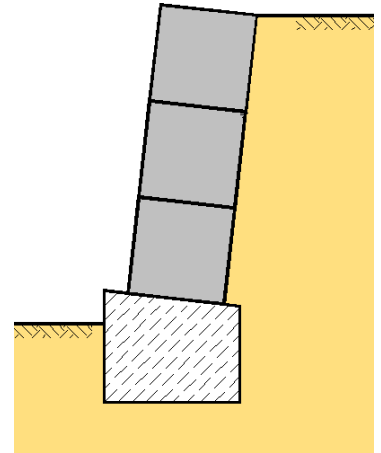


83Y Schwergewichtswand / Gabionenwand nach EC7

(Stand: August 2012)

Das Programm 083Y ermittelt die Standsicherheit von Schwergewichtswänden und Gabionenwänden nach dem Teilsicherheitskonzept von DIN EN 1997 (EC7) / DIN 1054:2010. Das Gelände kann dabei gerade, geneigt oder gebrochen sein. Die Geometrie der Wände ist dabei sehr variabel. 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 5 Schichten bestehen, zusätzlich kann eine Schicht vor dem Fundament definiert werden. Die Eingabe eines Grundwasserstandes erdseitig wie luftseitig ist möglich.



Leistungsumfang

▣ System

- Schwergewichtswände mit geknickter Vorder- und Rückseite möglich
- Gabionenwände mit unterschiedlichem Versatz von Vorder- und Hinterkante und Neigung
- Horizontales, geneigtes oder gebrochenes Gelände
- Berechnung mit und ohne Fundament
- Berücksichtigung von Grundwasserständen
- Bis zu 5 Schichten, zusätzliche Schicht vor Fundament möglich

▣ Einwirkungen

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

▣ Standsicherheitsnachweise

- Nachweis der Lage- und Kippsicherheit,
- Nachweis der Gleitsicherheit,
- Nachweis der Grundbruchsicherheit oder des zul. Sohlwiderstands
- Übernahme von zul. Sohlwiderständen aus anderen Positionen bzw. Tabellen möglich
- Stützlinie über die Wandhöhe (Lage- und Kippsicherheit)
- Gleitsicherheitsnachweise in den Arbeitsfugen (Gabionen)
- Durchführung der Standsicherheitsnachweise Gleiten/Grundbruch für Anfangs- oder Endzustand

▣ Grafiken / Ausgabe

- Darstellung des Systems mit Schichtung und Belastung
- Grafik der Grundbruchfuge
- Darstellung der Erddruckverteilung
- Darstellung der Stützlinien
- Komfortable Bestimmung des Ausgabeumfangs

▣ Weitere Leistungen

- Weiterleitung der Geometrie- und Lastdaten für Geländebruchnachweis 83G
- Weiterleitung der Daten für Setzungsberechnung 83R

Voreinstellungen

- Definition des Systems (Art der Wand, s. Abb.1)
- Auswahl der zu führenden Nachweise
- Wahl End- oder Anfangsstandsicherheit
- Andere Schicht vor Fundament
- Grundwasser vorhanden?

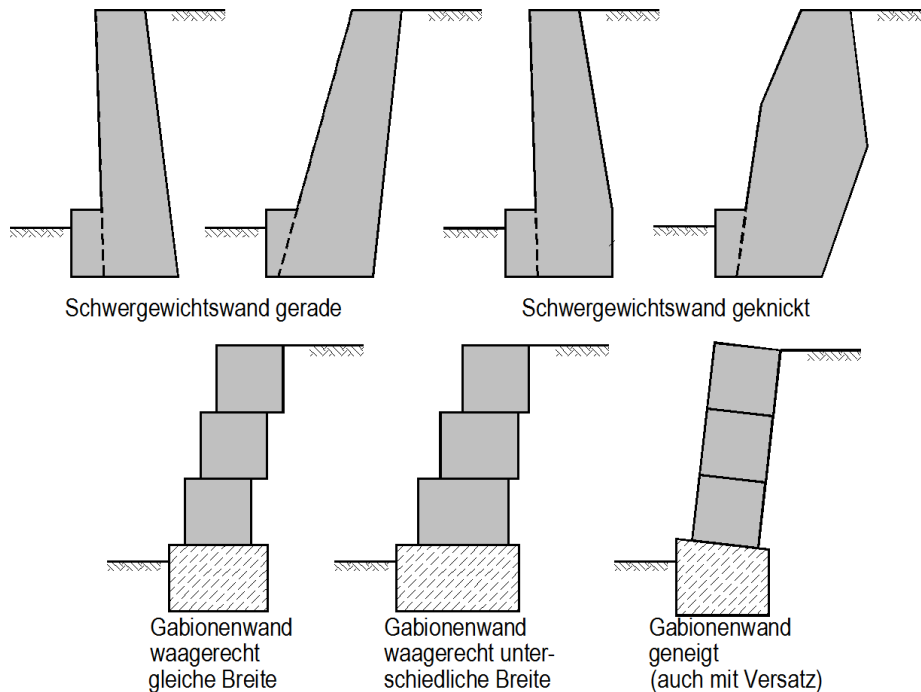


Abb. 1 Mögliche Wandformen

Koordinatensystem und Winkeldefinitionen

Ursprung ist der Wandkopf erdseitig: x nach rechts, z nach unten (s. Abb.2).

Alle Winkel im Gegenuhrzeigersinn (GUZ) werden positiv, Winkel im Uhrzeigersinn (UZ) werden negativ angegeben! Die erdseitige Neigung einer unterschnittenen Wand, wie in Abb.2 dargestellt, ist also negativ einzugeben.

Eingabe der Geometrie

Geometrie Schwergewichtswand

- Höhe der aufgehenden Wand h_0
- Dicke der Wand am Kopf d_0
- Wandneigungen erd- und luftseitig (α_{e1} , α_{e2} , α_{l1} , α_{l2} , soweit erforderlich). Dabei ist die obige Positivdefinition zu beachten.
- Knickhöhen h_{ke} bzw. h_{kl} (soweit erforderlich)
- Sohlneigung α_s , wobei eine geneigte Sohle i.Allg. nicht wirtschaftlich ist.
- Spornlänge l_s und Fundamentdicke h_{fl} (soweit erforderlich)

Die restlichen Abmessungen werden vom Programm bestimmt.

Geometrie Gabionenwand

- Anzahl Blöcke sowie die Abmessungen l_b und h_b des obersten Blocks
- luftseitiger v_l und erdseitiger Versatz v_e (Positivrichtungen s. Abb.2)
- Neigung der Wand bzw. des Fundaments α
- bei Fundament den luftseitigen Versatz v_f , die Fundamentbreite l_f und die Fundamentdicke h_{fi}

Die restlichen Abmessungen werden vom Programm bestimmt.

Hinweis: Bitte beachten Sie, dass der Versatz v_l bzw. v_e auf die Neigung α , der Fundamentversatz v_f auf die Senkrechte bezogen ist.

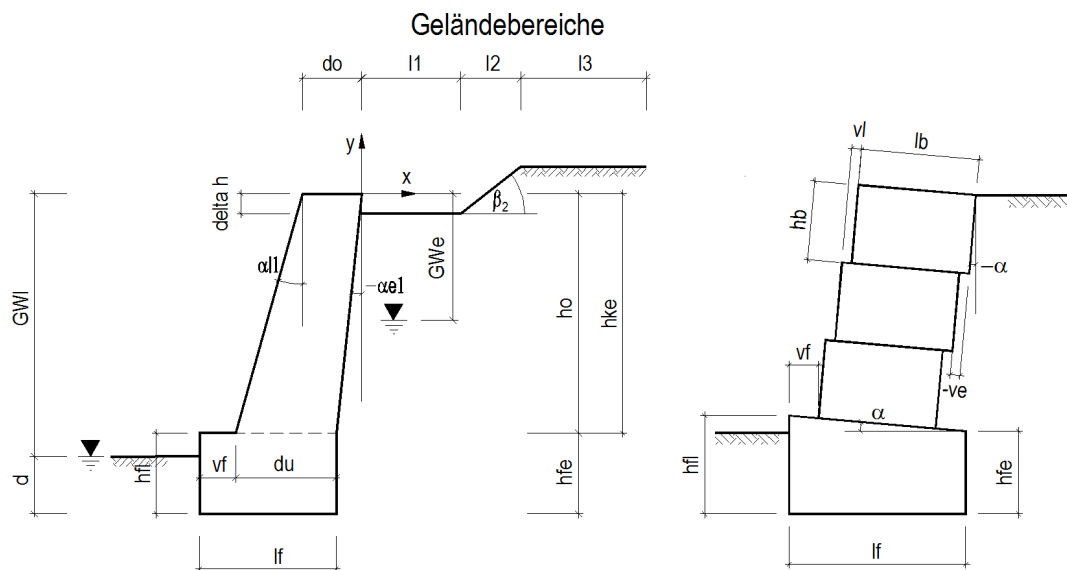


Abb. 2 Geometrie

Charakteristische Bodenkennwerte und Wasserstand

Für den Baugrund können bis zu 5 Schichten definiert werden. Sie werden ab Wandkopf definiert. Es werden Schichtdicke, Wichte γ , Wichte γ' (unter Auftrieb), Reibungswinkel φ und Kohäsion c eingegeben. Besteht die Hinterfüllung des Bauwerks aus bindigem Boden, so ist zu beachten, dass der Boden nach dem Einbringen gestört ist und somit 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 = 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. 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 (s. Abb. 3).

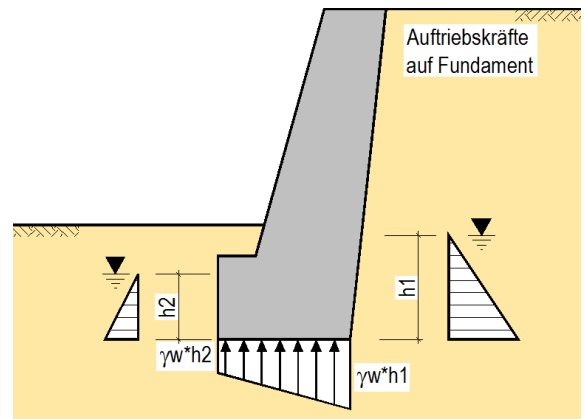


Abb. 3 Auftriebskräfte

Eingabe der 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. Diese darf bis zu einer Größe von $q=10 \text{ kN/m}^2$ als ständige Last betrachtet werden (s. [1], 9.5.1 A(10)).
- **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 K=2 oder K=3, sonst die Verteilungen K=1 oder K=4 geeignet (Abb. 4).

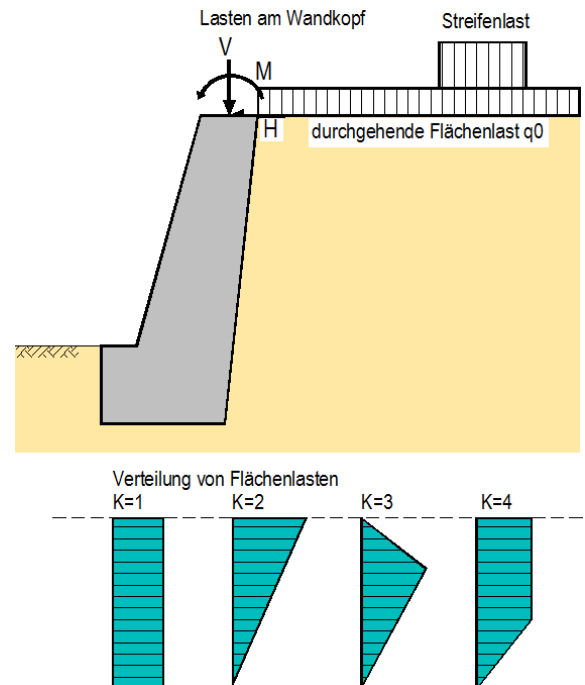


Abb. 4 Lastdefinitionen

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 oben angegebenen Lastsymbole (Abb. 4) zeigen die Positivrichtungen an.

Ansatz eines Erdwiderstands vor dem Fundament

Es ist möglich, über die Einbindetiefe oder die Spornhöhe einen Erdwiderstand E_{phk} anzugeben, der in den Standsicherheitsnachweisen günstig wirkt. Dies setzt jedoch voraus, dass die daraus entstehenden Verformungen verträglich sind. Beim Nachweis der Gleitsicherheit kann der volle Erdwiderstand angesetzt werden, wenn der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit eingehalten ist (s.u.). Beim Nachweis der Grundbruchsicherheit oder des zul. Sohlwiderstands darf er maximal mit $mob.E_{ph}=0.5 \cdot E_{phk}$ angesetzt werden (s. [1], 6.5.2.2. A(10)).

Der charakteristische Erdwiderstand wird mit dem Wandreibungswinkel $\delta_p = 0$ bestimmt.

Bei den Nachweisen der Lagesicherheit und der Kippsicherheit ist davon abzuraten, den Erdwiderstand anzusetzen. Er hat hier im Übrigen nur geringen Einfluss.

Der Benutzer kann wählen, für welche Nachweise ein Erdwiderstand angesetzt werden soll.

Bemessungssituation und zugehörige Teilsicherheitsbeiwerte

In EC7, 2.2, werden die folgenden Bemessungssituationen unterschieden:

- 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 muss.

Berechnungsoptionen

Für die Durchführung der Standsicherheitsnachweise können noch einige Optionen gesetzt werden:

- *Sohlreibungswinkel für den Gleitsicherheitsnachweis:*
Bei Ortbetonfundamenten darf i. Allg. mit einem Reibungswinkel zwischen Fundament und Baugrund $\delta_k = \varphi$ gerechnet werden, bei Fertigteilen (ohne Mörtelbett) muss $\delta_k = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden.
- *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 Mindesterdruks für kohäsive Schichten:*
Bei Stützbauwerken darf i. Allg. 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).

Ergebnisse: 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 bei geneigtem Gelände vorhanden ist,
- oder eine hohe Zusatzlast (Last größer als 10% der 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. In diesem Fall werden keine Erddruckbeiwerte ausgegeben.

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

Die Erddrücke werden als charakteristische Größen für jede Einwirkung getrennt ausgegeben: Erddruck aus Bodeneigengewicht, aus ständigen und/oder nichtständigen Zusatzlasten. In den Standsicherheitsnachweisen werden sie mit den jeweiligen Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten angesetzt.

Hinweis:

Bei Gabionen wird der Erddruck nach [4] auf eine gedachte, durchgehend geneigte Wandrückseite mit $\tan \alpha = v_e/h_b$ (s. Abb.6) angesetzt.

Ergebnisse: 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. links positiv).

Ergebnisse: Standsicherheitsnachweise

Alle Standsicherheitsnachweise werden mit repräsentativen Einwirkungskombinationen durchgeführt, die zwar Kombinationsbeiwerte, aber keine Teilsicherheitsbeiwerte beeinhalteln. Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen werden erst im jeweiligen Nachweis angesetzt.

Standsicherheitsnachweise bei 'rückdrehenden' Einwirkungskombinationen

Ist die Resultierende der horizontalen Lasten statt zur Luftseite zur Hinterfüllung gerichtet, wie es z.B. bei einer unterschrittenen Wand vorkommen kann, sind diese Kombinationen nicht unbedingt zu berücksichtigen. Weder ein 'Kippen' zum Erdreich hin noch ein Gleiten kann stattfinden, da in einem solchen Fall der Erddruck hinter der Wand sich erhöht. Das gedankliche System, dass das Erdreich hinter der Wand abgleitet und der daraus entstehende aktive Erddruck als Einwirkung zu betrachten ist, wird umgekehrt, so dass die Eingangsvoraussetzungen für die Berechnung im Grunde nicht mehr zutreffen. Der Benutzer kann wählen, ob 'rückdrehende' Lastkombinationen berücksichtigt werden sollen.

Der Nachweis gegen Grundbruch wird in einem solchen Fall mit negativen Horizontallasten geführt, die zu erheblich günstigeren Lastneigungsbeiwerten führen, da die Lastrichtung der Versagensrichtung entgegengesetzt ist..

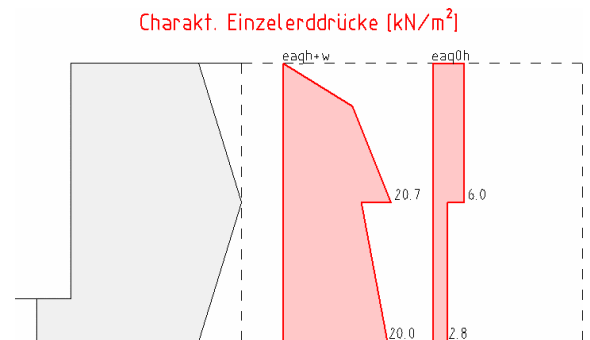


Abb. 5 Beispiel für Erddruckausgabe

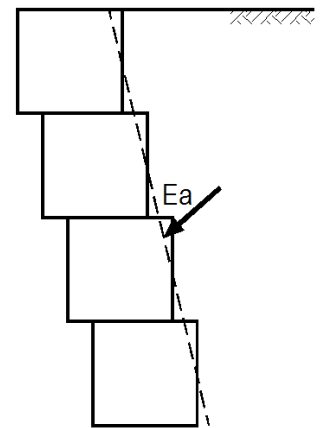


Abb. 6 Wandneigung Gabionen

Nachweis der Lagesicherheit (Kippsicherheit) nach DIN 1054:2010 / DIN EN 1997-1 (GZ EQU)

Als Nachweis der Lagesicherheit (EQU) wird der Nachweis der Kippsicherheit nach [1], 6.5.4, geführt. Hierbei ist nachzuweisen, dass die destabilisierenden Momente geringer als die stabilisierenden sind, oder umformuliert, dass die aus destabilisierenden und stabilisierenden Momenten resultierenden Ausmitten kleiner als $b/2$ bleiben: $e_{xd} \leq \text{zul. } e_x = b_x/2$.

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle Kombinationen der Lagesicherheit geführt, wobei alle ständigen Lasten jeweils einmal als stabilisierend bzw. destabilisierend angesetzt werden. Das Fundament-Eigengewicht und ein evtl. angesetzter Erdwiderstand werden immer als stabilisierend angesetzt.

Bei Begrenzung der Ausgaben wird jeweils die ungünstigste Kombination für e_x angegeben.

Bei negativen Momenten s. vorige Seite.

Nachweis der Kippsicherheit nach DIN 1054:2010, 6.6.5 (Gebrauchstauglichkeit)

Für ständige Lasten muss als *Gebrauchstauglichkeitsnachweis* die 1. Kernweite, für ständige + veränderliche Lasten die 2. Kernweite eingehalten werden. Es werden dabei repräsentative Lastkombinationen angesetzt. Hierbei sind die folgenden Begrenzungen einzuhalten:

$$\text{bez.e} = \frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6} \quad (\text{ständige Lasten})$$

$$\text{bez.e} = \left(\frac{e_x}{b_x} \right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y} \right)^2 \leq \frac{1}{9} \quad (\text{ständige + veränderliche Lasten})$$

Zusätzlich werden die mittleren Bodenpressungen (charakteristische und Bemessungsgrößen) ermittelt. Dabei werden die Bemessungsgrößen auf die Fläche A' (mit Ausmitten aus charakteristischer Last) angesetzt:

$$\sigma_{\text{Ek}} = \frac{F_{\text{zk}}}{A'} \quad \text{mit } A' = b'_x \cdot b'_y = (b_x - 2 \cdot e_x) \cdot (b_y - 2 \cdot e_y)$$

$$\sigma_{\text{Ed}} = \frac{F_{\text{zd}}}{A'} \quad \text{mit } F_{\text{zd}} = F_{\text{zGk}} \cdot \gamma_G + F_{\text{zQk}} \cdot \gamma_Q \quad (\text{Teilsicherheitsbeiwert für GZ GEO - 2})$$

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird jeweils die ungünstigste Kombination für ständige Lasten sowie für ständige + veränderliche Lasten angegeben.

Der Nachweis muss nur für Kombinationen der Bemessungssituation BS-P und BS-T geführt werden.

Bei negativen Momenten s. vorige Seite.

Nachweis der Gleitsicherheit

Der Gleitsicherheitsnachweis wird für den Grenzzustand GZ GEO-2 geführt, d.h. dass alle Einwirkungen mit den jeweiligen Teilsicherheiten erhöht, alle Widerstände durch Teilsicherheiten reduziert werden. Die Einwirkungen T_d ergeben sich aus den vorhandenen Horizontallasten, der Widerstand $R_{n,d}$ aus der möglichen Reibungskraft, die sich aus der charakteristischen Normalkraft N_k und dem Reibungswinkel zwischen Sohle und Baugrund δ_k ergibt.

$$\text{Nachweis: } T_d \leq R_d + E_{\text{pd}} \quad \text{mit } T_d = H_{\text{Gk}} \cdot \gamma_G + H_{\text{Qk}} \cdot \gamma_Q \quad \text{und } E_{\text{pd}} = \frac{E_{\text{pk,mob}}}{\gamma_{\text{Re}}}$$

$$\text{Endstandsicherheit: } R_d = \frac{R_k}{\gamma_{\text{Rh}}} = \frac{N_k \cdot \tan \delta_k}{\gamma_{\text{Rh}}}$$

$$\text{Anfangsstandsicherheit: } R_d = \frac{A_c \cdot c_u}{\gamma_{\text{Rh}}} \quad \text{mit } A_c = \text{überdrückte Sohlfläche (aus char. Lasten)}$$

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird für jede Bemessungssituation die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben.

Bei negativen H-Lasten s. vorige Seite.

Hinweis: Es ist zu beachten, dass bei geneigter Sohle zusätzlich auch eine (waagerechte) Fuge im Baugrund untersucht werden muss.

Nachweis der Verschiebungen in der Sohlfläche:

Wird ein Erdwiderstand beim Gleitsicherheitsnachweis mit angesetzt, so ist nach [1], A 6.6.6, nachzuweisen, dass "bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands (R_k) in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands (E_{pk}) vor der Stirnseite des Fundamentkörpers

zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind."

$$\text{Nachweis: } T_k \leq \frac{2}{3} R_k + \frac{1}{3} E_{pk}$$

Ist der Nachweis nicht eingehalten, so wird kein Erdwiderstand beim Gleitsicherheitsnachweis angesetzt.

Nachweis der Grundbruchsicherheit

Der Grundbruchsicherheitsnachweis wird ebenfalls für den Grenzzustand GZ GEO-2 gemäß DIN 4017 geführt. Auf der Grundlage der repräsentativen Beanspruchungen wird ein charakteristischer Grundbruchwiderstand ermittelt, woraus durch Division mit dem Teilsicherheitsbeiwert für den GZ GEO-2 der Bemessungswert bestimmt wird. Diesem wird der Bemessungswert der Vertikallasten entgegengesetzt.

$$\text{Nachweis: } T_d \leq R_d \quad \text{mit} \quad T_d = V_{gk} \cdot \gamma_G + V_{qk} \cdot \gamma_Q \quad \text{und} \quad R_d = R_{nk} / \gamma_{Rv}$$

Ein anzusetzender Erdwiderstand $E_{p, \text{mob}}$ reduziert die charakteristischen Horizontallasten, die in die Ermittlung von R_{nk} eingehen.

Beim Nachweis der Anfangsstandsicherheit wird für kohäsive Schichten $\varphi=0$ und $c=c_u$ angesetzt.

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Für die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad wird zusätzlich ein ausführlicher Nachweis mit allen Beiwerten ausgegeben, der jedoch später auch deaktiviert werden kann. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird für jede Bemessungssituation die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben.

Hinweis:

Wenn der Gleitsicherheitsnachweis nicht geführt wird, werden beim Grundbruchnachweis die H-Lasten zu Null gesetzt, da in einem solchen Fall ein horizontales Auflager vorausgesetzt wird.

Einschränkungen für den Nachweis (s. [3]):

- Die Reibungswinkel der Schichten im Bereich der Bruchfläche dürfen nicht mehr als 5° vom arithmetischen Mittelwert abweichen.
- Die Lastneigung δ der Resultierenden darf nicht größer als der (mittlere) Reibungswinkel φ sein.

Nachweis des Sohlwiderstands nach DIN 1054:2010 für Regelfälle

Alternativ zum Grundbruchnachweis kann die Aufnahme der Vertikalkräfte für **Regelfälle** auch durch die Ermittlung des zulässigen Sohlwiderstands σ_{Rd} nachgewiesen werden ([1], A 6.10). Die früheren (charakteristischen) Werte der zulässigen Bodenpressung wurden durch die Erhöhung um den Faktor 1.4 in Bemessungswerte des Sohlwiderstands umgewandelt, wobei die Ermittlung von Erhöhungs- bzw. Reduktionsfaktoren weitgehend gleich geblieben ist.

$$\text{Nachweis: } \sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd} \quad \text{mit der Ermittlung von } \sigma_{Ed} \text{ wie beim Kippnachweis}$$

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Für die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad wird zusätzlich ein ausführlicher Nachweis mit allen Faktoren ausgegeben, der jedoch später auch deaktiviert werden kann. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird für jede Bemessungssituation die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben.

Hinweis:

Wenn der Gleitsicherheitsnachweis nicht geführt wird, werden beim Nachweis des Sohlwiderstands vorhandene H-Lasten zu Null gesetzt, da in einem solchen Fall ein horizontales Auflager vorausgesetzt wird. Sind negative H-Lasten vorhanden, werden sie ebenfalls zu Null gesetzt, da die günstige Wirkung auf keine andere Weise berücksichtigt werden kann.

Nachweis des Sohlwiderstands mit eigener Tragfähigkeitstabelle (Daten aus 83T-Position)

Häufig liegen der Berechnung des Sohlwiderstands Angaben des Bodengutachters zu Grunde, oder der Benutzer hat sich Sohlwiderstände in Tabellenform zusammengestellt. Wenn er diese Werte mit dem Programm 83T ermittelt hat, kann diese Tabelle als Grundlage für die Ermittlung des zul. Sohlwiderstands dienen, der Verweis auf die entsprechende Positionsnummer genügt. Der zulässige Wert für die aktuelle Fundamentbreite b_x wird dann über Interpolation der Tabellenwerte ermittelt (s. Abb. 7).

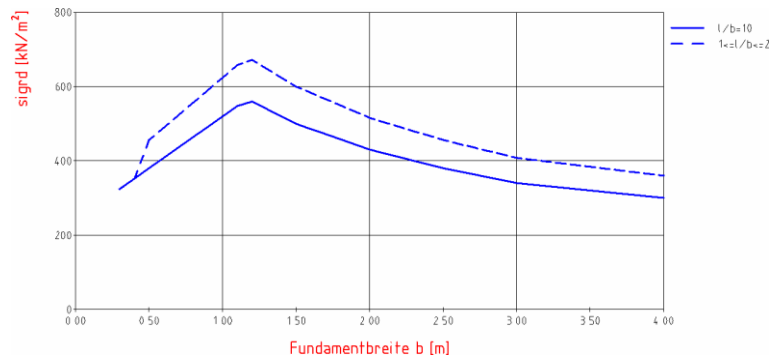


Abb. 7 Beispiel für 83T-Tabelle

Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird für jede Bemessungssituation die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben.

Nachweis des Sohlwiderstands mit direkter Angabe des zulässigen Sohlwiderstands

Gilt für das Bauvorhaben ein einheitlicher Wert für den Sohlwiderstand, so kann dieser natürlich auch als zulässiger Wert angegeben werden. Alle Bemessungswerte der Einwirkungen werden dann hiermit verglichen. Der Nachweis wird in Tabellenform für alle repräsentativen Kombinationen geführt. Bei der Begrenzung der Ausgaben wird für jede Bemessungssituation die Kombination mit dem größten Ausnutzungsgrad angegeben.

Ergebnisse: Nachweise in den Arbeitsfugen

Um den Nachweis zu erbringen, dass in jedem Schnitt der aufgehenden Wand die Kippsicherheit erfüllt ist, kann die Stützzlinie als zusätzliche Ausgabe gewählt werden. Hierbei werden in jeder Arbeitsfuge die Nachweise der Lage- bzw. Kippsicherheit analog zu den Nachweisen für das Gesamtbauwerk geführt.

Bei Gabionen wird dieser Nachweis in jeder Arbeitsfuge geführt, bei sonstigen Wänden in den Zehntelpunkten der Wandhöhe.

Stützzlinie der Lagesicherheit EQU

Die maximale und minimale Ausmitte aller Einwirkungskombinationen wird über die Wandhöhe ermittelt und tabellarisch sowie grafisch dargestellt. Die zulässige Ausmitte beträgt hierbei $b/2$, also muss die vorh. Ausmitte innerhalb des Querschnitts bleiben.

Der Nachweis wird als horizontaler Schnitt geführt.

Stützzlinie der Kippsicherheit (Nachweis der Kernweite)

Es wird tabellarisch und grafisch der Nachweis der Ausmitten aus den repräsentativen Einwirkungskombinationen ausgegeben.

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 $zul. e = b/6$).

Im Systembild wird der Verlauf der zulässigen Ausmitte für ständige Lasten ($b/6$) kurz gestrichelt, derjenige für Gesamlasten ($b/3$) länger gestrichelt dargestellt (s. Abb.8).

Der Nachweis wird als horizontaler Schnitt geführt.

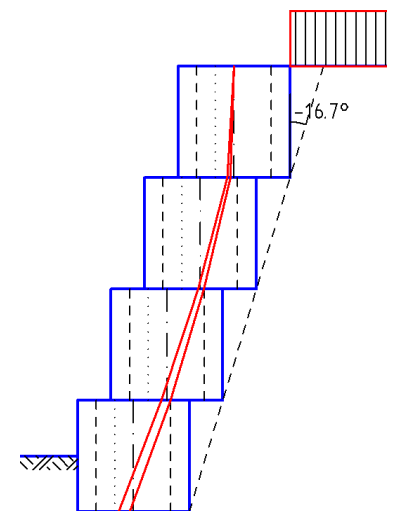


Abb. 8
Stützzlinie Kippsicherheit

Nachweis der Gleitsicherheit in den Arbeitsfugen

Für Gabionen wird zusätzlich auch der Nachweis der Gleitsicherheit in jeder Arbeitsfuge in Fugenneigung geführt und als Tabelle ausgegeben. Der Reibungswinkel in den Fugen darf i.Allg. zu $\delta_{sk} = 31^\circ$ angenommen werden, dies entspricht einem Reibungsbeiwert $\mu = 0.6$.

Begrenzung der Druckausgabe

Es bestehen die folgenden Möglichkeiten zur Ausgabebegrenzung:

- Erddrücke: Als Tabelle und/oder als Grafik
- Standsicherheitsnachweise: Alle Ausgabezeilen der Tabellen oder nur die für die Nachweise maßgebenden. Für den Grundbruchnachweis kann der ausführliche Nachweis und die Grafik der Grundbruchfuge gewählt/abgewählt werden.
- Kombinationstabellen: Alle Ausgabezeilen oder nur die für die Nachweise verwendeten
- Stützlinien: Als Tabelle und/oder als Grafik

Lastweiterleitung / Allgemeine Weiterleitungsdaten

Für weitere Grundbaunachweise werden die auf das Fundament wirkenden Kräfte (ständige und nichtständige) als Linienlasten sowie Systemdaten für den Geländebruchnachweis abgelegt.

Optionale Setzungsberechnung / Optionaler Geländebruchnachweis

Als Nachlaufprogramm können die Setzungsberechnung 83R oder der Geländebruchnachweis 83G angefügt werden, wobei Geometrie- und Lastdaten automatisch übernommen werden. Beide Programme sind nicht Bestandteil des Programms 83Y.

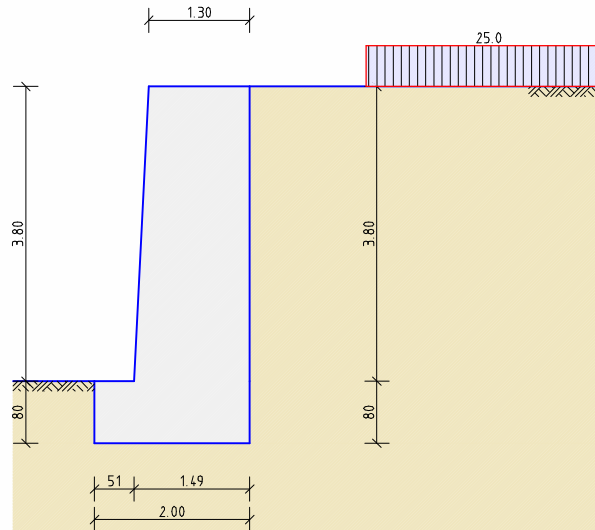
Literatur

- [1] Normenhandbuch Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1. Beuth-Verlag 2011
- [2] DIN 4085:2011-05: Berechnung des Erddrucks
- [3] DIN 4017:2006-03: Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- [4] FGSV 555: Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Ausgabe 2003
- [5] DIN V 4085-100:1996-04: Berechnung des Erddrucks

POS. 51 SCHWERGEWICHTSWAND

Programm: 083Y, Vers: 01.00.000 08/2012

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



System: Schwerkraftswand mit Sporn

wandhöhe aufgehend (ohne Fundament)	ho =	3.80 m
wanddicke Kopf	do =	1.30 m
wandneigung erdseitig	alphae1 =	0.00 °
wandneigung luftseitig	alpha11 =	2.90 °
Luftseitiger Versatz	delta x11 = -0.19 m, delta x12 =	0.00 m
wanddicke unten / OKF	du =	1.49 m
Fundament		
Versatz Vorderkante / Spornlänge	vf =	0.51 m
Fundamentbreite	lf =	2.00 m
Fundamentdicke	luftseitig hf1 = 0.80 m, erdseitig hfe =	0.80 m
Einbindetiefe	d =	0.80 m
Eigengewicht		
wichte aufgehende wand / Gabionen	gamma =	24.00 kN/m³
wichte Fundament	gamma f =	24.00 kN/m³

Gelände

	Bereich 1	Bereich 2	Bereich 3
Grundlänge li [m]	10.00	-	-
Geländeneigung beta [°]	0.00	-	-

Charakteristische Bodenkennwerte ab OK Hinterfüllung

Nr.	Bodenart	Dicke D [m]	gamma [kN/m³]	gamma' [kN/m³]	phi [°]	delta a [°]	delta p Koh. [°]	c Koh. [kN/m²]	cu Koh. [kN/m²]
1	Sa2 (n)	6.00	18.00	10.00	32.50	-	-	0.0	0.0
2	Ton1 (b)	10.00	19.00	11.00	25.00	-	-	10.0	0.0

 wandreibungswinkel Hinterfüllung delta a = 0.667 * phi

Charakteristische Einwirkungen

Zuordnung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht

Kat. G,E , EWG -

Begrenzte Flächenlasten

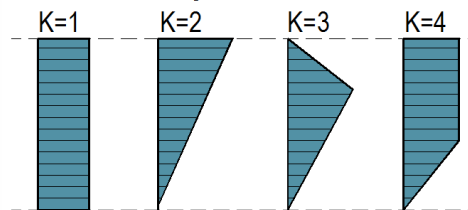
Verteilungsart des Erddrucks:

1 = konstant, 2 = Dreieck (Maximum oben)

3 = Dreieck (Maximum innen), 4 = Trapez

Last-Nr.	Lastgröße [kN/m ²]	Kategorie	EWG	Anfangspunkt xa [m]	Ha [m]	Lastbreite b [m]	Neigung [°]	Verteilungsart	Erddruck
q1	25.00	G	-	1.50	0.00	8.50	0.00	1	

Verteilung von Streifenlasten



Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi0	Psi1	Psi2	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

Rep,P/T = Repräsentativ,ständig u. vorübergehend

Geotechnische Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12

Bemessungssituation	gamma,G	gamma,Q	gamma,Re	gamma,Rh	gamma,Rv	gamma,b
BS-P	1.35	1.50	1.40	1.10	1.40	1.40

Berechnungsoptionen

- Gleitsicherheitsnachweis mit Sohlreibungswinkel δ $k = \phi$
- Erhöhungsfaktor des aktiven Erddrucks $f_1 = 1.00$
- Mindesterdruddruck für kohäsive Schicht(en) ja

Erddruckbeiwerte (Wandneigung $\alpha = +0.0^\circ$)

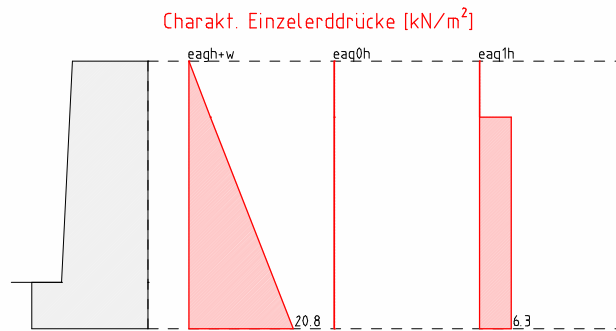
Schicht	--- G-Boden ---		Flächenlast Kaph	Linienlast		Kohäsion Kach	Erdwiderstand	
	Kagh	Kaghmin		Kavh	Kahh		Kpgh	Kpch
1	0.251	0.000	0.251	0.393	0.844	0.000	3.322	3.646
2	0.346	0.000	0.346	0.459	0.863	0.000	2.464	3.139

Horizontaler Erddruck [kN/m²] (charakteristische werte)

 ea_{qih} = Erddruck aus Flächenlasten q_i

Tiefe z [m]	Boden umgelagert		q0	q1
	ea_{gh+w}	ea_{hg+w}	ea_{q0h}	ea_{q1h}
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.96	4.3	4.3	0.0	0.0
0.96	4.3	4.3	0.0	6.3

Tiefe Boden umgelagert	q0	q1		
z [m]	eahg+w	eahq+w	eaq0h	eaq1h
4.60	20.8	20.8	0.0	6.3



Char. Gesamtlasten (Lage auf Mitte Sohle bezogen, +x nach li., +z nach oben)

Last	Kat.	Fz [kN/m]	x [m]	Fx [kN/m]	z [m]	My [kNm/m]
Eigengewicht wand	G	165.6	-0.23	-	-	-38.3
Erddruck aus Boden-Eigenlast	G,E	19.0	-1.00	47.7	1.53	54.2
Erddruck aus Flächenlast q1	G	9.1	-1.00	23.0	1.82	32.7

Standstabilitätsnachweise

Nachweis der Kippsicherheit nach DIN EN 1997-1 / DIN 1054:2010 (GZ EQU)

Begrenzung: zul. $e_x = b_x/2 = 1.00$ m, zul. $e_y = b_y/2 = -$ m

Teilsicherheitsbeiwerte	Bemessungssit.	$\gamma_{G,Stb}$	$\gamma_{G,dst}$	$\gamma_{Q,dst}$
	BS-P/T	0.90	1.10	1.50

Komb-Nr.	Vd [kN/m]	Myd [--- kNm/m ---]	Mxd	e_x	zul. e_x	e_y	zul. e_y
1	180.0	61.0	-	0.34	< 1.00	-	-

Nachweis der Kippsicherheit nach DIN 1054:2010 (Gebrauchstauglichkeit)

Ständige Lasten: bez. $e = e_x/b_x + e_y/b_y \leq 1/6 = 0.167$

Ständige + veränderliche Lasten: bez. $e = (e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2 \leq 1/9 = 0.111$

Teilsicherheitsbeiwerte (f. Ermittlung von sigEd): Bem.-Sit.	γ_{G}	γ_{Q}
BS-P	1.35	1.50

Komb-Nr.	Vk [kN/m]	Myk [--- kNm/m ---]	Mxk	e_x	e_y	bez. e	zul. e	sigEk	sigEd
1	193.7	48.5	-	0.25	-	0.125	< 0.167	129.2	174.5

Nachweis der Gleitsicherheit nach DIN 1054:2010-12/DIN EN 1997-1 (GZ GEO-2)

Endstandstabilität: Gleitwiderstand $R_k = N_k \cdot \tan(\delta_k)$, $R_d = R_k / \gamma_{R,h}$

Erdwiderstand $E_{pd} = m_{ob} \cdot E_{pk} / \gamma_{Re}$

Ausnutzung = $T_d / (R_d + E_{pd})$

Sohlleibungswinkel $\delta_k = 32.50^\circ$

Teilsicherheitsbeiwerte	Bemessungssit.	γ_{G}	γ_{Q}	$\gamma_{R,h}$	γ_{Re}
	BS-P	1.35	1.50	1.10	1.40

Komb-Nr.	Tk	Td	Nk	Rk	Rd	Epk	Epd	Rd+Epd	Ausnutzungsgrad [-]
1	70.7	95.4	193.7	123.4	112.2	-	-	112.2	0.85 < 1

Nachweis der Grundbruchsicherheit (DIN 1054:2010 / DIN 4017:2006, GZ GEO-2)

Teilsicherheitsbeiwerte	Bemessungssituation	gamma,G	gamma,Q	gamma,Rv
	BS-P	1.35	1.50	1.40

Komb-Nr.	Ri	b'	a'	Nk	Nd	Rnk	Rd	Ausnutzung Nd/Rd [-]
1	x	1.50	-	193.7	261.5	368.3	263.1	0.99 < 1

Nachweis in x-Richtung für Komb.-Nr. 1

$$Nk / Nd = 193.7 / 261.5 \text{ kN/m}$$

$$Hbk / Hak = 70.7 / - \text{ kN/m}$$

$$\text{Rechnerische Breite } b' = b - 2 \cdot ebk$$

$$b' = 1.50 \text{ m}$$

Gewichteter Reibungswinkel

$$\phi = 32.47^\circ$$

Gewichtetes Raumbgewicht über Sohle

$$\gamma_1 = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

Gewichtetes Raumbgewicht unter Sohle

$$\gamma_2 = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

Länge der Grundbruchfuge

$$L = 3.16 \text{ m}$$

Tiefe der Grundbruchfuge

$$\text{max. } ds = 1.11 \text{ m}$$

Tragfähigkeitsbeiwerte

$$Nb_0 = 14.95$$

$$Nd_0 = 24.50$$

$$Nc_0 = 36.93$$

Lastneigungsbeiwerte

$$i_b = 0.256$$

$$i_d = 0.403$$

$$i_c = 0.378$$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand

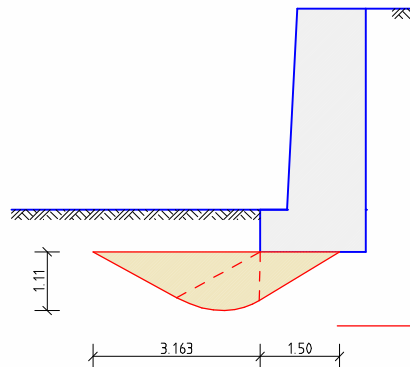
$$Rnk = 368.3 \text{ kN/m}$$

Grundbruchwiderstand

$$Rd = Rnk / \gamma_{Rv} = 368.3 / 1.40 = 263.1 \text{ kN/m}$$

Ausnutzungsgrad

$$Nd / Rd = 261.5 / 263.1 = 0.99 < 1$$



SETZUNGSBERECHNUNG

Programm: 083R, Vers: 01.00.000 02/2011

Abschätzung der Setzungen für starres Streifen-Fundament nach DIN 4019 / EVB

Bodenkennwerte ab UK Fundament

Schicht-Nr.	Schichtdicke z [m]	Mittl. Zusammendrückungsmodul Em [MN/m ²]
1	6.00	25.00

Lastzusammenstellung (seltene Kombination G+psi0*Q)

LF	Vk	Myk	Mxk	exk	eyk
---	kN/m	kNm/m	kNm/m	m	m
1	193.7	-	48.5	-	0.250

Setzungsermittlung (Fundament wird als starr angenommen)

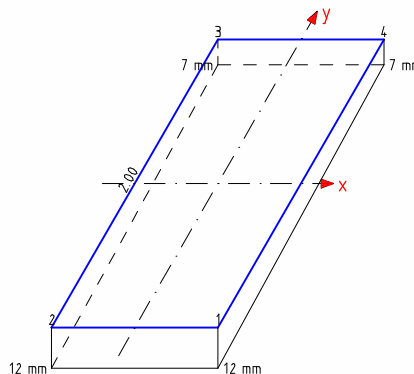
LF	Vk	redbx	redby	sigkm	sm	tan ax	dsx	tan ax	dsy	s1	s2	s3	s4
	[kN/m]	[--- m ---]	[--- m ---]	[kN/m ²]	[mm]	[-]	[mm]	[-]	[----- mm -----]				
1	193.7	1.00	2.00	96.9	9	-	-	0.002206	2	12	12	7	7

Ermittlung der Setzung für LF 1

Vk = 193.7 kN, Myk/Mxk = - / 48.5 kNm, redbx/redby = 1.00/ 2.00 m

 Mittlere Sohlpressung sigma m = 96.9 kN/m² mittlere Setzung sm = 9 mm

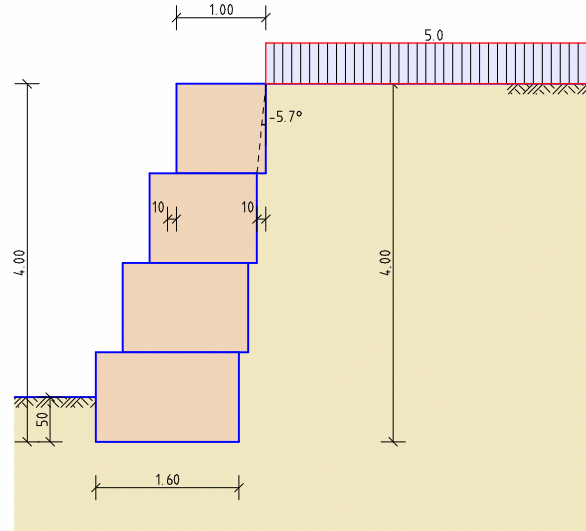
Verkantung um die x-Achse: tan ax = 0.002206 delta sy = 2 mm

Überlagerung: Setzungen s1 = 12 mm, s2 = 12 mm, s3 = 7 mm, s4 = 7 mm


POS. 53 GABIONENWAND

Programm: 083Y, Vers: 01.00.000 08/2012

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



System: Gabionenwand

Anzahl Blockschichten	n = 4
Blockbreite wandkopf	lb = 1.00 m
Blockhöhe	hb = 1.00 m
Blockversatz luftseitig	v1 = 0.30 m
Blockversatz erdseitig	ve = -0.10 m
wandhöhe aufgehend (ohne Fundament)	ho = 4.00 m
wanddicke unten / OKF	du = 1.60 m
Einbindetiefe	d = 0.50 m
Eigengewicht	
wichte aufgehende wand / Gabionen	gamma = 17.00 kN/m ³

Gelände

	Bereich 1	Bereich 2	Bereich 3
Grundlänge li [m]	10.00	-	-
Geländeneigung beta [°]	0.00	-	-

Charakteristische Bodenkennwerte ab OK Hinterfüllung

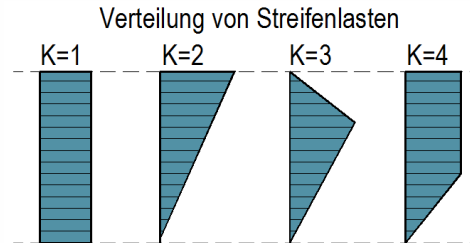
Nr.	Bodenart	Dicke D [m]	gamma [kN/m ³]	gamma' [kN/m ³]	phi [°]	delta a [°]	delta p Koh. [°]	c Koh. [kN/m ²]	cu Koh. [kN/m ²]
1	Sa2 (n)	10.00	18.00	10.00	32.50	-	-	0.0	0.0

wandreibungswinkel

Hinterfüllung delta a = 0.667 * phi

Charakteristische Einwirkungen

Zuordnung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht Kat. G,E , EWG -
 Durchgehende Flächenlast auf Gelände $q_0 = 5.00 \text{ kN/m}$, Kat. Q,1 , EWG -
 Verteilungsart des Erddrucks aus durchgehender Flächenlast: konstant (K=1)



Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi0	Psi1	Psi2	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	-

Charakteristischer Erdwiderstand in Stirnfläche $E_{pk \text{ mob}} \leq 1.00 \cdot E_{pk}$
 Ansatz $E_{pk \text{ mob}}$ über Einbindetiefe
 $K_{pgh} = 3.32$ (mit $\Delta p = 0$) $E_{pk} = 7.5 \text{ kN/m}$, $z_s = 0.17 \text{ m}$ ü. UK Fund.
 Ansatz von E_p für Kippsicherheitsnachweise nein
 Ansatz von E_p für Gleitsicherheitsnachweis ja
 Ansatz von E_p für Grundbruchnachweis/zul. Sohlwiderstand ($\leq 0.50 \cdot E_{pk}$) ja

Repräsentative Kombinationen für geotechnische Nachweise

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

Rep,P/T = Repräsentativ,ständig u. vorübergehend

Geotechnische Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010-12

Bemessungssituation	γ_{G}	γ_{Q}	γ_{Re}	γ_{Rh}	γ_{Rv}	γ_{b}
BS-P	1.35	1.50	1.40	1.10	1.40	1.40

Berechnungsoptionen

- Gleitsicherheitsnachweis mit Sohlreibungswinkel $\Delta k = \phi$
- Erhöhungsfaktor des aktiven Erddrucks $f_1 = 1.00$
- Mindesterdruddruck für kohäsive Schicht(en) ja

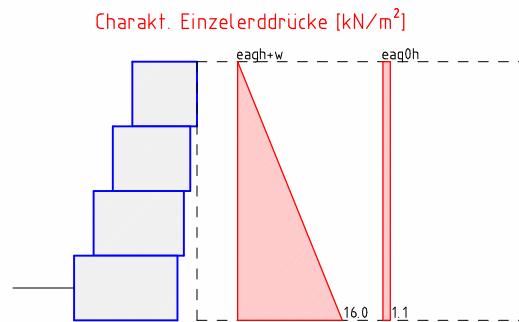
Erddruckbeiwerte (Wandneigung $\alpha = -5.7^\circ$)

Schicht	--- G-Boden ---		Flächenlast		Linienlast		Kohäsion	Erddruckwiderstand	
	K_{agh}	K_{aghmin}	K_{aph}	K_{avh}	K_{ahh}	K_{ach}	K_{pgh}	K_{pch}	
1	0.222	0.000	0.222	0.375	0.893	0.000	3.809	4.159	

Horizontaler Erddruck [kN/m²] (charakteristische werte)

eaqih = Erddruck aus Flächenlasten qi

Tiefe	Boden umgelagert	q0	
z [m]	eahg+w	eahq+w	eaq0h
0.00	0.0	0.0	0.0
0.00	0.0	0.0	1.1
4.00	16.0	16.0	1.1



Char. Gesamtlasten (Lage auf Mitte sohle bezogen, +x nach li., +z nach oben)

Last	Kat.	Fz [kN/m]	x [m]	Fx [kN/m]	z [m]	My [kNm/m]
Eigengewicht wand	G	88.4	-0.26	-	-	-23.1
Erddruck aus Boden-Eigenlast	G,E	9.2	-0.90	32.0	1.33	34.4
Erddruck aus Flächenlast q0	Q,1	1.3	-0.95	4.4	2.00	7.7
Erdwiderstand Epk mob vor Sporn lufts	G,E	-	-	-7.5	0.17	-1.2

Standstabilitätsnachweise

Nachweis der Kippsicherheit nach DIN EN 1997-1 / DIN 1054:2010 (GZ EQU)

Begrenzung: zul. ex = bx/2 = 0.80 m, zul. ey = by/2 = - m

Teilsicherheitsbeiwerte	Bemessungssit.	gamma,Gstb	gamma,Gdst	gamma,Qdst
	BS-P/T	0.90	1.10	1.50

Komb-Nr.	Vd [kN/m]	Myd [--- kNm/m ---]	Mxd	ex	zul.ex	ey	zul.ey
1	89.6	17.1	-	0.19	< 0.80	-	-
2	91.6	28.6	-	0.31	< 0.80	-	-

Nachweis der Kippsicherheit nach DIN 1054:2010 (Gebrauchstauglichkeit)

Ständige Lasten: bez. e = ex/bx + ey/by <= 1/6 = 0.167

Ständige + veränderliche Lasten: bez. e = (ex/bx)² + (ey/by)² <= 1/9 = 0.111

Teilsicherheitsbeiwerte (f. Ermittlung von sigEd): Bem.-Sit.	gamma,G	gamma,Q
BS-P	1.35	1.50

Komb-Nr.	Vk [kN/m]	Myk [--- kNm/m ---]	Mxk	ex	ey	bez.e	zul.e	sigEk	sigEd
1	97.6	11.3	-	0.12	-	0.073	< 0.167	71.3	96.3
2	98.8	19.0	-	0.19	-	0.014	< 0.111	81.3	109.9

Nachweis der Gleitsicherheit nach DIN 1054:2010-12/DIN EN 1997-1 (GZ GEO-2)

Endstandsicherheit: Gleitwiderstand $R_k = N_k \cdot \tan(\delta_k)$, $R_d = R_k / \gamma_{Rk}$
 Erdwiderstand $E_{pd} = m_{ob} \cdot E_{pk} / \gamma_{Re}$ Ausnutzung = $T_d / (R_d + E_{pd})$
 Sohlreibungswinkel $\delta_k = 32.50^\circ$

Komb-Nr.	Tk	Td	Nk	Rk	Rd	Epk	Epd	Rd+Epd	Ausnutzungsgrad [-]
1	32.0	43.2	97.6	62.2	56.5	7.5	5.3	61.8	0.70 < 1
2	36.5	49.9	98.8	63.0	57.2	7.5	5.3	62.6	0.80 < 1

Begrenzung Verformungen für Komb.Nr. 2 $E_{pk} = 7.5 \text{ kN/m}$
 Nachweis(A 6.6.6): $T_k / (2/3 \cdot R_k + 1/3 \cdot E_{pk}) = 36.5 / (42.0 + 2.5) = 0.82 < 1$

Nachweis der Grundbruchsicherheit (DIN 1054:2010 / DIN 4017:2006, GZ GEO-2)

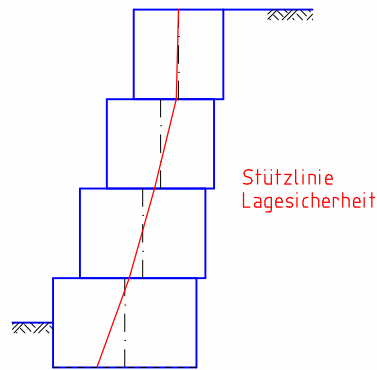
Komb-Nr.	Ri [-]	b' [m]	a' [m]	Nk	Nd	Rnk	Rd	Ausnutzung Nd/Rd [-]
1	x	1.38	-	97.6	131.7	338.6	241.8	0.54 < 1
2	x	1.23	-	98.8	133.6	243.7	174.1	0.77 < 1

Nachweis in x-Richtung für Komb.-Nr. 2
 $N_k / N_d = 98.8 / 133.6 \text{ kN/m}$ $H_{bk} / H_{ak} = 32.7 / - \text{ kN/m}$
 Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e_{bk}$ $b' = 1.23 \text{ m}$
 Gewichteter Reibungswinkel $\phi = 32.50^\circ$
 Gewichtetes Raumbgewicht über Sohle $\gamma_1 = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Gewichtetes Raumbgewicht unter Sohle $\gamma_2 = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Länge der Grundbruchfuge $L = 2.89 \text{ m}$
 Tiefe der Grundbruchfuge $\max. d_s = 1.01 \text{ m}$
 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 $R_{nk} = 243.7 \text{ kN/m}$
 Grundbruchwiderstand $R_d = R_{nk} / \gamma_{Rv} = 243.7 / 1.40 = 174.1 \text{ kN/m}$

Ausnutzungsgrad $N_d / R_d = 133.6 / 174.1 = 0.77 < 1$

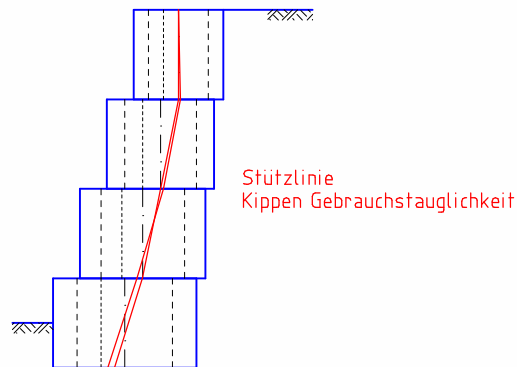
Stützlinie: Lagesicherheit EQU über die wandhöhe

Höhe u. Dicke W-Kopf	b	Ko.	maximale Ausmitte VK				minimale Ausmitte HK			
			Nd	Md	vorh.e	zul.e	Nd	Md	vorh.e	zul.e
m	m	--	kN/m	kNm/m	m	m	kN/m	kNm/m	m	m
1.00	0.90	2	16.4	0.4	0.02 <	0.45	-	-	-	-
2.00	1.10	2	37.1	2.5	0.07 <	0.55	-	-	-	-
3.00	1.30	2	62.2	9.4	0.15 <	0.65	-	-	-	-



Stützzlinie: Kippsicherheit über die wandhöhe (Gebrauchstauglichkeit)

Höhe u. w-Kopf m	Dicke b m	Ko.	max. Ausmitte Lasten g				max. Ausmitte Lasten g+q				
			Nk kN/m	Mk kNm/m	vorh.e m	zul.e m	Nk kN/m	Mk kNm/m	vorh.e m	zul.e m	
1.00	0.90	-	-	-	-	-	1	17.6	-0.4	0.02	< 0.30
2.00	1.10	-	-	-	-	-	1	39.7	-1.2	0.03	< 0.37
3.00	1.30	1	66.4	0.2	0.00	< 0.22	2	67.3	4.4	0.07	< 0.43



Gleitsicherheitsnachweis in den Arbeitsfugen

Bemessungswert des Widerstands $R_d = R_k / \gamma_{R,h}$ mit $R_k = N_k \cdot \tan(\delta_k)$
 Reibungswinkel $\delta_k = 31.0^\circ$ Neigung der Schnitte $\alpha_s = 0.00^\circ$

Höhe unter w-Kopf [m]	maßg. Komb.	Tk	Td	Nk kN/m	Rk	Rd	Ausnutzung Td/Rd [-]
1.00	2	3.1	4.4	17.9	10.8	9.8	0.45 < 1
2.00	2	10.2	14.1	40.3	24.2	22.0	0.64 < 1
3.00	2	21.3	29.3	67.3	40.4	36.8	0.80 < 1