenverhältnis $b_x/b_y = 10$
- konstanter Zusammendrückungsmodul E_m der Schichten
- Ansatz der ständigen charakteristischen Lasten
- keine klaffende Fuge (Ausmitte e aus ständiger Last darf nicht größer als $b/6$ betragen)

Für die Berechnung ist anzugeben:

- Grenztiefe z der setzungsempfindlichen Schicht. Dies ist die Tiefe, in der die Zusatzspannungen 20% der Eigenlastspannungen des Bodens betragen und ab der nur noch vernachlässigbar kleine Verformungen auftreten. I. A. beträgt die Tiefe $z = b$ bis $z = 2 \cdot b$.
- Zusammendrückungsmodul E_m , der in vielen Fällen gleich der Steifeziffer E_s gesetzt werden kann. Das Programm bietet dazu Erfahrungswerte als Anhaltswerte an.
- Eine mögliche Vorbelastung σ_v des Baugrunds in der Sohle. Ein Bodenaushub kann beispielsweise von der Spannung aus Zusatzlasten abgezogen werden, da nur aus einer effektiven Zusatzlast Setzungen resultieren.

Die Berechnung erfolgt nach [5], wobei die Setzungsanteile aus einer mittleren Sohlpressung und einer Verkantung infolge der Ausmitte der Vertikalkraft ermittelt werden.

Lastweiterleitung / Allgemeine Weiterleitungsdaten

Für eine eventuell notwendige Fundamentbemessung werden die resultierenden Lasten (ständige und nichtständige) abgespeichert, für weitere Grundbaunachweise werden die auf das Fundament wirkenden Kräfte (ständige und nichtständige) als Linienlasten sowie Systemdaten für den Geländebruchnachweis abgelegt.

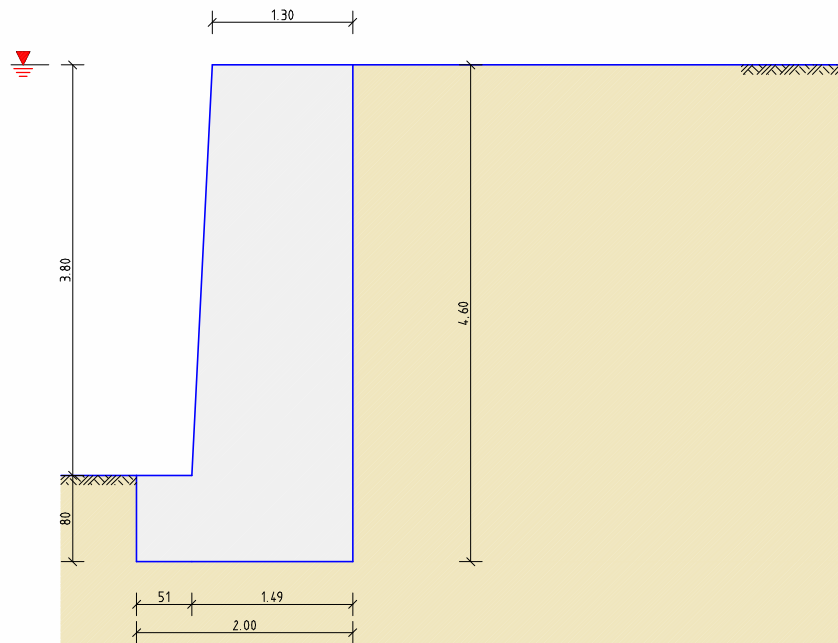
Optionaler Geländebruchnachweis

Als Nachlaufprogramm kann der Geländebruchnachweis 53G positioniert werden, wobei Geometrie- und Lastdaten automatisch übernommen werden. Das Programm ist nicht Bestandteil des Programms 53Y.

Literatur

- [1] DIN 1054:2005-01
- [2] DIN 4085:2007-10
- [3] DIN 4017:2006-03
- [4] FGSV 555: Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Ausgabe 2003
- [5] Empfehlungen 'Verformungen des Baugrunds bei baulichen Anlagen' (EVB), Ernst & Sohn, 1993
- [6] DIN V 4085-100:1996-04: Berechnung des Erddrucks
- [7] DIN 1054 Berichtigung 3:2008-01

POS. 51 SCHWERGEWICHTSWAND



Wandgeometrie

Fundamentbreite	$l_f = 2.00$	m
Fundamentdicke	$h_f = 0.80$	m
Einbindetiefe	$d = 0.80$	m
Spornlänge	$l_s = 0.51$	m
wandhöhe aufgehend	$h_o = 3.80$	m
wanddicke oben	$d_o = 1.30$	m
wandneigung erdseitig	$\alpha = 0.00$	°
wanddicke unten (OK Fundament)	$d_u = 1.49$	m

Gelände

Höhe OK Gelände unter wandkopf $\Delta h = 0.00$ m

Gelände	Bereich	1	2	3
Grundlänge l_i (m)		10.00	-	-
Geländeneigung β (Grad)		0.00	-	-

Charakteristische Bodenkennwerte

Hinterfüllung und unter Sohle	Nr.	Schichtdicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	Kohäsion c [kN/m ²]
	1	6.00	18.00	10.00	32.50	0.00
	2	10.00	19.00	11.00	25.00	10.00

wandreibungswinkel Hinterfüllung $\Delta a = 0.667 \cdot \phi$

Charakteristische Belastung

wichte des wandmaterials

$\gamma = 24.0$ kN/m³

Begrenzte Flächenlasten auf Gelände:

Verteilungsart des Erddrucks:

1 = konstant, 2 = Dreieck (Max. oben)
3 = Dreieck (Max. innen), 4 = Trapez

Nr.	Lastgröße [kN/m ²]	Kategorie	Abstand x von wandkopf [m]	Lastbreite b [m]	Verteilungsart Erddruck
q 1	25.00	G	1.50	8.50	1

Teilsicherheiten für Lastfall 1, GZ 1B:

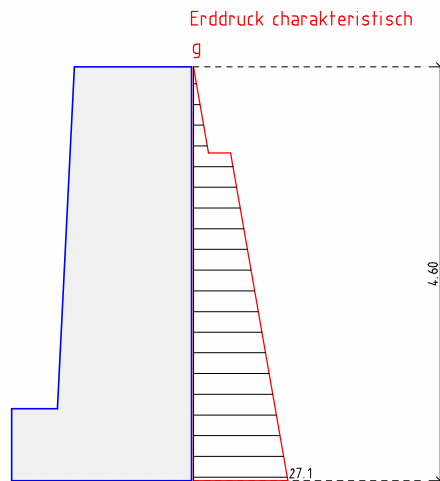
G, EA (q)	Q, EA (q)	Wasserdruck	Ep	Gleiten	Grundbruch
1.35	1.50	1.35	1/1.40	1/1.10	1/1.40

Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck f = 1.00
- Mindesterd- und Wasserdruck für kohäsive Schicht: ja
- Gleitsicherheitsnachweis mit $\Delta G = \phi$

Charakteristischer horizontaler Erddruck und Bemessungserddruck [kN(m²)]

Tiefe unter Wandkopf z [m]	Boden-eigenlast eag,k	Wasser-druck w,k	ständige Zusatzlasten eagz,k	nichtständige Zusatzlasten eaqz,k	Verdicht.- Erddruck ev,k	Bem.- Erddruck ea,d
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
0.96	4.3	0.0	0.0	0.0	-	5.8
0.96	4.3	0.0	6.3	0.0	-	14.4
4.60	20.8	0.0	6.3	0.0	-	36.5


Gesamtlasten (Lage auf Mitte Sohle bezogen, +y nach oben, +x nach rechts)

Last (charakteristische Größe)	H [kN/m]	y [m]	V [kN/m]	x [m]
Erd- und Wasserdruck (ständige Lasten)	70.7	1.63	28.1	1.00
Wand-eigenlast	0.0	0.00	165.6	0.23
Summe ständige Lasten	70.7	1.63	193.7	0.34
Erddruck aus nichtständigen Lasten q	0.0	0.00	0.0	0.00
Summe nichtständige Lasten	0.0	0.00	0.0	0.00
Gesamtlasten	70.7	1.63	193.7	0.34

Nachweis gegen Kippen (charakteristische Größen)

Gebrauchsfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_1 = b/6 = 0.33$ m (ständige Last)
 Tragfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_2 = b/3 = 0.67$ m

Last [kN/m, kNm/m]	N	M	e [m]
Ständige Lasten (Gebrauchsfähigkeit)	193.7	-48.5	-0.25 < zul.e1
Gesamtlasten (Tragfähigkeit)	193.7	-48.5	-0.25 < zul.e2

Nachweis gegen Gleiten (GZ 1B)

 Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 32.50^\circ$

Last	g	g+q
Char. Normalkraft in der Sohle N_k	193.7	193.7 kN/m
Gleitwiderstand $R_{t,d} = N_k \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_g$	112.2	112.2 kN/m
Erdwiderstand vor Stirn $E_{p,d} = E_{p,k} / \gamma_{ep}$	0.0	0.0 kN/m
Tangentialkräfte in Sohle T_d (Einwirkung)	95.4	95.4 kN/m
Nachweis $T_d / (R_{t,d} + E_{p,d})$	0.851	0.851 -

Nachweis gegen Grundbruch (GZ 1B)

Einwirkungen [kN/m]	N_k	N_d	H_{bk}	H_{ak}
	193.7	261.5	70.7	0.0

Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e_b$	$b' = 1.50$ m
Gewichteter Reibungswinkel	$\phi = 32.47^\circ$
Gewichtetes Raumbgewicht über Sohle	$\gamma_1 = 18.00$ kN/m ³
Gewichtetes Raumbgewicht unter Sohle	$\gamma_2 = 18.00$ kN/m ³
Länge der Grundbruchfuge:	$L = 3.16$ m
Tiefe der Grundbruchfuge:	max. $d_s = 1.11$ m

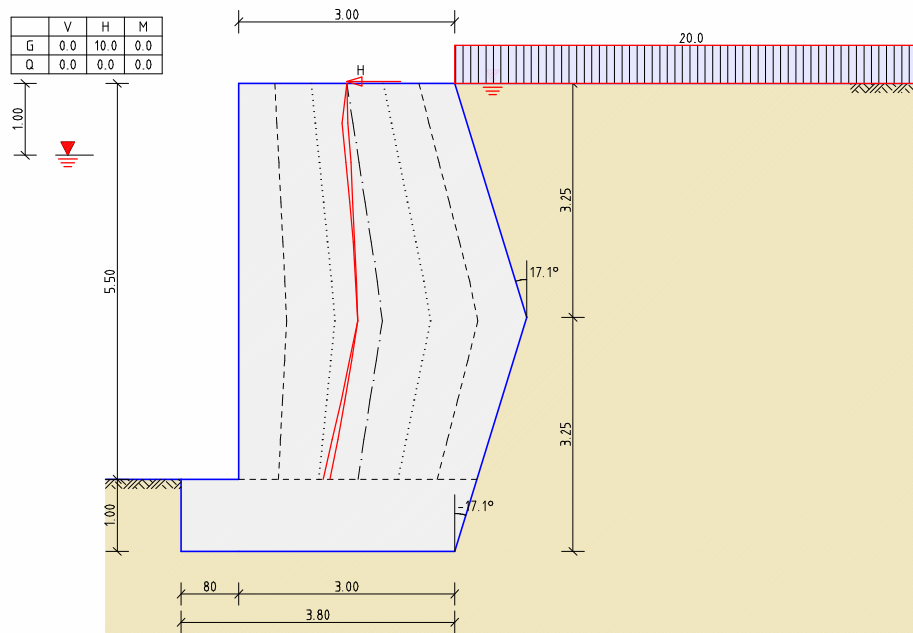
Tragfähigkeitsbeiwerte:	$N_{b0} = 14.95$	$N_{d0} = 24.50$	$N_{c0} = 36.93$
Lastneigungsbeiwerte:	$i_b = 0.256$	$i_d = 0.403$	$i_c = 0.378$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand	$R_{n,k} = 368.3$ kN/m
Grundbruchwiderstand	$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{Gr} = 368.3 / 1.40 = 263.1$ kN/m
Nachweis:	Ausnutzungsgrad = $N_d / R_{n,d} = 261.5 / 263.1 = 0.99 < 1$

Charakteristische Sohl drücke

Last	v_k [kN/m]	e [m]	σ_l [kN/m ²]	σ_e [kN/m ²]	$b - 2 \cdot e$ [m]	σ_m [kN/m ²]
g+w	193.7	-0.25	169.6	24.1	1.50	129.2
g+w+q	193.7	-0.25	169.6	24.1	1.50	129.2

POS. 52 SCHWERGEWICHTSWAND



Wandgeometrie

Fundamentbreite	lf =	3.80	m
Fundamentdicke	hf =	1.00	m
Einbindetiefe	d =	1.00	m
Spornlänge	ls =	0.80	m
wandhöhe aufgehend	ho =	5.50	m
wanddicke oben	do =	3.00	m
wandneigung erdseitig	alpha =	17.10	°
wanddicke Knick	dk =	4.00	m
Höhe Knick unter wandkopf	hk =	3.25	m
wandneigung erdseitig unter knick	alpha2 =	-17.10	°
wanddicke unten (OK Fundament)	du =	3.31	m

Gelände

Höhe OK Gelände unter wandkopf $\Delta h = 0.00$ m

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

Charakteristische Bodenkennwerte

Hinterfüllung und unter Sohle	Nr.	Schichtdicke [m]	gamma [kN/m³]	gamma' [kN/m³]	phi [°]	Kohäsion c [kN/m²]
	1	15.00	19.00	11.00	35.00	0.00

wandreibungswinkel Hinterfüllung $\Delta a = 0.667 * \phi$

Grundwasserstand
 erdseitig $h_e = 0.00$ m unter wandkopf
 luftseitig $h_l = 1.00$ m unter wandkopf

Charakteristische Belastung

wichte des wandmaterials $\gamma = 24.0$ kN/m³
 Durchgehende Flächenlast auf Gelände: $q_0 = 20.00$ kN/m² Kategorie Q,1

Lasten am wandkopf:	V [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]	Kategorie
ständige Last g	0.0	10.0	0.0	G
nichtständige Last q	0.0	0.0	0.0	Q,1

Teilsicherheiten für Lastfall 1, GZ 1B:

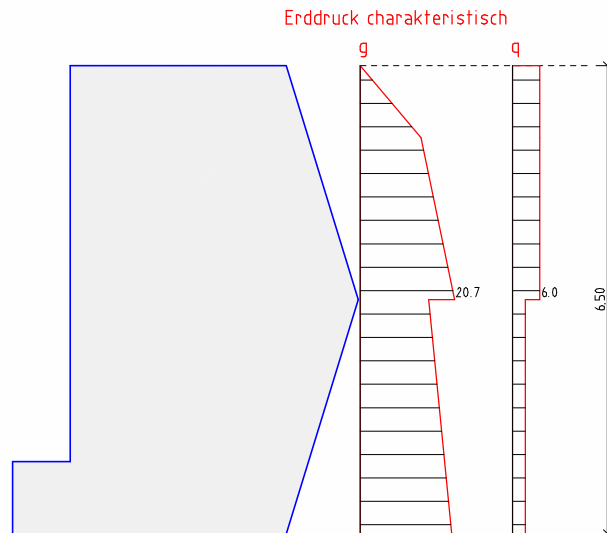
G, EA (q)	Q, EA (q)	Wasserdruck	Ep	Gleiten	Grundbruch
1.35	1.50	1.35	1/1.40	1/1.10	1/1.40

Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck f = 1.00
- Gleitsicherheitsnachweis mit $\delta G = \phi$

Charakteristischer horizontaler Erddruck und Bemessungserddruck [kN(m²)]

Tiefe unter Wandkopf z [m]	Boden- eigenlast eag,k	Wasser- druck w,k	ständige Zusatzlasten eagz,k	nichtständige Zusatzlasten eaqz,k	Verdicht.- Erddruck ev,k	Bem.- Erddruck ea,d
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
0.00	0.0	0.0	0.0	6.0	-	9.0
1.00	3.3	10.0	0.0	6.0	-	26.9
3.25	10.7	10.0	0.0	6.0	-	36.9
3.25	5.0	10.0	0.0	2.8	-	24.5
6.50	10.0	10.0	0.0	2.8	-	31.2


Gesamtlasten (Lage auf Mitte sohle bezogen, +y nach oben, +x nach rechts)

Last (charakteristische Größe)	H [kN/m]	y [m]	v [kN/m]	x [m]
Erd- und wasserdruck (ständige Lasten)	101.8	2.86	17.5	2.53
wandegenlast	0.0	0.00	565.2	0.59
Auftrieb	0.0	0.00	-224.5	0.62
<u>Ständige Lasten am wandkopf</u>	<u>10.0</u>	<u>6.50</u>	<u>0.0</u>	<u>0.00</u>
Summe ständige Lasten	111.8	3.18	358.2	0.67
<u>Erddruck aus nichtständigen Lasten q</u>	<u>28.6</u>	<u>3.84</u>	<u>17.6</u>	<u>2.40</u>
<u>Summe nichtständige Lasten</u>	<u>28.6</u>	<u>3.84</u>	<u>17.6</u>	<u>2.40</u>
Gesamtlasten	140.4	3.32	375.8	0.75

Nachweis gegen Kippen (charakteristische Größen)

Gebrauchsfähigkeit: zulässige Ausmitte $e1 = b/6 = 0.63$ m (ständige Last)
 Tragfähigkeit: zulässige Ausmitte $e2 = b/3 = 1.27$ m

Last [kN/m, kNm/m]	N	M	e [m]
Ständige Lasten (Gebrauchsfähigkeit)	358.2	-117.7	-0.33 < zul.e1
Gesamtlasten (Tragfähigkeit)	375.8	-185.1	-0.49 < zul.e2

Nachweis gegen Gleiten (GZ 1B)

 Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 35.00^\circ$

Last	g	g+q
Char. Normalkraft in der Sohle N_k	358.2	375.8 kN/m
Gleitwiderstand $R_{t,d} = N_k \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_g$	228.0	239.2 kN/m
Erdwiderstand vor Stirn $E_{p,d} = E_{p,k} / \gamma_{ep}$	0.0	0.0 kN/m
Tangentialkräfte in Sohle T_d (Einwirkung)	150.9	193.8 kN/m
Nachweis $T_d / (R_{t,d} + E_{p,d})$	0.662	0.810 -

Nachweis gegen Grundbruch (GZ 1B)

Einwirkungen [kN/m]	N_k	N_d	Hbk	Hak
	375.8	510.0	140.4	0.0

Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e$	$b' = 2.81$ m
Gewichteter Reibungswinkel	$\phi = 35.00^\circ$
Gewichtetes Raumbgewicht über Sohle	$\gamma_1 = 11.00$ kN/m ³
Gewichtetes Raumbgewicht unter Sohle	$\gamma_2 = 11.00$ kN/m ³
Länge der Grundbruchfuge:	$L = 7.08$ m
Tiefe der Grundbruchfuge:	max. $d_s = 2.33$ m

Tragfähigkeitsbeiwerte:	$N_{b0} = 22.61$	$N_{d0} = 33.30$	$N_{c0} = 46.12$
Lastneigungsbeiwerte:	$i_b = 0.246$	$i_d = 0.392$	$i_c = 0.374$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand	$R_{n,k} = 889.2$ kN/m
Grundbruchwiderstand	$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{Gr} = 889.2 / 1.40 = 635.2$ kN/m

Nachweis: Ausnutzungsgrad = $N_d / R_{n,d} = 510.0 / 635.2 = 0.80 < 1$
Charakteristische Sohl drücke

Last	V_k [kN/m]	e [m]	σ_l [kN/m ²]	σ_e [kN/m ²]	$b - 2 \cdot e$ [m]	σ_m [kN/m ²]
g+w	358.2	-0.33	143.2	45.4	3.14	114.0
g+w+q	375.8	-0.49	175.8	22.0	2.81	133.5

Nachweis der Stützlinie (Ausmitten)

Höhe u. w-Kopf [m]	b [m]	----- ständige Lasten g -----				----- Gesamtlasten g+q -----			
		N_k [kN/m]	M_k [kNm/m]	vorh.e [m]	zul.e [m]	N_k [kN/m]	M_k [kNm/m]	vorh.e [m]	zul.e [m]
0.55	3.17	41.6	-6.2	-0.15 <	0.53	44.4	-2.9	-0.07 <	1.06
1.10	3.34	87.2	-15.4	-0.18 <	0.56	92.8	-10.5	-0.11 <	1.11
1.65	3.51	136.9	-29.2	-0.21 <	0.58	145.3	-24.7	-0.17 <	1.17
2.20	3.68	190.5	-48.6	-0.25 <	0.61	201.8	-46.2	-0.23 <	1.23
2.75	3.85	248.2	-73.9	-0.30 <	0.64	262.2	-75.5	-0.29 <	1.28
3.30	3.98	308.4	-104.1	-0.34 <	0.66	325.0	-111.6	-0.34 <	1.33
3.85	3.82	354.2	-120.1	-0.34 <	0.64	370.9	-137.1	-0.37 <	1.27
4.40	3.65	396.8	-138.4	-0.35 <	0.61	413.8	-165.7	-0.40 <	1.22
4.95	3.48	436.3	-159.2	-0.36 <	0.58	453.5	-197.7	-0.44 <	1.16
5.50	3.31	472.8	-183.1	-0.39 <	0.55	490.1	-233.6	-0.48 <	1.10

Abschätzung der Setzungen für starre Fundamente nach DIN 4019 / EVB

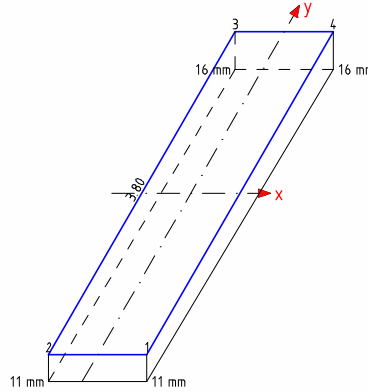
Fundamentabmessung in x-Richtung	$b_x =$	-	m
Fundamentabmessung in y- Richtung	$b_y =$	3.80	m

Resultierende Belastung (charakteristische ständige Lasten)	$V_k =$	358.2 kN/m	$M_{xk} =$	-117.7 kNm/m	$M_{yk} =$	0.0 kNm/m
-------------------------------------------------------------	---------	------------	------------	--------------	------------	-----------

Bodenkennwerte ab UK Sohle

Schicht-Nr.	Schichtdicke z [m]	Mittl. Zusammendrückungsmodul E_m [MN/m ²]
1	10.00	30.00

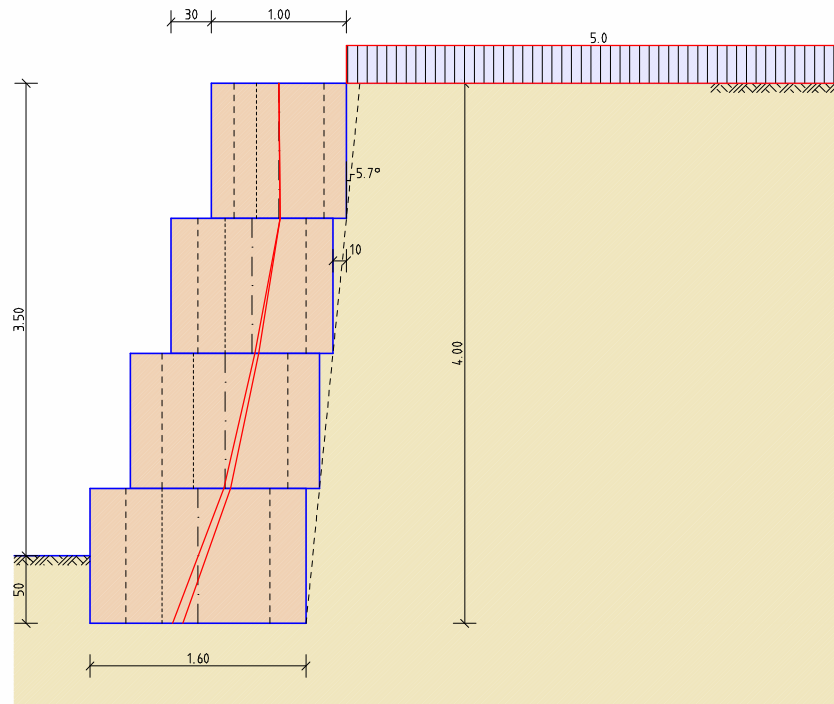
Mittlere Sohlpressung $\sigma_m = 94.3 \text{ kN/m}^2$ mittlere Setzung $s_m = 13.6 \text{ mm}$
 Verkantung um die x-Achse: $\tan \alpha_x = -0.00123$ $s_y = -2.3 \text{ mm}$



Superposition der Setzungen der Randpunkte

Punkt	1	2	3	4
Setzung [mm]	11.2	11.2	15.9	15.9

POS. 53 GABIONENWAND



Wandgeometrie

Anzahl Schichten	n = 4
Blockbreite wandkopf	lb = 1.00 m
Blockhöhe	hb = 1.00 m
Blockversatz luftseitig	v = 0.30 m
Blockversatz erdseitig	ve = -0.10 m
Einbindetiefe	d = 0.50 m
wandhöhe aufgehend	ho = 4.00 m
wandneigung erdseitig	alpha = -5.70 °
wanddicke unten (OK Fundament)	du = 1.60 m

Gelände

Höhe OK Gelände unter wandkopf $\Delta h = 0.00$ m

Gelände	Bereich	1	2	3
Grundlänge l_i (m)		10.00	-	-
Geländeneigung β (Grad)		0.00	-	-

Charakteristische Bodenkennwerte

Hinterfüllung und unter Sohle	Nr.	Schichtdicke [m]	gamma [kN/m ³]	gamma' [kN/m ³]	phi [°]	Kohäsion c [kN/m ²]
	1	10.00	18.00	10.00	32.50	0.00

wandreibungswinkel Hinterfüllung $\Delta a = 0.667 * \phi$

Charakteristische Belastung

wichte des wandmaterials $\gamma = 17.0$ kN/m³
 Durchgehende Flächenlast auf Gelände: $q_0 = 5.00$ kN/m² Kategorie Q,1

Teilsicherheiten für Lastfall 1, GZ 1B:

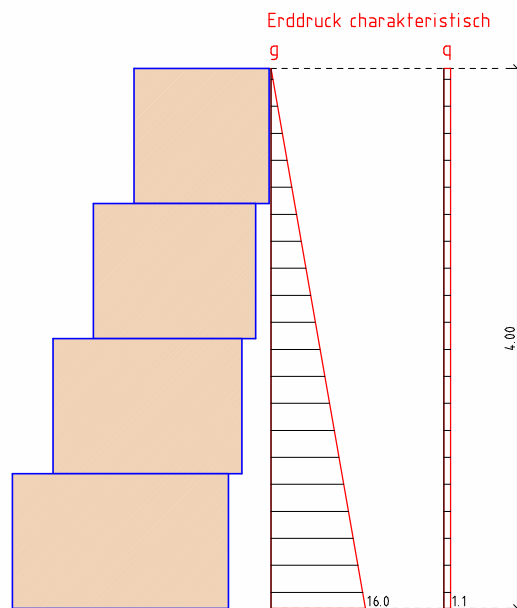
G, EA (g)	Q, EA (g)	wasserdruck	Ep	Gleiten	Grundbruch
1.35	1.50	1.35	1/1.40	1/1.10	1/1.40

Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck $f = 1.00$
- Ansatz des Erdwiderstands vor dem Fundament: mob. Anteil von E_{pk} 50 %
- Ansatz des Erdwiderstands als Einwirkung beim Grundbruchnachweis: ja
- Gleitsicherheitsnachweis mit $\delta = \phi$

Charakteristischer horizontaler Erddruck und Bemessungserddruck [kN(m²)]

Tiefe unter Wandkopf z [m]	Boden-eigenlast eag,k	Wasser-druck w,k	ständige Zusatzlasten eagz,k	nichtständige Zusatzlasten eagz,k	Verdicht.- Erddruck ev,k	Bem.- Erddruck ea,d
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
0.00	0.0	0.0	0.0	1.1	-	1.7
4.00	16.0	0.0	0.0	1.1	-	23.3


Gesamtlasten (Lage auf Mitte sohle bezogen, +y nach oben, +x nach rechts)

Last (charakteristische Größe)	H [kN/m]	y [m]	V [kN/m]	x [m]
Er- und wasserdruck (ständige Lasten)	32.0	1.33	9.2	0.88
wand-eigenlast	0.0	0.00	88.4	0.26
Erdwiderstand E_{pgh} vor dem sporn	-3.7	0.17	0.0	0.00
Summe ständige Lasten	28.3	1.49	97.6	0.32
Erddruck aus nichtständigen Lasten q	4.4	2.00	1.3	0.95
Summe nichtständige Lasten	4.4	2.00	1.3	0.95
Gesamtlasten	32.7	1.56	98.8	0.33

Nachweis gegen Kippen (charakteristische Größen)

Gebrauchsfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_1 = b/6 = 0.27$ m (ständige Last)
 Tragfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_2 = b/3 = 0.53$ m

Last [kN/m, kNm/m]	N	M	e [m]
Ständige Lasten (Gebrauchsfähigkeit)	97.6	-10.9	-0.11 < zul.e1
Gesamtlasten (Tragfähigkeit)	98.8	-18.5	-0.19 < zul.e2

Nachweis gegen Gleiten (GZ 1B)

 Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 32.50^\circ$, mobilisierter Anteil von $E_{p,k}$: 50%

Last	g	g+q
Char. Normalkraft in der Sohle N_k	97.6	98.8 kN/m
Gleitwiderstand $R_{t,d} = N_k \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_g$	56.5	57.2 kN/m
Erdwiderstand vor Stirn $E_{p,d} = E_{p,k} / \gamma_{ep}$	2.7	2.7 kN/m
Tangentialkräfte in Sohle T_d (Einwirkung)	43.2	49.9 kN/m
Nachweis $T_d / (R_{t,d} + E_{p,d})$	0.731	0.833 -

Nachweis gegen Grundbruch (GZ 1B)

Einwirkungen [kN/m]	N_k	N_d	Hbk	Hak
	98.8	133.6	32.7	0.0

Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e_b$	$b' = 1.23$ m
Gewichteter Reibungswinkel	$\phi = 32.50^\circ$
Gewichtetes Raumbgewicht über Sohle	$\gamma_1 = 18.00$ kN/m ³
Gewichtetes Raumbgewicht unter Sohle	$\gamma_2 = 18.00$ kN/m ³
Länge der Grundbruchfuge:	$L = 2.88$ m
Tiefe der Grundbruchfuge:	max. $d_s = 1.01$ m

Tragfähigkeitsbeiwerte:	$N_{b0} = 15.03$	$N_{d0} = 24.58$	$N_{c0} = 37.02$
Lastneigungsbeiwerte:	$i_b = 0.299$	$i_d = 0.447$	$i_c = 0.424$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand	$R_{n,k} = 242.9$ kN/m
Grundbruchwiderstand	$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{Gr} = 242.9 / 1.40 = 173.5$ kN/m

Nachweis: Ausnutzungsgrad = $N_d / R_{n,d} = 133.6 / 173.5 = 0.77 < 1$
Charakteristische Sohlrücke

Last	v_k [kN/m]	e [m]	σ_l [kN/m ²]	σ_e [kN/m ²]	$b - 2 \cdot e$ [m]	σ_m [kN/m ²]
g+w	97.6	-0.11	86.4	35.5	1.38	70.8
g+w+q	98.8	-0.19	105.2	18.4	1.23	80.7

Nachweis der Stützlinie (Ausmitten)

Höhe u. w-Kopf [m]	b [m]	----- ständige Lasten g -----				----- Gesamtlasten g+q -----			
		N_k [kN/m]	M_k [kNm/m]	vorh.e [m]	zul.e [m]	N_k [kN/m]	M_k [kNm/m]	vorh.e [m]	zul.e [m]
1.00	1.00	17.6	0.2	0.01 <	0.17	17.9	0.2	0.01 <	0.33
1.00	1.20	17.6	3.8	0.21 <	0.40	17.9	3.8	0.21 <	0.40
2.00	1.20	39.7	2.0	0.05 <	0.20	40.3	0.9	0.02 <	0.40
2.00	1.40	39.7	9.9	0.25 <	0.47	40.3	9.0	0.22 <	0.47
3.00	1.40	66.4	2.4	0.04 <	0.23	67.3	-0.8	-0.01 <	0.47
3.00	1.60	66.4	15.7	0.24 <	0.53	67.3	12.7	0.19 <	0.53

Gleitsicherheitsnachweis in den Arbeitsfugen

 Reibungswinkel $\delta_{sk} = 31.0^\circ$

Höhe u. w-Kopf	T _{gk}	T _{qk}	T _d	[kN/m]		N _k	R _{td}	T _d /R _{td}	
				Ng _k	N _{qk}				
1.00	2.0	1.1	4.4	17.6	0.3	17.9	9.8	0.45 <	1.00
2.00	8.0	2.2	14.1	39.7	0.6	40.3	22.0	0.64 <	1.00
3.00	18.0	3.3	29.3	66.4	1.0	67.3	36.8	0.80 <	1.00

Abschätzung der Setzungen für starre Fundamente nach DIN 4019 / EVB

Fundamentabmessung in x-Richtung	$b_x =$	-	m
Fundamentabmessung in y- Richtung	$b_y =$	1.60	m

Resultierende Belastung (charakteristische ständige Lasten)

$V_k = 97.6 \text{ kN/m}$

$M_{xk} = -10.9 \text{ kNm/m}$

$M_{yk} = 0.0 \text{ kNm/m}$

Bodenkennwerte ab UK Sohle

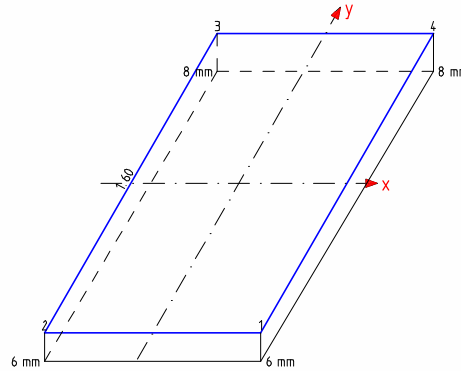
Schicht-Nr.	Schichtdicke z [m]	Mittl. Zusammendrückungsmodul E_m [MN/m ²]
1	4.00	15.00

Mittlere Sohlpressung $\sigma_m = 61.0 \text{ kN/m}^2$ mittlere Setzung $s_m = 7.2 \text{ mm}$

Verkantung um die x-Achse:

$\tan \alpha_x = -0.00128$

$s_y = -1.0 \text{ mm}$



Superposition der Setzungen der Randpunkte

Punkt	1	2	3	4
Setzung [mm]	6.2	6.2	8.3	8.3