

Florian Degiuli M. Sc.

Winkelstützwände zur Überbrückung von Geländesprüngen

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S530.de Stahlbeton-Winkelstützwand – EC 7, DIN EN 1997-1:2014-03

Winkelstützwände eignen sich hervorragend, um Höhenunterschiede im Gelände zu überbrücken. Die Berechnung einer Winkelstützwand beinhaltet die geotechnischen Standsicherheitsnachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sowie eine vollständige Stahlbetonbemessung des Wandschenkels und der Sporne.

The screenshot displays the BauStatik software interface for designing a corner retaining wall. The main workspace shows a technical drawing of the wall with the following dimensions: wall height of 2.50m, base width of 0.30m, and a total base width of 1.60m. The base consists of a 0.30m wide earth-side spur and a 1.05m wide air-side spur. The drawing is labeled 'Pos. 530 Winkelstützwand' and 'System M1:35'. The software title bar indicates 'S530 - mb-news S530.de - BauStatik 2019'.

Allgemeines

Winkelstützwände dienen der Sicherung von Geländesprüngen. Sie haben die Aufgabe, die Einwirkungen aus Bodeneigengewicht und Auflasten am Geländesprung aufzunehmen und sicher abzutragen.

Eine Winkelstützwand besteht gewöhnlich aus einer lotrechten Wand, die auf einem verbreiterten Fuß (Sohlplatte) eingespannt ist. Die Sohlplatte lässt sich in einen längeren, erdseitigen Sporn und einen kurzen, luftseitigen Sporn gliedern.

Die Berechnung von Winkelstützwänden mit dem Modul S530.de setzt voraus, dass das Stützbauwerk von der rechten Seite (Erddseite) durch den Erddruck belastet wird. Sobald auf der linken Seite (Luftseite) eine Vorschüttung oder Einbindetiefe vorhanden ist, kann diese als Erdwiderstand haltend in den Berechnungen Berücksichtigung finden.

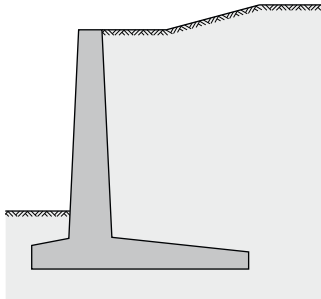


Bild 1. Systemgeometrie der Winkelstützwand

System

Im Kapitel „System“ sind neben dem Positionstyp die Geometrie der Winkelstützwand, der luft- und erdseitige Geländeverlauf, die Baugrundsituation sowie optional die zur Bemessung relevanten Wasserstände vorzugeben.

Vorbemerkung	System	Erddruck	Belastungen	Material/Querschnitt					
Nachweise		Ausgabe		Erläuterung					
Positionstyp <input type="checkbox"/>									
Art: Stützwand mit erd- und luftseitigem Sporn <input type="checkbox"/>									
Wandschenkel <input type="checkbox"/>									
h	2.500 m	Höhe des Wandschenkels							
J/N	<input type="checkbox"/> Länge der Winkelstützwand eingeben								
Sporne <input type="checkbox"/>									
l _{erd}	1.050 m	l _{luft}	0.300 m						
J/N	<input type="checkbox"/> Abmessungen vergrößern								
Sohlneigung <input type="checkbox"/>									
J/N	<input type="checkbox"/> Neigung der Sohlfuge eingeben								
Geländeverlauf luftseitig <input type="checkbox"/>									
h _{luft}	1.800 m	Abstand zw. GOK und Wandkopf							
Gel _{luft}	eben	Geländeform							
β _{luft}	0.00 °	Geländeneigung							
Geländeverlauf erdseitig <input type="checkbox"/>									
h _{erd}	0.000 m	Abstand zw. GOK und Wandkopf							
Gel _{erd}	eben	Geländeform							
β _{erd}	0.00 °	Geländeneigung							
Bodenkennwerte <input type="checkbox"/>									
	h [m]	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	φ [°]	c _a [kN/m ²]	c _p [kN/m ²]	δ _a [°]	δ _p [°]	δ ₀ [°]
1		18.0	10.0	30.00	0.0	0.0	20.00	0.00	0.00
Wasserstand ständig <input type="checkbox"/>									
J/N	<input type="checkbox"/> ständiges Grundwasser eingeben								
Wasserstand außergewöhnlich <input type="checkbox"/>									
J/N	<input type="checkbox"/> außergewöhnliches Grundwasser eingeben								

Bild 2. Eingabe „System“

Positionstyp

Es stehen die Positionstypen „Stützwand mit erd- und luftseitigem Sporn“, „Stützwand ohne luftseitigem Sporn“ und „Stützwand ohne erdseitigem Sporn“ zur Verfügung. Die Auswahl des Positionstyps steuert den weiteren Aufbau des Eingabekatalogs.

Geometrie der Winkelstützwand

Die Höhe des Wandschenkels sowie die Längen des luft- und erdseitigen Sporns sind vorzugeben. Weitere Detaillierungen erfolgen im Kapitel „Material/Querschnitt“.

Geländeverlauf

Für den luft- und erdseitigen Geländeverlauf kann jeweils eine ebene oder eine abgeboöchte Geländeform vorgegeben werden (vgl. Bild 1).

Baugrundsituation

Zur Ermittlung des Erddrucks und des Erdwiderstandes kann eine geschichtete Baugrundsituation berücksichtigt werden. Für die einzelnen Bodenschichten sind jeweils die üblichen Parameter wie Höhe der Bodenschicht, Wichte, Wichte unter Auftrieb, Reibungswinkel, Kohäsion sowie Wandreibungswinkel vorzugeben.

Wasserstände

Für die Ermittlung der Wasser- und Erddrücke können zwei im Boden vorherrschende Wasserstände eingetragen und berücksichtigt werden. Nach DIN 1054 [1] ist sowohl ein höchster als auch ein niedrigster Wasserstand festzulegen. Dabei wird der niedrigere Wasserstand als eine ständige Einwirkung behandelt, der höhere Wasserstand als eine außergewöhnliche Einwirkung. Die entstehenden Wasserdrücke (Trapezlasten) werden vom Modul errechnet und zu einer Gesamtergebnierenden zusammengesetzt.

Erddruck

Im Kapitel „Erddruck“ sind die Randbedingungen der Erddruckberechnung vorzugeben.

Grundlagen der Erddruckberechnung

Der belastende Erddruck und der Erdwiderstand werden gemäß DIN 4085 [2] bestimmt. Neben den Bodenparametern φ (Reibungswinkel), c (Kohäsion) und γ (Wichte) für die vorhandenen Bodenschichten, werden bei der Erddruckermittlung die Einflüsse des Grundwasserstandes, der Geländeauflasten und ggf. des Verdichtungserddrucks berücksichtigt. Bei Bedarf wird der Mindesterdruk angesetzt. Dies kann dann der Fall sein, wenn der Boden eine Kohäsion aufweist, wodurch negative oder zu geringe Erddrücke an der Geländeoberkante entstehen.

Belastungsfläche (Stand sicherheitsnachweise)

Für die geotechnischen Standsicherheitsnachweise ist die Belastungsfläche des Erddrucks („Erddruck auf Ersatzwand“, „Erddruck auf 1. Gleitfläche“) festzulegen.

Nach DIN 4085 [2] darf bei der Erddruckermittlung vereinfacht von einer fiktiven, senkrechten Gleitfläche (Ersatzwand) am Spornende als Rückwand ausgegangen werden (vgl. Bild 3 a), wobei die Neigung der Erddrucklast parallel zur Neigung der Geländeoberfläche anzusetzen ist ($\delta_a = \beta$). Das vereinfachte Verfahren ist allerdings in seiner Anwendung begrenzt. So untersagt die DIN 4085 [3] aus dem Jahre 1987 die Anwendung des vereinfachten Verfahrens bei begrenzten Oberflächenlasten, gebrochenem Geländeverlauf und geschichtetem Baugrund. In solchen Fällen ist die 1. Gleitfläche (Verfahren mit zwei Gleitflächen nach Mörsch) als Rückwand anzusetzen.

Das alternative Verfahren mit zwei Gleitflächen unterscheidet zwischen zwei Fällen. Bei einem langen, erdseitigen Sporn bilden sich die zwei Gleitflächen entsprechend Bild 3 b), der Erddruck ist auf der Fläche BCD anzusetzen und der Anteil des Erdkörpers zwischen Wand und 1. Gleitfläche im Bereich BC ist bei der Eigenlast der Wand zu berücksichtigen.

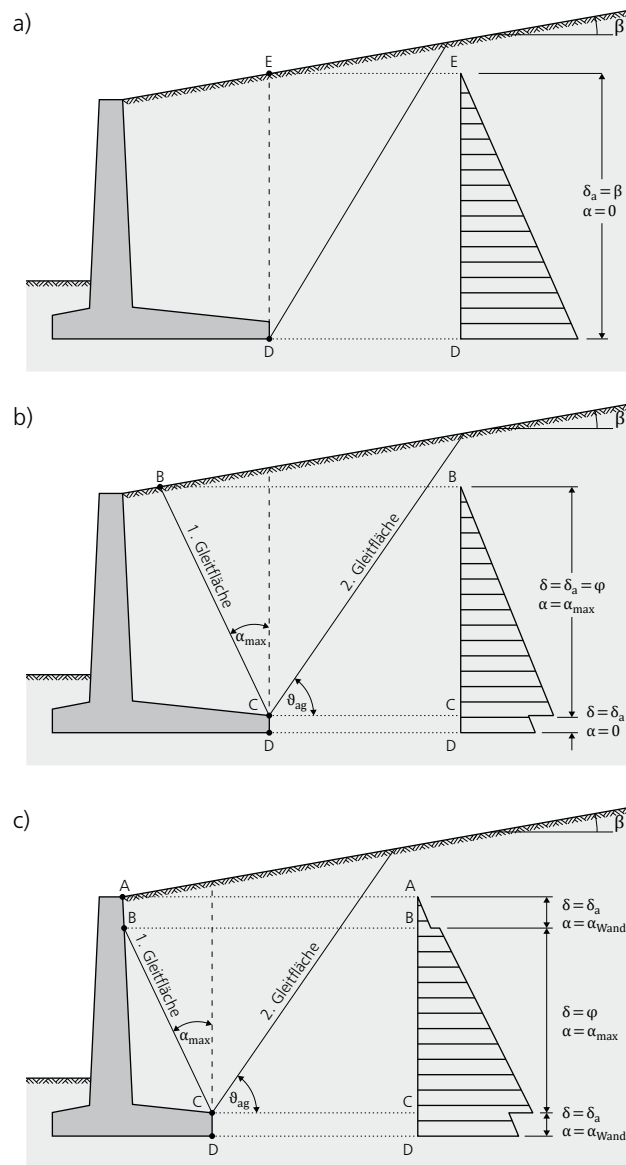


Bild 3. Erddruckansätze für die Standsicherheitsnachweise [4]

- a) Erddruck auf Ersatzwand
- b) Erddruck auf 1. Gleitfläche (langer, erdseitiger Sporn)
- c) Erddruck auf 1. Gleitfläche (kurzer, erdseitiger Sporn)

Wenn bei einem kurzen, erdseitigen Sporn die 1. Gleitfläche die Winkelstützwand im Punkt B schneidet (vgl. Bild 3 c), ist der Erddruck auf der Fläche ABCD anzusetzen. Auch hier kommt das Gewicht des Bodens im Bereich zwischen Wand und BC beim Eigengewicht der Wand hinzu [4].

Erddruckansätze des belastenden Erddrucks

Die Größe des belastenden Erddrucks ist maßgeblich von der horizontalen Verschiebung des Bodens bzw. des Bauwerks abhängig. Um dies bei der Erddruckermittlung berücksichtigen zu können, kann der Anwender getrennt für die Standsicherheitsnachweise und für die Stahlbetonbemessung zwischen den Erddruckansätzen „aktiver Erddruck“, „erhöhter aktiver Erddruck“ und „Erdruhedruck“ wählen. Für den erhöhten aktiven Erddruck muss zusätzlich der Faktor μ direkt vorgegeben werden. μ stellt den Anteil des aktiven Erddrucks dar.

Die DIN 4085 [2] gibt Richtwerte für den Erddruckansatz bei verschiedenen nachgiebigen Stützkonstruktionen an. Für Winkelstützwände empfiehlt die Norm den Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks mit $E'_{ah} = 0,5 \cdot E_{ah} + 0,50 \cdot E_{0h}$.

Erddruckumlagerung

Der belastende Erddruck wird standardmäßig an einem um den Wandfuß verdrehbaren System ermittelt. Ergibt sich aus der Wandkonstruktion andere Verformungsbilder, ist der Erddruck flächengleich umzulagern. Im Modul S530.de kann der Erddruck entsprechend DIN 4085 [2], Tabelle C.1 in eine dreieckige, trapezförmige oder rechteckige Erddruckfigur umgelagert werden.

Wandbewegung	Vereinfachte Erddruckverteilung
Drehung um den Wandfuß 	
Parallele Bewegung 	
Drehung um den Wandkopf 	
Durchbiegung 	

Tabelle 1. Erddruckumlagerung bei nichtbindigen Böden infolge verschiedener Verformungsfiguren [2]

Verdichtungserddruck

Der Verdichtungserddruck nach DIN 4085 [2] kann optional für die Stahlbetonbemessung berücksichtigt werden. Nach [5] ist der Verdichtungserddruck nicht für die Standsicherheit anzusetzen.

Der Verdichtungserddruck hängt wesentlich von dem Verdichtungsgerät (Art der Verdichtung), der Breite des zu verfüllenden Raumes und der Nachgiebigkeit der Wand ab. Bei ausreichender Verformung (nachgiebige Wand) wird sich anstelle des Erdruhedruckes der aktive Erddruck einstellen und der zusätzliche Verdichtungserddruck ist geringer als bei einer unnachgiebigen Wand.

Belastungen

Das Modul ermittelt standardmäßig den Erddruck und optional den Erdwiderstand infolge der Bodeneigenlast. Darüber hinaus können zusätzliche Gelände- und Wandlasten berücksichtigt werden.

Bild 4. Eingabe „Belastungen“

Geländelasten

Geländelasten beeinflussen den Erddruck und den Erdwiderstand. Sie können sowohl auf der Luftseite als auch auf der Erdseite an der Geländeoberkante oder unter der Geländeoberkante als Gründungslasten angreifen.

Bei der Ermittlung der Erddruckfiguren können folgende Lasten berücksichtigt werden:

- Geländeauflasten (luftseitig, erdseitig)
- Streifenlasten (erdseitig)
- Blockflächenlasten (erdseitig)
- vertikale Linienlasten (erdseitig)
- horizontale Linienlasten (erdseitig)
- vertikale Blocklinienlasten (erdseitig)
- horizontale Blocklinienlasten (erdseitig)
- streifenförmige Gründungslasten (erdseitig)
- blockförmige Gründungslasten (erdseitig)

Wandlasten

Am Wandschenkel können horizontale Trapezflächenlasten und Linienlasten in Form von Horizontal- oder Vertikalkräften und Momenten definiert und für die Stahlbetonbemessung berücksichtigt werden.

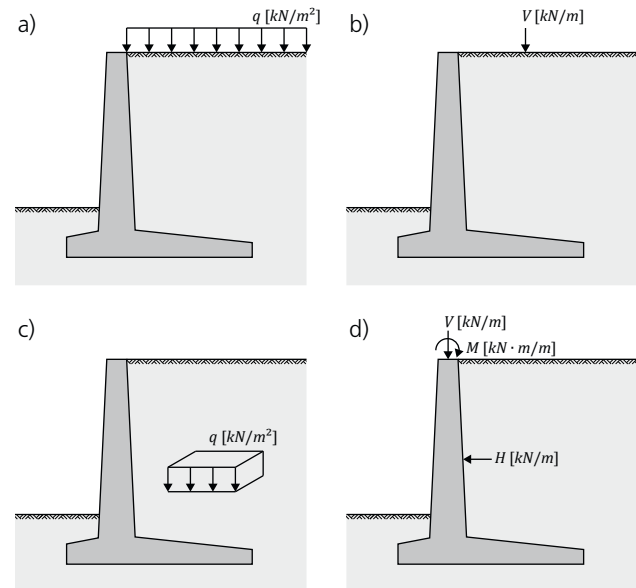


Bild 5. Lastarten

- a) - c) Geländelasten
d) Wandlasten

Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ werden die Materialien und die Querschnittsparameter der Winkelstützwand festgelegt.

Materialien

Als Betongüte stehen dem Anwender alle Normal- und Leichtbetone nach DIN EN 1992-1-1 [6] zur Auswahl. Falls erforderlich, können dem Wandschenkel und den Spornen unterschiedliche Betongüten sowie abweichende Betonwichten zugeordnet werden. Zur Ermittlung der Längs- und Querkraftbewehrung ist die Stahlgüte der Betonstäbe gemäß DIN 488-1 [7] vorzugeben.

Querschnittsparameter der Winkelstützwand

Für den Wandschenkel ist die Wanddicke sowie die luftseitige und erdseitige Neigung der Wandfläche vorzugeben. Zudem sind die Höhen des luftseitigen und erdseitigen Sporns am Spornende und am Anschnitt zum Wandschenkel zu definieren.

Expositionsklassen

Die Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1, Tabelle 4.1 [6] werden vom Anwender für alle Bauteilseiten direkt vorgegeben. Die daraus resultierenden Anforderungen an das Bauteil bezüglich Betondeckung und Mindestfestigkeitsklasse werden automatisch berücksichtigt.

Alternativ kann zur Ermittlung der erforderlichen Bewehrung anstatt der Expositionsklasse direkt der Achsabstand der Bewehrung vom Bauteil „Wand“ manuell vorgegeben werden.

Nachweise

Im Kapitel „Nachweise“ werden die gewünschten Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1 [8] und DIN 1054 [1] und die nachzuweisende Bemessungssituation definiert.

Des Weiteren kann eine Stahlbetonbemessung für die Wandschenkel und für die Sporne geführt werden. Die Bemessung des Wandschenkels kann wahlweise für den maßgebenden Bemessungsschnitt oder für manuell vorgegebene Auswertungsstellen durchgeführt werden. Die Berücksichtigung der Mindestlängs- und Mindestquerbewehrung kann über den Eingabedialog an- und ausgeschaltet werden.

Die Kombinationsbildung erfolgt im Modul S530.de standardmäßig automatisch. Alternativ kann die Kombinationsbildung manuell vom Anwender vorgegeben werden.

The screenshot shows the 'Nachweise' (Proofs) configuration window. It is divided into several sections:

- Kombinatorik:** 'Art' is set to 'automatische Kombination der Einwirkungen'.
- Nachweise im Grundbau:** 'Nachweise im Grundbau führen' is checked.
- Bemessungssituation:** 'Situation' is set to 'ständige Situationen'.
- Grenzzustand der Tragfähigkeit:** 'Nachweis der Kippsicherheit', 'Nachweis der Gleitsicherheit', and 'Nachweis der Grundbruchsicherheit' are checked.
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:** 'Nachweis der 1. Kernweite' and 'Nachweis der 2. Kernweite' are checked.
- Sohldruckbeanspruchung:** 'Sohldruck' is unchecked.
- Stahlbetonbemessung:** 'Stahlbetonbemessung durchführen' is checked.
- Mindestbewehrung:** 'Mindestlängsbewehrung berücksichtigen' and 'Mindestquerkraftbewehrung berücksichtigen' are checked.
- Bemessungsschnitte des Wandschenkels:** 'Art' is set to 'maßgebender Bemessungsschnitt'.
- Zulässige Ausnutzungsüberschreitungen und -unterschreitungen:** 'vorgeben' is unchecked.

Bild 6. Eingabe „Nachweise“

Grenzzustände und Bemessungssituationen

Winkelstützwände sind in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich der inneren (Stahlbetonbemessung) und äußeren Standsicherheit (geotechnische Standsicherheitsnachweise) nachzuweisen.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit dürfen nach DIN EN 1997-1 [8] folgende Grenzzustände nicht überschritten werden:

- Grenzzustand EQU: Verlust der Lagesicherheit des als starrer Körper angesehenen Bauwerks oder des Baugrunds
- Grenzzustand STR: Inneres Versagen oder sehr große Verformung des Bauwerks oder seiner Bauteile
- Grenzzustand GEO: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrunds

Das erforderliche Sicherheitsniveau eines Bauwerks ist von der Bemessungssituation abhängig. Gemäß DIN EN 1997 [8] und DIN 1054 [1] wird unterschieden in:

- Bemessungssituation BS-P: ständige Situationen (persistent)
- Bemessungssituation BS-T: vorübergehende Situationen (transient)
- Bemessungssituation BS-A: außergewöhnliche Situationen (accidental)
- Bemessungssituation BS-E: Situationen bei Erdbeben (earthquake)

Stahlbetonbemessung

Eine Stahlbetonbemessung wird getrennt für den Wandschenkel und die Sporne geführt. Hier wird neben der erforderlichen Längsbewehrung auch die Querkraftbewehrung unter Berücksichtigung der jeweils relevanten Mindestbewehrung ermittelt.

Im Regelfall ist die Bemessung des Wandschenkels am Anschnitt zur Sohlplatte maßgebend, ebenso erfolgt die Bemessung der Sporne an den jeweiligen Wandanschnitten.

The screenshot shows the 'Bemessung (GZT)' (Design) output window. It contains several tables:

- Achsabstand:** Table with columns: Bauteil, Seite, d', c_{min}. Rows for Wand (luftseitig, erdseitig) and Sporn (oben, unten).
- Biegebemessung:** Section header: Berücksichtigung der Mindestlängsbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.1.1(4). Table with columns: z, Seite, Ek, M_{Ed}, N_{Ed}, a_s, min a_s. Rows for Wand (luftseits, erds.) and Sporn (luftseitig, erdseitig).
- Querkraftbemessung:** Section header: Berücksichtigung der Mindestquerkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, NDP Zu 9.2.2(5). Table with columns: z, Ek, θ, V_{Ed}, V_{Ed,c}, V_{Ed,max}, a_{sw}. Rows for Wand, Sporn (luftseitig, erdseitig), and erf. Bewehrung.
- erf. Bewehrung:** Section header: Biege- und Querkraftbewehrung. Table with columns: z, a_s, a_{sw}. Rows for Wand and Sporne (luftseitig, erdseitig).

Bild 7. Ausgabe „Bemessung (GZT)“

Geotechnische Standsicherheitsnachweise

Im Modul S530.de können folgende geotechnische Standsicherheitsnachweise geführt werden:

- GZ EQU
 - Nachweis der Kippsicherheit
- GZ Geo-2
 - Nachweis der Gleitsicherheit
 - Nachweis der Grundbruchsicherheit
 - Nachweis des Sohldruckes
- GZ Geo-3
 - Nachweis der Geländebruchsicherheit
- GZ SLS
 - Nachweis der 1. Kernweite
 - Nachweis der 2. Kernweite

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe zur Verfügung gestellt. Der Ausgabeumfang kann in gewohnter Weise gesteuert werden.

Neben maßstabsgetreuen Systemskizzen werden die Schnittgrößen, Kombinationen, Material- und Querschnittsparameter sowie die Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und Einstellungen des Anwenders in übersichtlicher tabellarischer Form ausgegeben.

Florian Degiuli M. Sc.
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN 1054:2010-12, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 19971.
- [2] DIN 4085:2017-08, Baugrund – Berechnung des Erddrucks.
- [3] DIN 4085:1987-02, Baugrund – Berechnung des Erddrucks.
- [4] Witt, K. J. (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch – Teil 1. Ernst & Sohn, 8. Auflage, 2017
- [5] Hettler, A.; Kurrer, K.-E.: Erddruck. Ernst & Sohn, 2019.
- [6] DIN EN 199211:201101, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken – Teil 1 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [7] DIN 4881:200908, Betonstahl – Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung.
- [8] DIN EN 19971:2014-03, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.

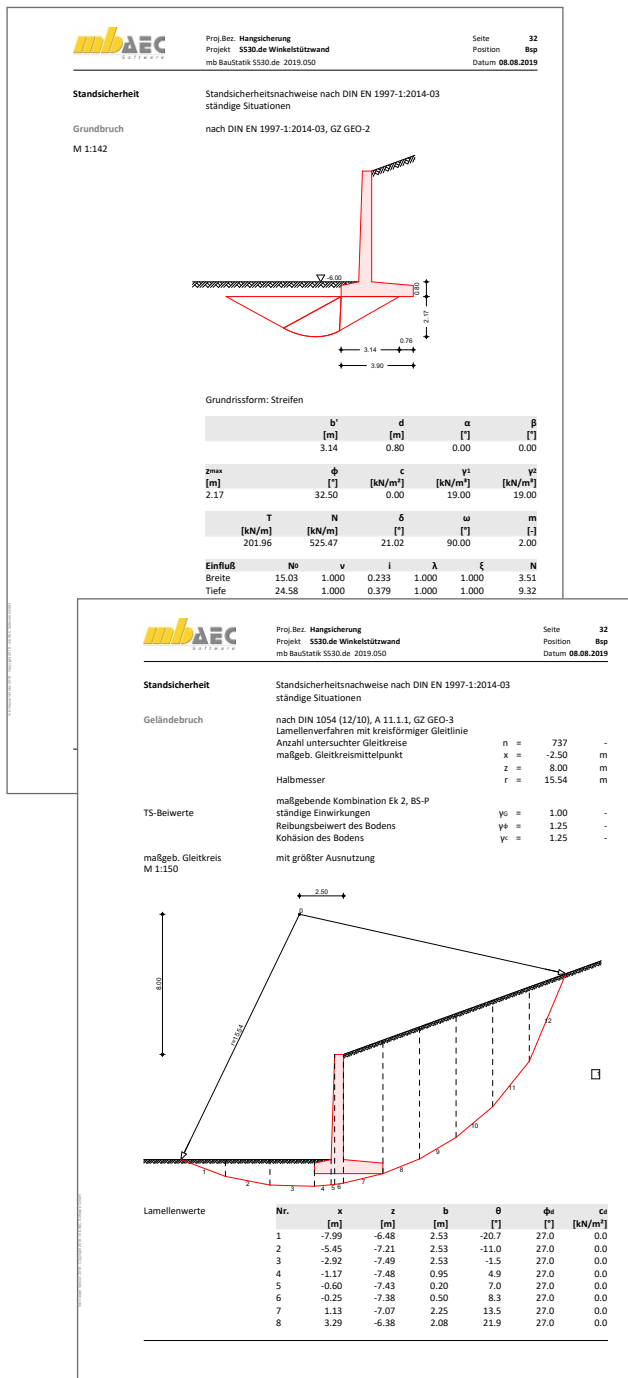


Bild 8. Nachweis der Grundbruch- und Geländesicherheit

Preise und Angebote

S530.de Stahlbeton-Winkelstützwand – **390,- EUR**
 EC 7, DIN EN 1997-1:2014-03
 Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: August 2019

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de