

Mastfundament FDM+

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------------|----|
| Anwendungsmöglichkeiten | 2 |
| Berechnungsgrundlagen | 3 |
| Eingabe | 4 |
| Grundparameter | 4 |
| System | 5 |
| Fundament | 5 |
| Stütze | 5 |
| Boden | 5 |
| Grundwasser | 5 |
| Gelände | 6 |
| Belastung | 7 |
| Lastfälle | 8 |
| Bemessung | 9 |
| Ausgabe | 11 |

Grundlegende Dokumentationen, Hotline-Service und FAQ

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie „Allgemeine Dokumente und Bedienungsgrundlagen“ auf unserer Homepage www.friло.eu unter CAMPUS im Downloadbereich (Handbücher).

Tipp 1: Bei Fragen an unsere Hotline lesen Sie [Hilfe – Hotline-Service – Tipps](#).

Siehe auch Video [FRILO-Service](#).

Tipp 2: Zurück im PDF - z.B. nach einem Link auf ein anderes Kapitel/Dokument – geht es mit der Tastenkombination <ALT> + „Richtungstaste links“

Tipp 3: Häufige Fragestellungen finden Sie auf www.friло.eu unter ▶ Service ▶ Support ▶ [FAQ](#) beantwortet.

Tipp 4: Hilfedatei nach Stichwörtern durchsuchen mit <Strg> + F

Anwendungsmöglichkeiten

Bei Mastfundamenten handelt es sich um im Boden gebettete Blockfundamente, die in erster Linie durch ein Moment beansprucht werden und deren Standsicherheit durch den Erdwiderstand sichergestellt wird. Für diese Fundamente wird der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach einem im Jahre 1945 in der Schweiz von Sulzberger veröffentlichten Bettungszifferverfahren geführt. Die verwendete Bettungsziffer ist nach Sulzberger abhängig von der Fundamentdicke und dem Winkel der inneren Reibung (Gleichung [3] des nachstehend erwähnten Artikels von Steckner). Sie wird vom Programm entsprechend bestimmt. Sebastian Steckner veröffentlichte in der Zeitschrift Bautechnik (66/1989 S.55) den Artikel „Gebrauchstauglichkeits- und Standsicherheitsnachweis für eingespannte Blockfundamente“, in dem Unstimmigkeiten in der Theorie von Sulzberger korrigiert und Klarstellungen im Übergangsbereich bei Überwindung der Sohlreibung vorgenommen sowie das Verfahren von Sulzberger für eine geneigte Geländeoberfläche erweitert und eine Beziehung zwischen Bettungsziffer und Erddruckbeiwert hergestellt werden. Außerdem beschreibt er zusätzlich ein Rechenmodell für den Standsicherheitsnachweis. Entsprechend diesem Artikel wird der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und der Standsicherheit geführt. Zusätzlich führt das Programm noch die Bemessung des Fundamentes durch. Nach dem Artikel von Steckner können einachsig beanspruchte Blockfundamente (beansprucht durch N, M, H) nachgewiesen werden, deren Abmessungen sich im Bereich $2/3 < D/A \leq 4$ (mit A = Breite in Beanspruchungsrichtung und D = Fundamentdicke) bewegen. Damit wird eine Abgrenzung gegenüber Flachfundamenten und Pfahl oder wandartigem Fundament vorgenommen.

Das Programm FDM+ weist ergänzend zum Artikel von Steckner zweiachsig belastete Systeme nach. Dabei können beliebig viele Bodenschichten und vierseitig unterschiedliches Gelände sowie Grundwasser definiert werden. Abweichend vom Artikel wird wie folgt vorgegangen: Die beiden Bemessungsrichtungen X und Y werden abhängig vom Vorzeichen des resultierenden Momentes am Stützenfuß ermittelt. Danach wird der jeweilig wirkende Erddruck an jeder der 4 Außenseiten ermittelt und das Fundament spannt sich rundherum in den Boden ein. Dabei wirken aktiver und passiver Erddruck einspannend, an den jeweiligen Stirnseiten wirkt über Erdruhedruck eine Reibung und zusätzlich wird eine Sohlreibung aktiviert und ggf. überwunden. Zu wieviel Prozent eine Fundamentseite aktivem bzw. passivem Erddruck oder Erdruhedruck unterliegt, wird über den Winkel Omega des resultierenden Momentes in der Draufsicht ermittelt. Iterativ wird die Höhe einer Nulllinie ermittelt, in welcher sich die Summe der horizontalen Kräfte unter dem Winkel Omega nahe 0 einstellt. Im Anschluss wird aus den resultierenden Erdrücken das widerstehende Moment gebildet und dem einwirkenden Moment im Standsicherheitsnachweis gegenübergestellt. Dabei kommen die Sicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände der gewählten Bemessungsnorm zur Anwendung. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird analog des Artikels mit gemittelten Bodenschichtparametern geführt. Optional kann die Ausgabe im Ausgabeprofil des Programms schrittweise detaillierter gestaltet werden, so dass sich das Rechenergebnis aus den ausgegebenen Zwischenergebnissen und verwendeten ausgegebenen Formeln ergibt. Der passive Erddruck oberhalb der Nulllinie kann optional umgelagert und prozentual begrenzt werden. Er unterliegt weiterhin einer programmseitig ermittelten Begrenzung, so dass rechnerisch keine abhebende Sohldruckresultierende auftreten kann.

!!Achtung: Das Programm FDM+ Mastfundament ist dazu gedacht, Fundamente von Masten aller Art sowie Stützen für Lärmschutzwände, Signaltafeln und ähnlichem nachzuweisen. Falls Lasteingaben und Systemabmessungen zu einem abweichenden Traglastverhalten führen, so ist ein anderes Rechenverfahren erforderlich und damit ggf. auch ein anderes Programm zu verwenden.

Berechnungsgrundlagen

Normen

Wählen Sie hier die gewünschte Stahlbetonnorm aus. Alle weiteren erforderlichen Normen werden automatisch passend in der richtigen Version verwendet.

- EN 1992: 2010/2014
- DIN EN 1992: 2011/2012/2013/2015
- ÖNORM EN 1992: 2011/2018
- BS EN 1992: 2004/2009/2015
- NF EN 1992:2016
- PN EN 1992: 2010

- Ältere Normen (DIN 1045-1, ÖNORM B4700) stehen ebenfalls zur Auswahl
- Bautechnik 66 (1989) H.2 Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften

Unterstützung aller 3 Nachweisverfahren nach Eurocode 7, einstellbar für alle nationalen Anhänge.



Eingabe

Die Eingabe der Werte und Steuerparameter erfolgt im Menü auf der linken Seite. In der Grafik auf der rechten Seite lässt sich die Wirkung der Eingaben sofort kontrollieren. Vor der ersten Eingabe können Sie bei Bedarf die Maßeinheiten (cm, m ...) über Datei ▶ [Programmeinstellungen](#) ändern.

Assistent

Der [Eingabeassistent](#) erscheint standardmäßig/automatisch beim Programmstart, kann aber abgeschaltet werden.

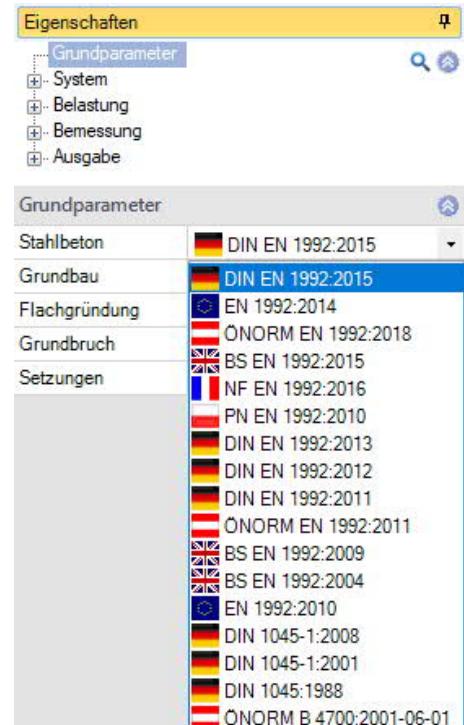
Eingabemöglichkeiten in der 3D-Grafik

Die Beschreibung der Eingabemöglichkeiten im Grafikfenster wird im Dokument „[Bedienungsgrundlagen-PLUS](#)“ beschrieben.

Grundparameter

Stahlbeton

Hier wählen Sie die gewünschte [Stahlbetonnorm](#).



| Stahlbeton | DIN EN 1992:2015 |
|---------------|-------------------------|
| Grundbau | DIN EN 1992:2015 |
| Flachgründung | EN 1992:2014 |
| Grundbruch | ÖNORM EN 1992:2018 |
| Setzungen | BS EN 1992:2015 |
| | NF EN 1992:2016 |
| | PN EN 1992:2010 |
| | DIN EN 1992:2013 |
| | DIN EN 1992:2012 |
| | DIN EN 1992:2011 |
| | ÖNORM EN 1992:2011 |
| | BS EN 1992:2009 |
| | BS EN 1992:2004 |
| | EN 1992:2010 |
| | DIN 1045-1:2008 |
| | DIN 1045-1:2001 |
| | DIN 1045:1988 |
| | ÖNORM B 4700:2001-06-01 |

System

Material

Auswahl der Betonart (Normal/Leichtbeton), Betongüte und Betonstahlgüte.

Lage Fundament

Die globale auf die Fundamentachse bezogene Lage wird nur für die Kommunikation mit anderen Programmen wie GEO und SBR+ benötigt.

Bemerkungen

Geben Sie hier einen Bemerkungstext ein ([Bemerkungsseditor](#)).

Dieser erscheint dann im Ausdruck der Position.

Fundament

Im Fundamentgrundriss ist die x-Richtung positiv nach rechts und die y-Richtung positiv nach oben definiert.

| | |
|------------------------|--|
| Fundament | Rechteck- oder Kreisfundament |
| Breite | Fundamentabmessung in x-Richtung |
| Länge | Fundamentabmessung in y-Richtung |
| Durchmesser | Fundamentabmessung bei Kreisform |
| Höhe | Fundamenthöhe |
| Gelände seitengleich | Definieren Sie hier, ob das Gelände um das Fundament herum überall gleich sein soll. Diese Einstellung hat Einfluss auf die Erddruckberechnung und kann Einfluss auf die Grundbruchberechnung haben. |
| Mittlere Einbindetiefe | Geringste Gründungstiefe unter Gelände. |
| Wichte γ | Wichte des Betons |

| Parameter | Wert | Einheit |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Fundament | Rechteckfundament | |
| Breite | x | Rechteckfundament Kreisfundament |
| Länge | y [m] | 1.00 |
| Höhe | z [m] | 2.00 |
| Gelände seitengleich | | <input checked="" type="checkbox"/> |
| mittlere Einbindetiefe | d [m] | 2.00 |
| Wichte | γ [kN/m³] | 25,00 |

Stütze

Angaben zur Stütze (rechteckig oder kreisförmig, Geometrie und Bewehrungslage).

Boden

| | |
|---------------------------------|--|
| Wichte γ | Wichte des Bodens |
| Wichte unter Auftrieb | Wichte der Bodenschicht unter Auftrieb. Definieren Sie Grundwasser zur Nutzung dieses Eingabewertes. |
| Reibungswinkel Sohle φ' | Reibungswinkel des Bodens oberhalb bzw. unterhalb der Fundamentsohle. |
| Kohäsion c' | Kohäsion des Bodens |

| Parameter | Wert | Einheit |
|-----------------------|-------------------|---------|
| Wichte | γ [kN/m³] | 20,00 |
| Wichte unter Auftrieb | γ' [kN/m³] | 10,00 |
| Reibungswinkel | φ' [°] | 30,0 |
| Kohäsion | c' [kN/m²] | 0,00 |
| Dialog | | öffnen |

Über den Dialogbutton öffnen Sie eine Tabelle zur Eingabe von (weiteren) Bodenschichten.

Grundwasser

Bei Grundwasser markieren Sie die Option Grundwasser vorhanden und geben Sie den Grundwasserstand an. Definieren Sie negative Werte für Grundwasser unterhalb der Gründungssohle.

Gelände

Geländehöhe über NHN

Die Geländehöhe über NHN bezieht sich auf die Oberkante der Erdanschüttung auf der linken Seite des Fundaments bzw. im negativen X-Bereich. Sie ist für Gelände oberhalb des Meeresspiegels positiv.

Rundherum gleich

Das Gelände kann für jede der vier Fundamentstirnseiten unterschiedlich definiert werden. Entfernen Sie dazu das Häkchen der Option „Rundherum gleich“ – die Eingabe wird entsprechend erweitert.

Einbindetiefe

Einbindetiefe des Gründungskörpers.

Geländeauflast

Zusätzliche charakteristische ständige Flächenlast auf der Grundbruchfigur, welche den charakteristischen Durchstanzwiderstand erhöht.

Böschung

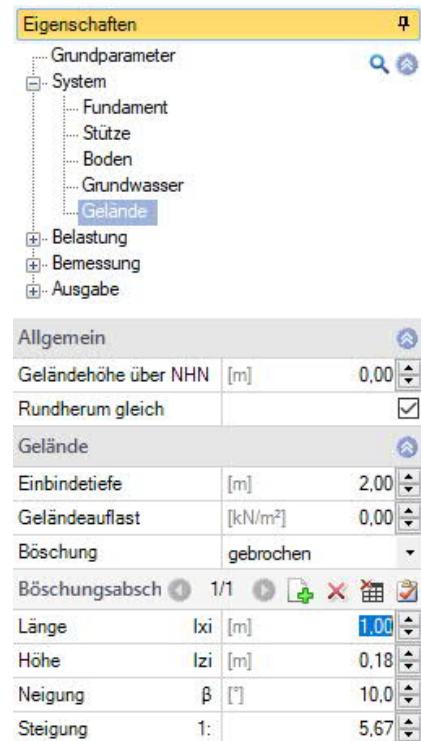
Die Geländeoberkante kann waagerecht, mit einer kontinuierlichen Neigung oder einer gebrochenen Böschung modelliert werden.

- Kontinuierlich:

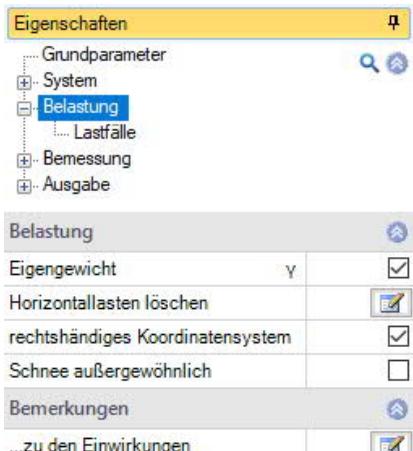
Hier können Sie eine Berme und die Neigung definieren.

- Gebrochen:

Eingabe der Böschungsabschnitte. Über das „+“ Symbol wird jeweils eine neue Tabellenzeile für einen weiteren Abschnitt erzeugt. Parameter sind Länge, Höhe bzw. Neigung bzw. Steigung (die Höhe passt sich automatisch über die Neigung an).



Belastung

| | | |
|---|--|---|
| Eigengewicht γ | Automatische Berücksichtigung des Eigengewichtes. Bei Grundwasser oberhalb der Sohle lässt sich das Eigengewicht nicht deaktivieren. |  |
| Horizontallasten löschen | Hier können Sie sämtliche Horizontallasten mit einem Klick löschen! Dies kann in den Fällen hilfreich sein, in welchen viele Lastfälle aus anderen Programmen (GEO, B5...) importiert wurden. | |
| rechtshändiges Koordinatensystem (neuer Standard) | Koordinatensystem, welches auch als rechtshändiges Koordinatensystem oder Rechte Hand Regel bezeichnet wird. Es entspricht der Vorzeichendefinition der technischen Mechanik. Positive um die X-Achse drehende Momente erzeugen Druck unten bzw. im negativen Y-Bereich des Fundamentes. Positive um die Y-Achse drehende Momente erzeugen Druck rechts bzw. im positiven X-Bereich des Fundamentes. Ist diese Option deaktiviert (bisherige Definition im Programm), so erzeugen positive Momente Druck rechts oben bzw. im positiven X/Y- Bereich des Fundamentes. In der Grafik werden für beide Varianten die Zahlen mit ihren absoluten Beträgen dargestellt, die Pfeile dienen zur Darstellung der tatsächlichen Wirkungsrichtung. Die Zahlen in den Eingabefeldern und in Ausgabe sind mit Vorzeichen behaftet. Wird die Vorzeichendefinition gewechselt, so ändert sich das Vorzeichen der Momente um die X-Achse. | |
| Schnee außergewöhnlich | Bei markierter Option werden zusätzlich zu den gewöhnlichen Bemessungssituationen die Schneelasten auch als außergewöhnliche Einwirkung angesetzt. Der Lastfaktor für die außergewöhnlichen Schneelasten kann dabei frei vorgegeben oder automatisch vom Programm ermittelt werden. Der Standardwert ist 2,3. | |

Hinweis: Die Horizontallasten der einzelnen Lastfälle sind unter dem nachfolgenden Punkt „Lastfälle“ zu finden/einzugeben.

Bemerkungen

Geben Sie hier einen Bemerkungstext ein ([Bemerkungseditor](#)).
Dieser erscheint dann im Ausdruck der Position.

Lastfälle

Den ersten Lastfall geben Sie direkt in die Eingabemaske ein oder alternativ direkt in die Lastfalltabelle, die Sie über das Register  **Lastfall** unter der Grafik einblenden können.

Lastfallsymbolleiste: 1/2 siehe [Tabelleneingabe](#)
(Bedienungsgrundlagen)

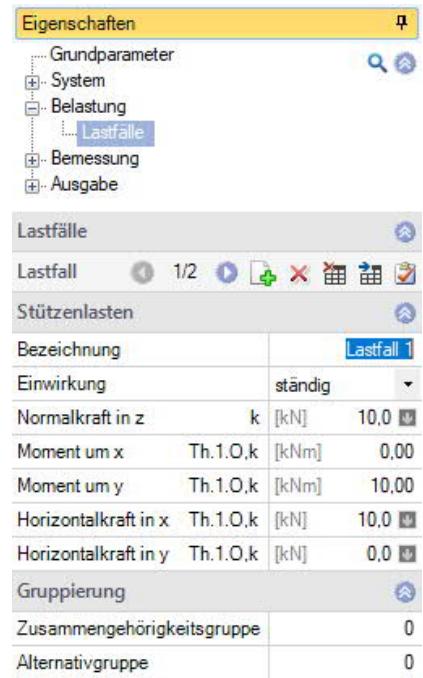
Für jeden weiteren Lastfall erzeugen Sie zunächst über das -Symbol einen neuen Lastfall (eine neue leere Lastfalleingabemaske wird angezeigt).

Tipp: Die Erklärung zu den einzelnen Eingabefeldern wird in der Statuszeile angezeigt, sobald Sie in ein Eingabefeld klicken.

| | | |
|------------------------|---|--|
| Bezeichnung | Eingabemöglichkeit für eine kurze Bezeichnung | Normalkraft in z k |
| Einwirkung | Kategorie bzw. Art der Einwirkung der Last | Moment um x Th.1.0,k Moment um y Th.1.0,k |
| Normalkraft in z | Vertikalkraft (charakteristisch). | Horizontalkraft in x Th.1.0,k Horizontalkraft in y Th.1.0,k |
| Moment um x/y | Moment (charakteristisch) um die X/Y-Achse. | Gruppierung |
| Horizontalkraft in x/y | Horizontalkraft (charakteristisch) in X/Y-Richtung. | Zusammengehörigkeitsgruppe |
| Zus.gehörigkeitsgruppe | Zuordnung der Last zu einer Gruppe gemeinsam wirkender Lasten. Die Gruppe wird durch eine vom Anwender einzugebende Gruppennummer definiert. Lasten, die einer Zusammengehörigkeitsgruppe zugeordnet sind, wirken stets gemeinsam. Lasten einer Zusammengehörigkeitsgruppe müssen einer Einwirkungsgruppe zugehören. | Alternativgruppe |
| Alternativgruppe | Zuordnung der Last zu einer Gruppe sich gegenseitig ausschließender Lasten. Die Gruppe wird durch eine vom Anwender einzugebende Gruppennummer definiert. | |

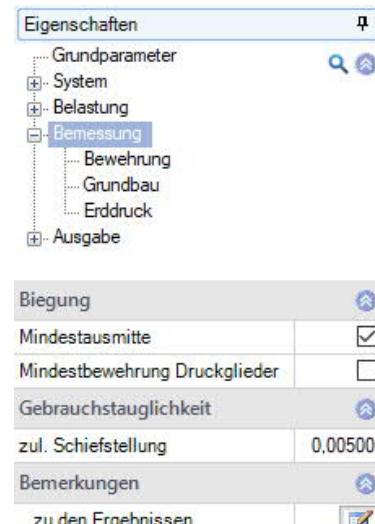
Lastwertzusammenstellung

Über das „Pfeilsymbol“  kann eine Lastwertzusammenstellung aufgerufen werden – siehe Beschreibung im Programm [LAST+](#).



Bemessung

| | |
|---------------------|--|
| Mindestausmitte | Berücksichtigung von Mindestausmitten für Druckglieder nach EN 1992-1-1 6.1 (4). |
| Mindestbewehrung | Mindestbewehrung für duktile Bauteilverhalten. |
| Zul. Schiefstellung | Für die Schiefstellung des Fundamentes können insbesondere Werte von 0,01 für Freileitungsmaste oder 0,005 für Fahrleitungsmaste zugelassen werden. Bei 0,01 werden allerdings schon Verschiebungen erreicht, die zur Entwicklung des vollen passiven Erddruckes und damit zu bleibenden Deformationen des Erdreiches führen können. Überall dort, wo eine bleibende Schiefstellung unerwünscht ist, sollten keine größeren Werte als 0,005 zugelassen werden. |



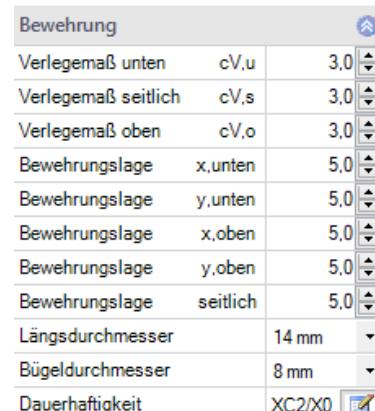
Bemerkungen

Geben Sie hier einen Bemerkungstext ein ([Bemerkungseditor](#)).

Dieser erscheint dann im Ausdruck der Position.

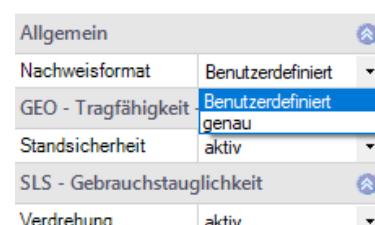
Bewehrung

| | |
|------------------|---|
| cV,u | Verlegemaß der vorgegebenen Bewehrung auf der Unterseite des Fundamentes. Die vorgegebene Bewehrung wird entsprechend dieses Verlegemaßes in den Fundamentkörper hinein konstruiert. Darauf aufbauend entstehen 2D- und 3D-Grafiken. |
| cV,s | Verlegemaß der vorgegebenen Bewehrung auf den Außenseiten des Fundamentes. |
| cV,o | Verlegemaß der vorgegebenen Bewehrung an der Oberseite des Fundamentes. |
| Bewehrungslage | Schwerpunktslage der Bewehrung unten in X- bzw. Y-Richtung. Dieser Wert wird für die Stahlbetonnachweise verwendet. Nach Aufruf des Dauerhaftigkeitsdialoges wird dieser Wert ggf. angepasst. |
| Längsdurchmesser | Listenauswahl des Längsdurchmessers, mit welchem die Bewehrung generiert werden soll. Mit diesem Durchmesser beginnt das Programm, Bewehrung zu erzeugen, welche die erforderliche Bewehrung abdeckt. Sind mit dem gewählten Durchmesser die Mindest- und Höchststababstände nicht realisierbar, so werden größere Durchmesser verwendet. |
| Bügeldurchmesser | Minstdurchmesser Bügelbewehrung. |
| Dauerhaftigkeit | Über die Schaltfläche rufen Sie die Dialoge zur Dauerhaftigkeit auf. Wird dieser Dialog mit OK verlassen, so werden Betondeckungen, Bewehrungslagen und Durchmesser geprüft und ggf. angepasst. |



Grundbau

| | |
|----------------|--|
| Nachweisformat | Definieren Sie hier, ob ein - genauer Nachweis oder ein - benutzerdefinierter Nachweis geföhrt werden soll. Das genaue Nachweisformat beinhaltet einen Grundbruchnachweis, einen Gleitsicherheitsnachweis und eine Setzungsberechnung. |
|----------------|--|



Erddruck

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Erddrucktyp | Der Erddruck kann entweder für den aktiven oder den Zustand in Ruhe errechnet werden. | |
| Erhöhter aktiver Erddruck | Erhöhter aktiver Erddruck muss angesetzt werden, wenn die Wandbewegung nicht ausreicht, um den Grenzzustand des aktiven Erddrucks auszulösen oder ihn während der gesamten Nutzungszeit des Bauwerks zu erhalten. | |
| Zug aus Kohäsion... | Rechnerische Zugspannungen aus Kohäsion dürfen bei nicht oder nur nachgiebig gestützten Wänden, die sich um ihren Fußpunkt oder einen tiefer gelegten Punkt drehen, nicht angesetzt werden (EAB EB4 Abs. 3). Bei wenig nachgiebig gestützten Baugrubenwänden, bei denen eine Umlagerung erwartet wird, dürfen rechnerische Zugspannungen aus Kohäsion für die Überprüfung der Notwendigkeit des Mindesterddrucks angesetzt werden (EAB EB4 Abs. 5). Das Programm errechnet den Erddruck für Wände die sich um ihren Fußpunkt drehen, weshalb die Zugspannungen aus Kohäsion im Normalfall nicht angesetzt werden sollten. | |
| Mindesterddruck ansetzen | Wenn der Mindesterddruck berücksichtigt wird, wird in jeder bindigen Bodenschicht überprüft, ob der Erddruck resultierend aus Bodeneigenwert und einer Scherfestigkeit entsprechend $\varphi = 40^\circ$ $c = 0$ maßgebend wird. Berechnung nach EAB (= Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben") 5. Auflage. | |
| Verdichtungserddruck ansetzen | Wird ein Boden lagenweise eingebaut und anschließend intensiv verdichtet, wächst der Erddruck über den Erddruck aus Eigenlast des Bodens hinaus. Über den Button „Einstellungen“ können die Parameter für den Verdichtungserddruck definiert werden: Der Verdichtungserddruck für intensive und leichte Verdichtung wird nach DIN 4085:2017 berechnet. Der Ansatz für eine leichte Verdichtung (Vibrationsplatte mit einer Betriebsmasse von bis zu 250 kg) nach DIN 4085:2017 entspricht dem Ansatz nach Franke (Franke, D., Verdichtungserddruck bei leichter Verdichtung, BAUTECHNIK 85 (2008) H. 3, S. 197 - 198). | |
| δp | Gekrümmte Gleitflächen: die Tiefe z_p , ab der der volle Verdichtungserddruck angesetzt wird, wird über den Vergleich des Verdichtungserddrucks mit dem passivem Erddruck bestimmt. Der zugehörige passive Erddruckbeiwert kann unter Voraussetzung linearer oder gekrümmter Gleitflächen ermittelt werden. | |
| Erwiderstand umlagern | Wandreibungswinkel. | |
| Ep mob | Den Erdwiderstand umlagern nach DIN 1054:2021 Bild A 6.5.4. | |
| Vorgegebene Nulllinie | Der mobilisierte Anteil des charakteristischen Erdwiderstands. | |
| Gekrümmte Gleitflächen ansetzen | Geben Sie hier die Nulllinie vor. Normalerweise ist die Nulllinie dort, wo sie eine Summe der Horizontallisten von 0 erzeugt. | |
| | Für den passiven Erddruck ist die Annahme linearer Gleitflächen bei folgenden Bedingungen nicht mehr zutreffend: $ \alpha + \delta < \beta$ und $\varphi > 35^\circ$. Die Erdruckbeiwerte für gekrümmte Gleitflächen werden nach DIN 4085 Anhang C ermittelt. Die Darstellung ist immer linear. | |

Ausgabe

Ausgabeumfang und Optionen

Durch markieren der verschiedenen Optionen legen Sie den Umfang der Textausgaben fest. Für die Grafik können Schriftgröße und Maßstab angepasst werden.

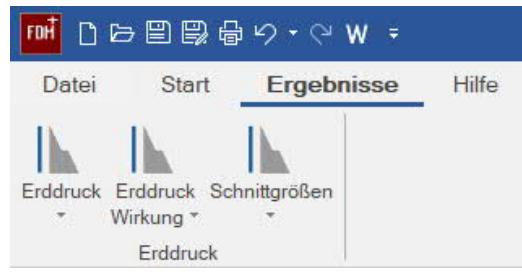
Ausgabe als PDF-Dokument

Über das Register „Dokument“ wird das Ausgabedokument im PDF-Format angezeigt.

Siehe weiterhin Dokument [Ausgabe und Drucken](#)

Ergebnisgrafiken

Über den Tab „Ergebnisse“ können Sie sich Ergebnisgrafiken anzeigen lassen.



Allplan Export

Unter Datei – Exportieren können Sie eine in Allplan importierbare Datei exportieren.