

53X Stützwinkel ohne erdseitigen Sporn nach Teilsicherheitskonzept

(Stand: 05.06.2009)

Leistungsumfang

Das Programm 053X ermittelt die Standsicherheit von Winkelstützwänden ohne erdseitigen Sporn nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054:2005-01. 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.

Darüber hinaus kann das Bauwerk bemessen werden (Bemessung nach DIN 1045-1). Der Bemessungserddruck wird dabei i. Allg. als aktiver Erddruck angesetzt. Biegebemessung mit Bewehrungswahl, Querkraftnachweis sowie Rissnachweis werden durchgeführt. Das bisherige Quickplot-Bewehrungsmodul kann auch hier verwendet werden. Eine Setzungsberechnung bzw. der Nachweis des Geländebruchs mit Datenübernahme können als Nachlaufprogramm angeschlossen werden.

Hinweis: Winkelstützwände ohne erdseitigen Sporn sind meist unwirtschaftlich, da sie i. Allg. wegen fehlender Erdaulast auf Grund des Gleitsicherheitsnachweises große Abmessungen des Fundaments ergeben. Für Berechnungen mit erdseitigem Sporn ist das Programm 53W zu verwenden.

Koordinatensystem

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

Eingaben

Geometrie

- 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 Δh anzugeben.
- Beschreibung der aufgehenden Wand: Wandhöhe h , Wanddicken oben/unten und Wandneigung α innen (die rechts dargestellte Neigung ist die Negativrichtung!)
- Beschreibung des Fundaments: Spornlänge l_s , Sporndicken innen/außen und die Einbindetiefe d ,

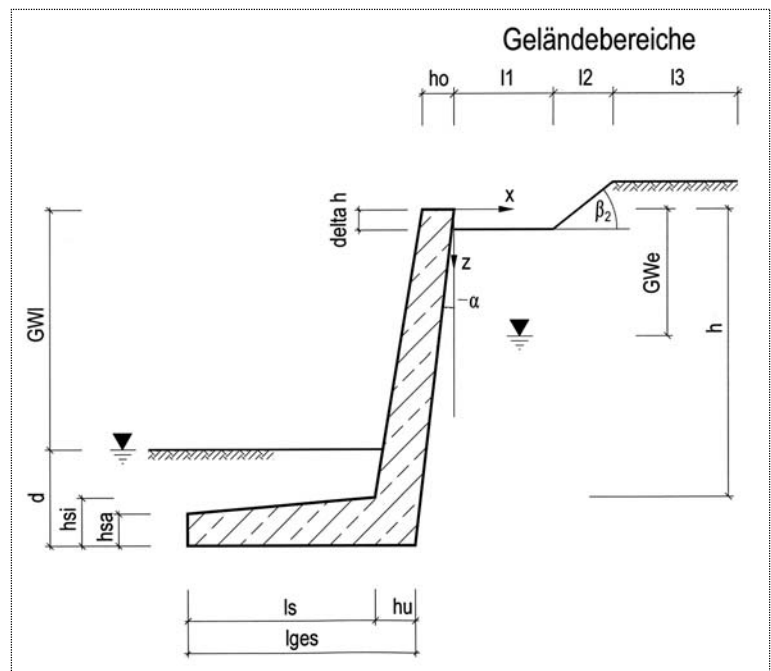


Bild 1

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. Allg. 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)

Die erste Schicht muss mindestens bis zur OK Sohle reichen, die zweite mindestens bis UK Fundament.

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 anzugeben (bezogen auf den Reibungswinkel der Hinterfüllung), der meist mit $\delta_a = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden darf (raue Wand).

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 2). 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.

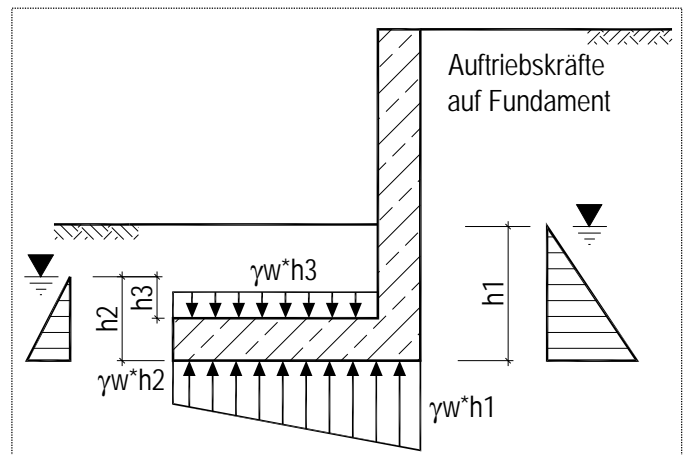


Bild 2

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 wird bis zu einer Größe von $q=10 \text{ kN/m}^2$ automatisch als ständige Last betrachtet (s. [1], 10.3.1).

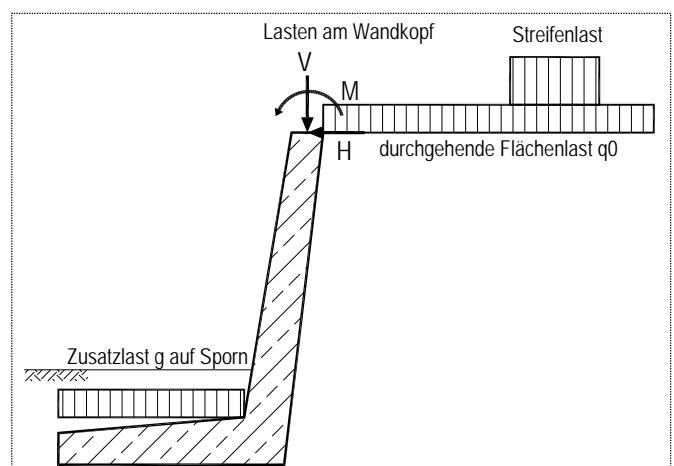


Bild 3

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.

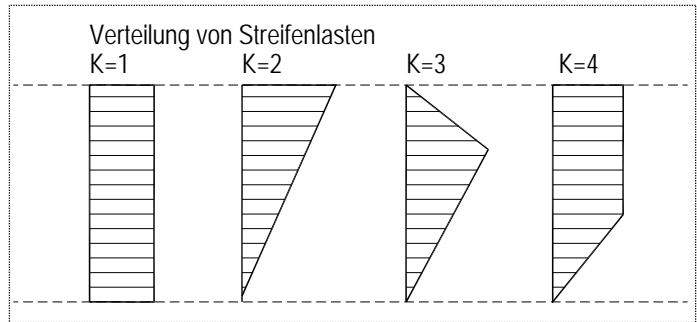


Bild 4

- 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.
- Zusatzlast auf luftseitigem Sporn:
Falls zusätzliche Eigenlasten wie z.B. Verkleidungen der Wand vorhanden sind, können sie hier als ständige Lasten eingegeben werden.

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 Erddrucks auf die aufgehende Wand wird ein möglicher Verdichtungserddruck vereinfacht nach [2], 6.6.1, angesetzt (s. Bild 5). 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.
- Reibungswinkel für den Gleitsicherheitsnachweis:
Bei Ort betonfundamenten darf i. Allg. mit einem Reibungswinkel zwischen Fundament und Baugrund $\delta_g = \varphi$ gerechnet werden, bei Fertigteilen muss $\delta_g = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden.

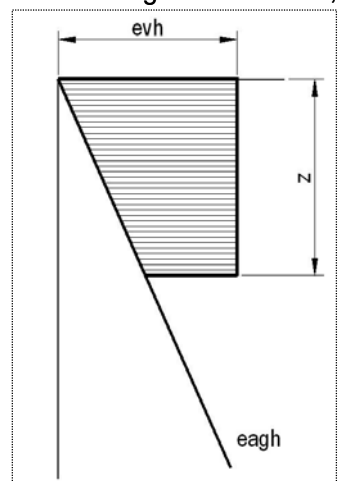


Bild 5

Ergebnisse: Standsicherheitsnachweise

Erddruck auf die aufgehende Wand

Da eine Erddruckberechnung mit Hilfe von Formeln nach [2] bzw. [8] für die Erddruckbeiwerte nur dann erfolgen kann, wenn gleichmäßige Verhältnisse vorliegen, wird die Erddruckberechnung wie folgt intern unterschieden: Ungleichmäßige Verhältnisse sind dann gegeben, wenn

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

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

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

Um Irritationen zu vermeiden, werden auch bei der Berechnung des Erddrucks über die Formeln in [2] bzw. [8] die Erddruckbeiwerte nicht ausgegeben.

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

Aus den charakteristischen Erddrücken ergibt sich mit den entsprechenden Teilsicherheiten der Bemessungserddruck $e_{ah,d}$ (Bild 7). 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.

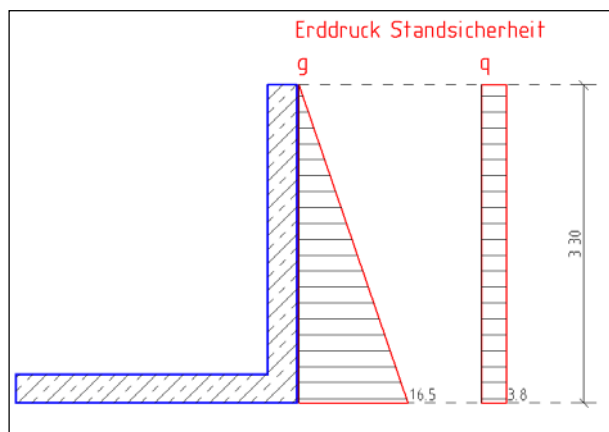


Bild 6

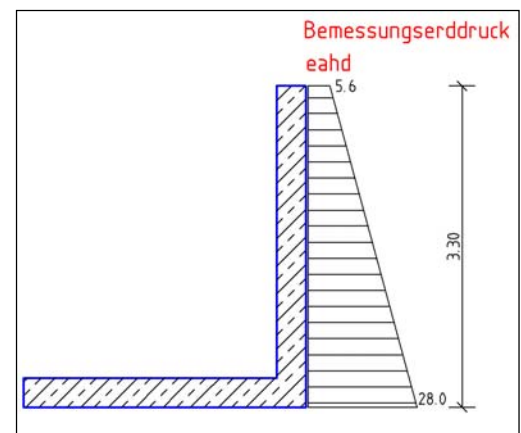


Bild 7

Gesamtlasten

Alle für die Standsicherheitsnachweise benötigten Kräfte werden in einer Ausgabetabelle zusammengefasst. Alle 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 zulässige Sohldrücke geführt werden kann. 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.

Hinweis: *Ist die Resultierende der horizontalen Lasten statt zur Luftseite zur Erdseite gerichtet, sind nicht alle Standsicherheitsnachweise erforderlich. Ein 'Kippen' zum Erdreich hin kann noch stattfinden, ein Gleiten sicherlich nicht, da in einem solchen Fall der Erddruck sich erhöht. Auch der Nachweis gegen Grundbruch muss in einem solchen Fall i. Allg. nicht geführt werden.*

Optimierung der Spornlänge

Sind nicht alle Standsicherheitsnachweise erfüllt, muss meist die Spornlänge erhöht werden. Umgekehrt kann die gewählte Spornlänge reduziert werden, wenn bei den Nachweisen ein entsprechender Abstand zum Grenzzustand vorhanden ist. Deshalb kann nach der Anzeige der Nachweise die Optimierung der Spornlänge angewählt werden. Die Spornlänge wird dabei in Schritten von 10 cm variiert. Liegen ungleichmäßige Verhältnisse vor, kann dies u. U. einige Sekunden dauern.

Ergebnisse: Bemessung

Charakteristische Sohldrücke

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

Stahlbetonbemessung

Eine Stahlbetonbemessung nach DIN 1045-1 ist optional.

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

Bemessungsschnittgrößen und Stahlbetonbemessung

Nach der Wahl der Baustoffe werden die Bemessungsschnittgrößen ermittelt und ausgegeben. Die Bemessung erfolgt nach [4]. Die Ausgabe erfolgt für die Orte:

- (1) = aufgehende Wand Mitte
- (2) = aufgehende Wand Anschnitt unten
- (3) = luftseitiger Sporn Anschnitt

Außer den Eigenlasten des Bauwerks werden die Bemessungsschnittgrößen aus dem Erddrücken und den Sohldrücken bestimmt. Die Reibungskräfte in der Sohle werden analog zur Verteilung der Sohldrücke angesetzt. Alle Einwirkungen werden als charakteristische Lasten angesetzt, die daraus resultierende Beanspruchung erhält die entsprechenden Teilsicherheiten.

Bewehrungswahl

Die Wahl der Bewehrung erfolgt für die o.g. Orte wie in anderen Programmen des BTS auch. Es kann dabei Mattenstahl und/oder Stabstahl verwendet werden. Die Wahl wird für die Orte mit statisch erforderlicher Bewehrung und für die Orte mit konstruktiver Bewehrung angeboten.

Wahlmöglichkeiten: Durchgehende Bewehrung als Matte oder Stabstahl (mit Angabe der Querbewehrung), ebenso Zulagen als Matte oder Stabstahl, alle Angaben jeweils für innen/außen bzw. unten/oben.

Die hier getroffenen Angaben können im entsprechenden *Quickplot-Modul* ausgewertet werden, allerdings nur die Angaben für die durchgehende Bewehrung (dieses Modul ist nicht Bestandteil des Programms 53X).

Querkraftnachweis

Der Nachweis einer eventuell erforderlichen Querkraftbewehrung wird ebenfalls nach [4] an den Anschnitten von Wand und Fundament geführt. Ist an einem Ort Querkraftbewehrung notwendig, kann die gewählte Bewehrung und damit die Querkraft-Tragfähigkeit $V_{rd,ct}$ (ohne Querkraftbewehrung) erhöht werden. Es kann gewählt werden, ob für die Neigung des Druckstrebenwinkels mit dem konstanten Wert $\cot \theta = 1.2$ oder nach der Formel 73 in [4], 10.3.4 gerechnet werden soll.

Nachweis der Rissbreite

Aus den Angaben der Bauteilbeanspruchung "Last", "Zwang" oder "Last und Zwang", und dem Betonalter wird der Rissnachweis nach [4], 11.2.2 und 11.2.4 geführt. Hier kann zusätzlich der Ort des Nachweises gewählt bzw. abgewählt werden.

Hinweis: Der Rissnachweis wird nur in Schnittebene geführt. Evtl. erforderliche Rissnachweise in Längsrichtung der Stützwand [in der Sohle oder für die aufgehende Wand (im Anschnitt zum Fundament)] müssen mit einem geeigneten Programm geführt werden, z.B. 44B.

Wahl der Erddruckausgabe

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

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 53R oder der Geländebruchnachweis 53G angefügt werden, wobei Geometrie- und Lastdaten automatisch übernommen werden. Beide Programme sind nicht Bestandteil des Programms 53X.

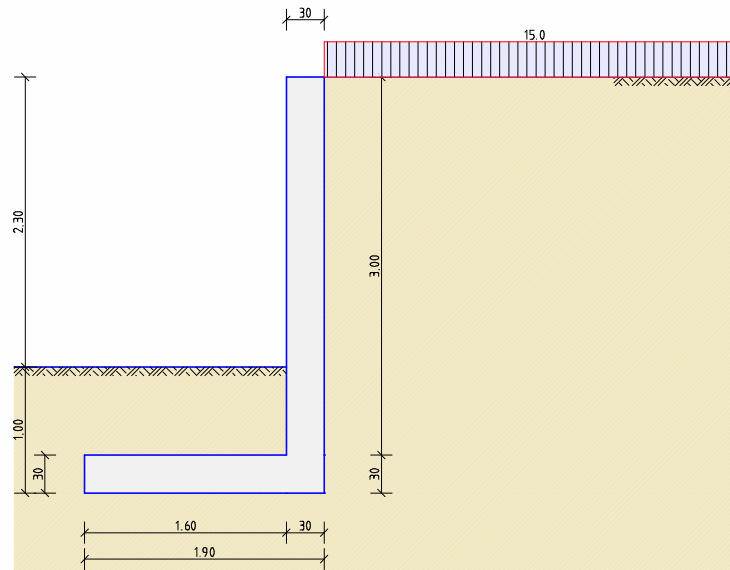
Quickplot

Für das Programm existiert ein Quickplot-Modul, das die Daten übernimmt und ergänzt. Dieses Modul ist nicht Bestandteil des Programms 53X.

Literatur

- [1] DIN 1054:2005-01
- [2] DIN 4085:2007-10
- [3] DIN E 4017:2001-06
- [4] DIN 1045-1:2001-07 / DIN 1045-1:2008-08
- [5] DIN 1045-1, Berichtigung 2 06/2005
- [6] Auslegungen zur DIN 1045-1, Normenausschuss Bauwesen, Internet: <http://www2.nabau.din.de/>
- [7] DIN 1054 Berichtigung 3:2008-01
- [8] DIN V 4085-100:1996-04

POS. 4 STÜTZWINKEL



GEOMETRIE

GELÄNDE	Geländebereich	1	2	3
	Grundlänge l_i (m)	5.00	-	-
	Geländeneigung β (Grad)	0.00	-	-
	OK Gelände unter wandkopf	$\Delta h = 0.00$ m		
AUFGEHENDE WAND	wandhöhe aufgehender schenkel	$h = 3.00$ m		
	Dicke oben $h_o = 30$ cm, Dicke unten $h_u = 30$ cm			
	erdseitige Neigung α (GUZ positiv) =	0.0 °		
FUNDAMENT	Einbindetiefe Sporn	$d = 1.00$ m		
	Spornlänge	$l_s = 1.60$ m		
	Dicke außen $h_{sa} = 30$ cm, Dicke innen $h_{si} = 30$ cm			
	Gesamtlänge Fundament	$l_{ges} = 1.90$ m		

Charakteristische Bodenkennwerte

Hinterfüllung und unter Sohle	Nr.	Schicht- dicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	Kohäsion c [kN/m ²]
	1	10.00	20.00	12.00	32.50	0.00

wandreibungswinkel Hinterfüllung $\delta_a = 0.667 \cdot \phi$

Charakteristische Belastung

Rechnerische wichte der wand $\gamma = 25.0$ kN/m³

Durchgehende Flächenlast auf Gelände: $q_0 = 15.00$ kN/m² Kategorie Q,1

Teilsicherheiten für Lastfall 1, GZ 1B:

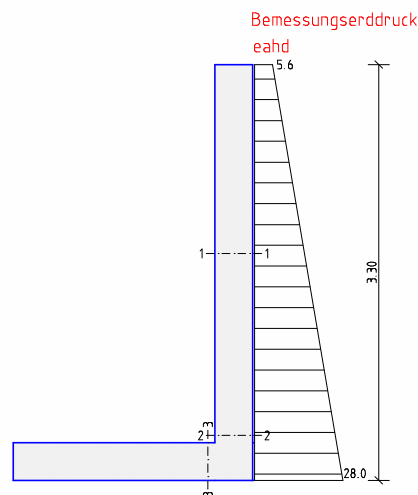
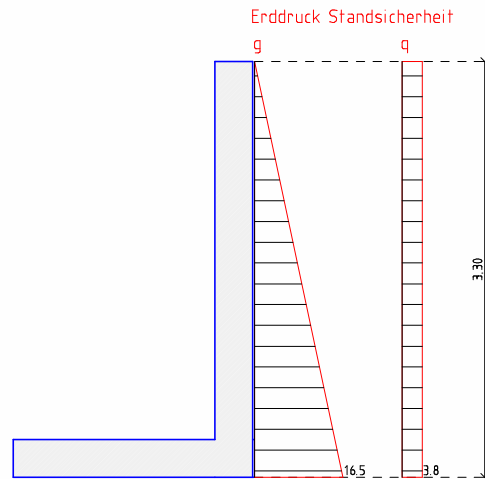
G, EA (g)	Q, EA (g)	wasserdruck	E_p	Gleiten	Grundbruch
1.35	1.50	1.35	1/1.40	1/1.10	1/1.40

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 $\Delta G = \Phi$

Charakteristischer Erddruck und Bemessungserddruck

Tiefe unter Wandkopf z [m]	Boden- eigenlast $e_{aq,k}$	Wasser- druck w,k	ständige Zusatzlasten $e_{aqz,k}$	nichtständige Zusatzlasten $e_{aqz,k}$	verdicht.- Erddruck $e_{v,k}$	Bem.- Erddruck $e_{a,d}$
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
0.00	0.0	0.0	0.0	3.8	-	5.6
3.30	16.5	0.0	0.0	3.8	-	28.0



Gesamtlasten (Lage auf Mitte Sohle bezogen)

Last (charakteristische Größe)	H [kN/m]	z [m]	V [kN/m]	x [m]
Erd- und wasserdruck (ständige Lasten)	27.3	1.10	10.8	0.95
Wand-eigenlast	0.0	0.00	36.8	0.49
Erdauflast luftseitiger Sporn	0.0	0.00	22.4	-0.15
Erdwiderstand E_{pgh} vor dem Sporn	-16.6	0.33	0.0	0.00
Summe ständige Lasten	10.7	2.29	70.0	0.36
Erddruck aus nichtständigen Lasten q	12.4	1.65	4.9	0.95
Summe nichtständige Lasten	12.4	1.65	4.9	0.95
Gesamtlasten	23.1	1.95	74.9	0.40

Nachweis gegen Kippen (charakteristische Größen)

Gebrauchsfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_1 = b/6 = 0.32 \text{ m}$ (ständige Last)
 Tragfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_2 = b/3 = 0.63 \text{ m}$

Last [kN/m, kNm/m]	N	M	e [m]
Ständige Lasten (Gebrauchsfähigkeit)	70.0	0.5	0.01 < zul.e1
Gesamtlasten (Tragfähigkeit)	74.9	-15.3	-0.20 < 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	70.0	74.9 kN/m
Gleitwiderstand $R_{t,d} = N_{k,d} \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_g$	40.5	43.4 kN/m
Erdwiderstand vor Stirn $E_{p,d} = E_{p,k} / \gamma_{ep}$	11.9	11.9 kN/m
Tangentialkräfte in Sohle T_d (Einwirkung)	36.8	55.5 kN/m
Nachweis $T_d / (R_{t,d} + E_{p,d})$	0.703	1.003

Nachweis gegen Grundbruch (GZ 1B)

Einwirkungen [kN/m]	N_k	N_d	H_{bk}	H_{ak}
	74.9	101.9	23.1	0.0

Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e_b$	$b' = 1.49 \text{ m}$
Gewichteter Reibungswinkel	$\phi = 32.50^\circ$
Gewichtetes Raumgewicht über Sohle	$\gamma_1 = 20.00 \text{ kN/m}^3$
Gewichtetes Raumgewicht unter Sohle	$\gamma_2 = 20.00 \text{ kN/m}^3$
Länge der Grundbruchfuge:	$L = 3.75 \text{ m}$
Tiefe der Grundbruchfuge:	$\max. d_s = 1.31 \text{ m}$

Tragfähigkeitsbeiwerte:	$N_{b0} = 15.03$	$N_{d0} = 24.58$	$N_{c0} = 37.02$
Lastneigungsbeiwerte:	$i_b = 0.331$	$i_d = 0.479$	$i_c = 0.457$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand	$R_{n,k} = 572.2 \text{ kN/m}$
Grundbruchwiderstand $R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{gr} = 572.2 / 1.40 = 408.7 \text{ kN/m}$	

Nachweis $N_d = 101.9 < R_{n,d} = 408.7 \text{ kN/m}$

Last	V_k [kN/m]	e [m]	σ_l [kN/m²]	σ_e [kN/m²]	$b - 2 \cdot e$ [m]	σ_m [kN/m²]
g+w	70.0	0.01	36.1	37.6	1.89	37.1
g+w+ges.q	74.9	-0.20	64.9	14.0	1.49	50.3

Baustoffe: Normalbeton C 25/30 **BSt 500S(A)+BSt 500M(A)**
Größtkorn des Zuschlags $d_g = 32.0 \text{ mm}$

Ort	Expositionsklassen	mit Betondeckung:	c.min [mm]	$\delta_{a,c}$ [mm]	gew.c [mm]
außen :	XC4		25	15	40
innen :	XC2		20	15	35

Bemessungsschnittgrößen wand (Zugfaser aufgehende wand innen, Sporn unten)

Randabstand der Bewehrung innen $d_{li} = 5.0$, außen $d_{la} = 5.5 \text{ cm}$

Ort		1 aufgehende wand Mitte	2 aufgehende wand unten	3 Sporn Anschnitt
h	[cm]	30.0	30.0	30.0
d _i	[cm]	25.0	25.0	24.5
d _a	[cm]	24.5	24.5	24.5
msd(g)	[kNm/m]	3.4	28.6	28.2

Ort		----- 1 ----- aufgehende wand Mitte	----- 2 ----- aufgehende wand unten	----- 3 ----- Sporn Anschnitt .
nsd(g)	[kN/m]	-18.2	-42.5	-34.6
msd(g+q)	[kNm/m]	9.2	53.0	52.9
nsd(g+q)	[kN/m]	-21.6	-49.2	-50.2
max. qsd	[kN/m]	16.1	47.4	49.0
erf.as	[cm ² /m]	0.5	4.2	4.3

Biegebewehrung vertikaler winkelschenkel

 wahl durchgehende Bewehrung [cm²/m]

Seite	Bew.-Richtung	min.as	max.as	--- Stabstahl ---	- Matten -	vorh.as
innen	Längsbewehr.	0.53	4.19	ds 12 / 30.0 cm	- x -	3.77
außen	Längsbewehr.	0.00	0.00	ds - / - cm	1 x Q188 A	1.88
innen	Querbewehr.	0.11	0.84	ds 10 / 30.0 cm	- x -	2.62

 wahl zulagebewehrung [cm²/m]

---	Ort	---	Bew.-Richtung	erf.as ges.	erf.as Zul.	Stabstahl ds / s[cm]	Matten n x Typ	vorh.as Zul.	vorh.as ges.
-2-	innen		Längsbewehr.	4.19	0.42	12 / 30.0	- x -	3.77	5.65

Biegebewehrung Fundament

 wahl durchgehende Bewehrung [cm²/m]

Seite	Bew.-Richtung	min.as	max.as	--- Stabstahl ---	- Matten -	vorh.as
oben	Längsbewehr.	0.00	0.00	ds - / - cm	1 x Q188 A	1.88
unten	Längsbewehr.	4.26	4.26	ds 12 / 30.0 cm	- x -	3.77
unten	Querbewehr.	0.85	0.85	ds 10 / 30.0 cm	- x -	2.62

 wahl zulagebewehrung [cm²/m]

---	Ort	---	Bew.-Richtung	erf.as ges.	erf.as Zul.	Stabstahl ds / s[cm]	Matten n x Typ	vorh.as Zul.	vorh.as ges.
-3-	unten		Längsbewehr.	4.26	0.49	12 / 30.0	- x -	3.77	7.54

Querkraftnachweis für ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Druckstrebenwinkel: nach DIN 1045-1, 10.3.4, Gl.[73]

Ort	d [cm]	cot(theta) [-]	VEd [kN/m]	VRd,ct [kN/m]	VRd,max [kN/m]	erf.asw,90 [cm ² /m]
-2- innen	25.0	3.00	47.4	63.4	589.7	-
-3- unten	24.5	3.00	49.0	97.0	573.8	-

Rissnachweis für quasi-ständige Einwirkungen

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort [m]	Md [kNm/m]	Nd [kN/m]	Dsm [mm]	min.As [cm ² /m]	vorh.As [cm ² /m]	vorh.wk [mm]	zul.wk [mm]
-1- innen	-	4.43	-14.6	12.0	-	3.77	0.00	< 0.30
-2- innen	-	29.33	-33.7	12.0	-	7.54	0.07	< 0.30
-3- unten	-	29.14	-30.8	12.0	-	7.54	0.08	< 0.30

SETZUNGSBERECHNUNG

Abschätzung der Setzungen für starre Fundamente nach DIN 4019 / EVB

Fundamentabmessung in x-Richtung $b_x = -$ m
 Fundamentabmessung in y-Richtung $b_y = 1.90$ m

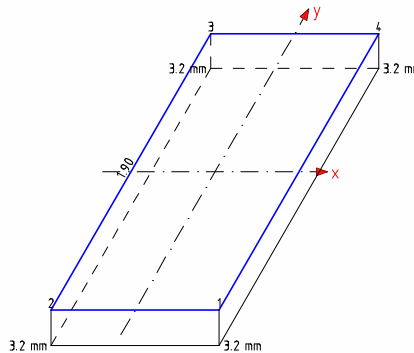
Resultierende Belastung (charakteristische ständige Lasten)

$V_k = 70.0$ kN/m $M_{xk} = 0.5$ 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	5.00	25.00

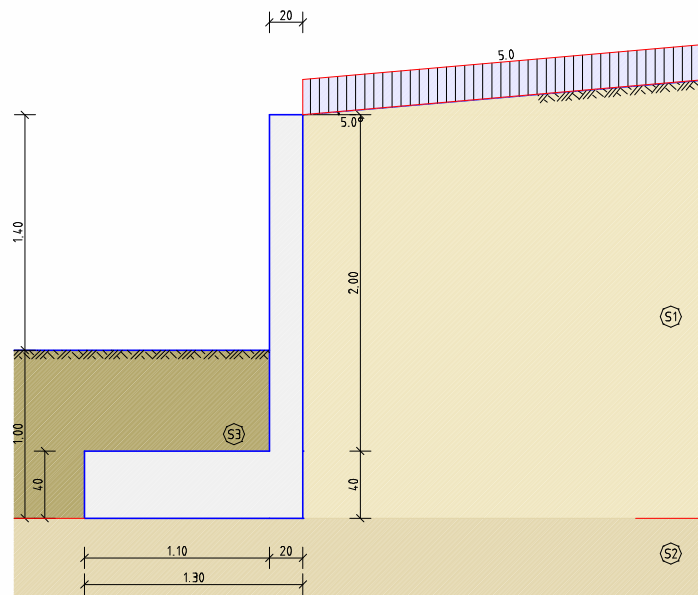
Mittlere Sohlpressung $\sigma_m = 36.8$ kN/m² mittlere Setzung $s_m = 3.2$ mm
 Verkantung um die x-Achse: $\tan \alpha_x = 0.000025$ $s_y = 0.0$ mm



Superposition der Setzungen der Randpunkte

Punkt	1	2	3	4
Setzung [mm]	3.2	3.2	3.2	3.2

POS. 005 STÜTZWINKEL



GEOMETRIE

GELÄNDE	Geländebereich	1	2	3
	Grundlänge l_i (m)	5.00	-	-
	Geländeneigung β (Grad)	5.00	-	-
	OK Gelände unter wandkopf	$\Delta h = 0.00$ m		
AUFGEHENDE WAND	wandhöhe aufgehender schenkel	$h = 2.00$ m		
	Dicke oben $h_o = 20$ cm, Dicke unten $h_u = 20$ cm			
	erdseitige Neigung α (GUZ positiv)	0.0°		
FUNDAMENT	Einbindetiefe Sporn	$d = 1.00$ m		
	Spornlänge	$l_s = 1.10$ m		
	Dicke außen $h_{sa} = 40$ cm, Dicke innen $h_{si} = 40$ cm			
	Gesamtlänge Fundament	$l_{ges} = 1.30$ m		

Charakteristische Bodenkennwerte

Hinterfüllung und unter Sohle	Nr.	Schichtdicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	Kohäsion c [kN/m ²]
	1	2.40	20.00	12.00	35.00	0.00
	2	10.00	18.00	10.00	32.50	0.00
vor Fundament	3	1.00	18.00	10.00	32.50	0.00

wandreibungswinkel Hinterfüllung $\delta_a = 0.620 \cdot \phi$

Charakteristische Belastung

Rechnerische wichte der wand $\gamma = 25.0$ kN/m³

Durchgehende Flächenlast auf Gelände: $q_0 = 5.00$ kN/m² Kategorie Q,1

Teilsicherheiten für Lastfall 1, GZ 1B:

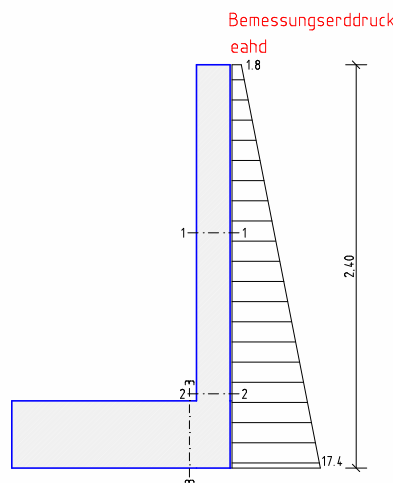
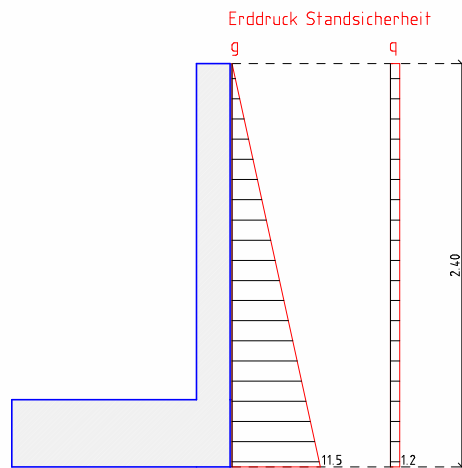
G, EA (g)	Q, EA (g)	wasserdruck	E_p	Gleiten	Grundbruch
1.35	1.50	1.35	1/1.40	1/1.10	1/1.40

Berechnungsoptionen

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

Charakteristischer Erddruck und Bemessungserddruck

Tiefe unter wandkopf z [m]	Boden- eigenlast $e_{aq,k}$	Wasser- druck w,k	ständige Zusatzlasten $e_{aqz,k}$	nichtständige Zusatzlasten $e_{aqz,k}$	verdicht.- Erddruck $e_{v,k}$	Bem.- Erddruck $e_{a,d}$
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
0.00	0.0	0.0	0.0	1.2	-	1.8
2.40	11.5	0.0	0.0	1.2	-	17.4



Gesamtlasten (Lage auf Mitte Sohle bezogen)

Last (charakteristische Größe)	H [kN/m]	z [m]	V [kN/m]	x [m]
Erd- und wasserdruck (ständige Lasten)	13.8	0.80	5.5	0.65
wandeigenlast	0.0	0.00	23.0	0.24
Erdauflast luftseitiger Sporn	0.0	0.00	11.9	-0.10
Summe ständige Lasten	13.8	0.80	40.4	0.20
Erddruck aus nichtständigen Lasten q	2.9	1.20	1.1	0.65
Summe nichtständige Lasten	2.9	1.20	1.1	0.65
Gesamtlasten	16.7	0.87	41.5	0.21

Nachweis gegen Kippen (charakteristische Größen)

Gebrauchsfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_1 = b/6 = 0.22 \text{ m}$ (ständige Last)
 Tragfähigkeit: zulässige Ausmitte $e_2 = b/3 = 0.43 \text{ m}$

Last [kN/m, kNm/m]	N	M	e [m]
Ständige Lasten (Gebrauchsfähigkeit)	40.4	-3.2	-0.08 < zul.e1
Gesamtlasten (Tragfähigkeit)	41.5	-5.9	-0.14 < 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	40.4	41.5 kN/m
Gleitwiderstand $R_{t,d} = N_{k,d} \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_g$	23.4	24.1 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)	18.7	23.0 kN/m
Nachweis $T_d / (R_{t,d} + E_{p,d})$	0.798	0.956 -

Nachweis gegen Grundbruch (GZ 1B)

Einwirkungen [kN/m]	N_k	N_d	H_{bk}	H_{ak}
	41.5	56.2	16.7	0.0

Rechnerische Breite $b' = b - 2 \cdot e_b$ $b' = 1.02 \text{ m}$
 Gewichteter Reibungswinkel $\phi = 32.50^\circ$
 Gewichtetes Raumgewicht über Sohle $\gamma_1 = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Gewichtetes Raumgewicht unter Sohle $\gamma_2 = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Länge der Grundbruchfuge: $L = 1.89 \text{ m}$
 Tiefe der Grundbruchfuge: $\max. d_s = 0.66 \text{ m}$

Tragfähigkeitsbeiwerte: $N_{b0} = 15.03$ $N_{d0} = 24.58$ $N_{c0} = 37.02$
 Lastneigungsbeiwerte: $i_b = 0.213$ $i_d = 0.357$ $i_c = 0.330$

Charakteristischer Grundbruchwiderstand $R_{n,k} = 220.3 \text{ kN/m}$
 Grundbruchwiderstand $R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{gr} = 220.3 / 1.40 = 157.3 \text{ kN/m}$
Nachweis $N_d = 56.2 < R_{n,d} = 157.3 \text{ kN/m}$

Charakteristische Sohlldrücke

Last	V_k [kN/m]	e [m]	σ_l [kN/m²]	σ_e [kN/m²]	$b - 2 \cdot e$ [m]	σ_m [kN/m²]
g+w	40.4	-0.08	42.3	19.8	1.14	35.3
g+w+ges.q	41.5	-0.14	52.9	11.0	1.02	40.9

Baustoffe: Normalbeton C 25/30 **BSt 500S(A)+BSt 500M(A)**
Größtkorn des Zuschlags $d_g = 32.0 \text{ mm}$

Expositionsklassenauswahl		mit Betondeckung:		
Ort	Expositionsklassen	c.min [mm]	$\delta_{a,c}$ [mm]	gew.c [mm]
außen :	XC4	25	15	40
innen :	XC2	20	15	35

Bemessungsschnittgrößen wand (Zugfaser aufgehende wand innen, Sporn unten)

Randabstand der Bewehrung innen $d_{li} = 5.0$, außen $d_{la} = 5.5 \text{ cm}$

Ort		1 aufgehende wand Mitte	2 aufgehende wand unten	3 Sporn Anschnitt
h	[cm]	20.0	20.0	40.0
di	[cm]	15.0	15.0	34.5

Ort		----- 1 ----- aufgehende wand Mitte	----- 2 ----- aufgehende wand unten	----- 3 ----- Sporn Anschnitt .
da	[cm]	14.5	14.5	34.5
msd(g)	[kNm/m]	1.0	8.1	9.2
nsd(g)	[kN/m]	-8.0	-18.7	-15.8
msd(g+q)	[kNm/m]	1.8	11.6	13.1
nsd(g+q)	[kN/m]	-8.8	-20.1	-19.5
max. qsd	[kN/m]	5.0	16.6	21.7
erf.as	[cm ² /m]	0.1	1.4	0.6

Biegebewehrung vertikaler winkelschenkel

 Wahl durchgehende Bewehrung [cm²/m]

Seite	Bew.-Richtung	min.as	max.as	-- Stabstahl --	- Matten -	vorh.as
innen	Längsbewehrung.	0.14	1.44	ds 12 / 25.0 cm	- x -	4.52
außen	Längsbewehrung.	0.00	0.00	ds 10 / 25.0 cm	- x -	3.14
innen	Querbewehrung.	0.03	0.29	ds 8 / 25.0 cm	- x -	2.01
außen	Querbewehrung.	0.00	0.00	ds 8 / 25.0 cm	- x -	2.01

Biegebewehrung Fundament

 Wahl durchgehende Bewehrung [cm²/m]

Seite	Bew.-Richtung	min.as	max.as	-- Stabstahl --	- Matten -	vorh.as
oben	Längsbewehrung.	0.00	0.00	ds 10 / 25.0 cm	- x -	3.14
unten	Längsbewehrung.	0.60	0.60	ds 12 / 25.0 cm	- x -	4.52
oben	Querbewehrung.	0.00	0.00	ds 8 / 25.0 cm	- x -	2.01
unten	Querbewehrung.	0.12	0.12	ds 8 / 25.0 cm	- x -	2.01

Querkraftnachweis für ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Druckstrebenwinkel: nach DIN 1045-1, 10.3.4, Gl. [73]

Ort	d	cot(theta)	VEd	VRd,ct	VRd,max	erf.asw,90
	[cm]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm ² /m]
-2- innen	15.0	3.00	16.6	53.9	270.9	-
-3- unten	34.5	3.00	21.7	92.3	892.5	-

Rissnachweis für quasi-ständige Einwirkungen

Rissnachweis für Lastbeanspruchung (nach 28 Tagen)

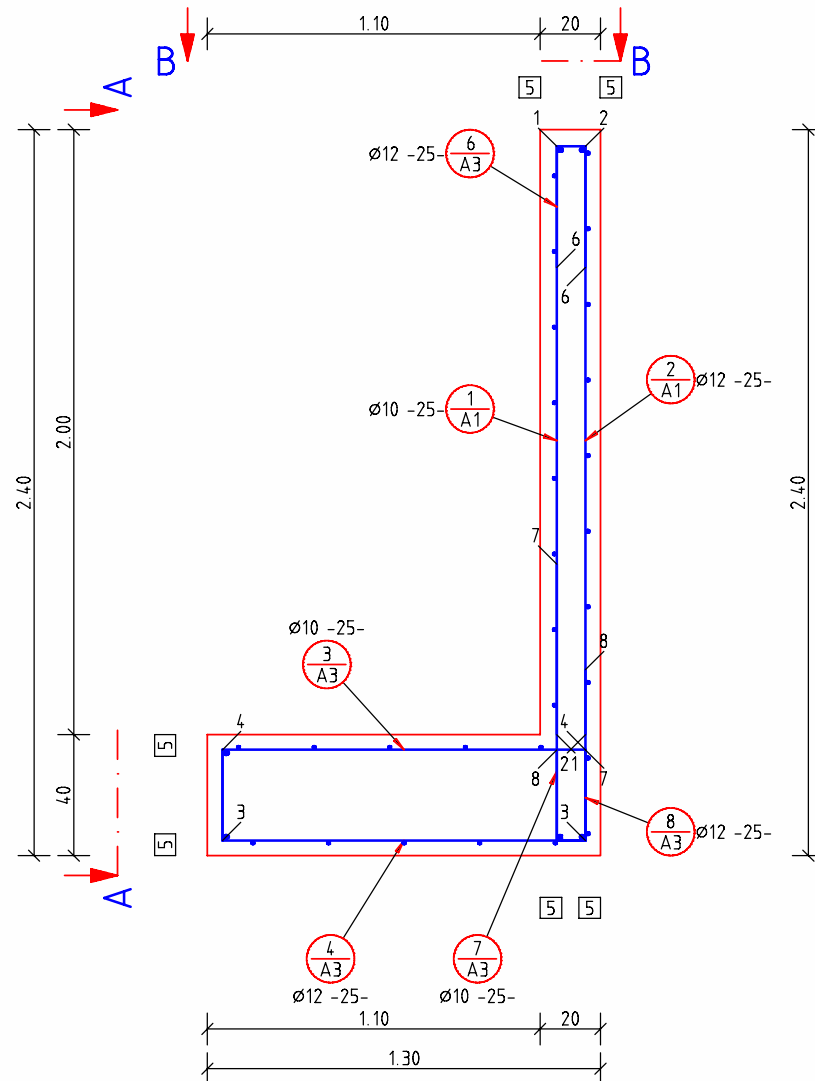
Nachweis der vorh. Rissbreite vorh.wk 11.2.4

Bezeichnung	Ort	Md	Nd	Dsm	min.As	vorh.As	vorh.wk	zul.wk
	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[mm]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[mm]	[mm]
-1- innen	-	0.98	-6.2	12.0	-	4.52	0.00	< 0.30
-2- innen	-	7.17	-14.3	12.0	-	4.52	0.03	< 0.30
-3- unten	-	8.14	-12.9	12.0	-	4.52	0.01	< 0.30

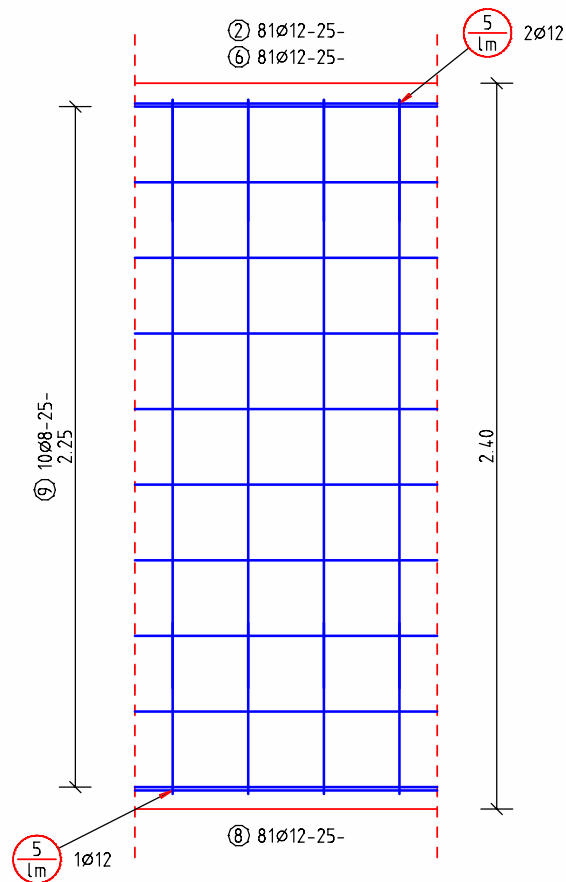
Pos.5 STÜTZWINKEL

M 1: 25, 20.00 lfdm, C 25/30, BSt 500A, c o/u/l/r = 4.5/4.4/5.0/4.4 cm
Exposition links: XC4, rechts/oben/unten: XC2

Querschnitt

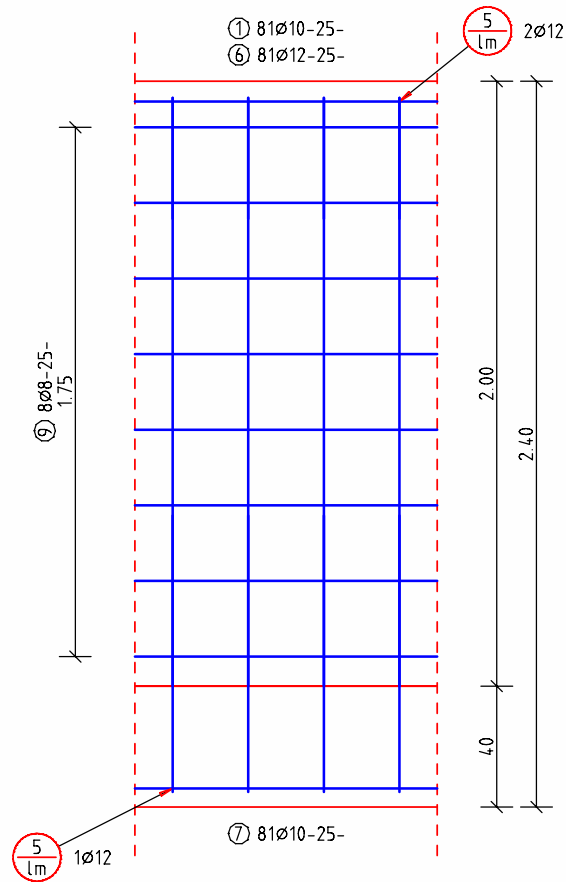


Schnitt A - A Wandbewehrung (rechts) (Pos.5)



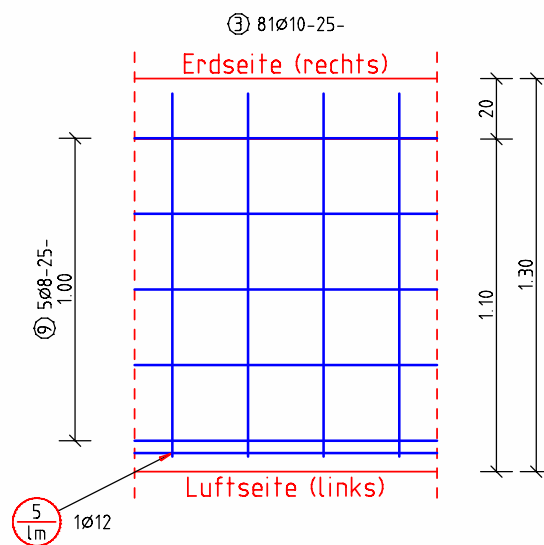
Schnitt A - A

Wandbewehrung (links) (Pos.5)



Schnitt B - B

Fundamentbewehrung oben (Pos.5)



Schnitt B - B

Fundamentbewehrung unten (Pos.5)

