



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop®
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-GRUBE

Spund-/Trägerbohlwand

April 2021

4H-GRUBE

Spund-/Trägerbohlwand

Copyright 2008-2021

3. überarbeitete Auflage, April 2021

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

pcae versichert, dass Handbuch und Programm nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden. Für absolute Fehlerfreiheit kann jedoch infolge der komplexen Materie keine Gewähr übernommen werden.

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert.

Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter www.pcae.de**.

Teile dieses Handbuches dürfen unter Angabe der Quelle vervielfältigt werden.

Produktbeschreibung

#-GRUBE ist ein Produkt der **pcae** GmbH, Hannover.

Nachweise Das Programm #-GRUBE dient zur Berechnung von Baugrubenwänden. Die Wände können als Spund- oder Trägerbohlwand ausgeführt sein. Die Berechnung umfasst sowohl die grundbautechnischen Nachweise der äußeren Standsicherheit, als auch die innere Bemessung der Wandquerschnitte. Die Berechnung des Erddrucks erfolgt entspr. DIN 4085 sowie der einschlägigen Literatur.

Folgende Nachweise können geführt werden:

- Nachweis der Tragfähigkeit nach EC 3 + NA oder DIN 18800, elastisch-elastisch
- ... des Versagens des Erdwiderlagers
- ... der Vertikalkomponente der Auflagerkraft
- ... gegen Versagen durch Vertikalbewegung
- ... des Versagens in der tiefen Gleitfuge bei verankerten Wänden
- Berechnung der Biegelinie und Nachweis zulässiger Verformungen
- Bemessung der Verbaubohlen bei Trägerbohlwänden

Die Grundbaunachweise können wahlweise nach DIN EN 1997-1 + NA (EC 7) oder nach DIN 1054, Ausg. 2005, bzw. nach der alten DIN 1054, Ausgabe 1987, geführt werden.

Alle Ein- und Ausgaben sind so aufgebaut, dass 1 m laufende Stützwand berechnet wird!

Fußlagerungen Zur Fußlagerung stehen folgende Varianten zur Auswahl

- volle Einspannung nach *BLUM*
- horizontal fest mit vorgegebener Einbindetiefe (z.B. auf Fels)
- frei beweglich mit vorgegebenem Einspanngrad (0 - 100%), Einbindetiefe wird berechnet
- frei beweglich, Einbindetiefe ist vorgegeben

Aushubzustände Um Bauabläufe abzubilden, können maximal 16 Aushubzustände berechnet werden. Die ausgewählten Nachweise werden in jedem einzelnen Bauzustand geführt. Abschließend wird eine Tabelle aller Nachweisergebnisse in allen Bauzuständen ausgegeben, so dass sich ein Überblick über die Ausnutzung der Wand in übersichtlicher Form ergibt.

Bodenverhältnisse Der Boden kann beliebig geschichtet sein. Die Parameter zur Erddruckermittlung auf der Aktiv- und Passivseite können automatisch bestimmt oder vorgegeben werden. Der Einfluss des Grundwassers kann ebenfalls berücksichtigt werden. Die Wandreibungswinkel auf Erd- und Luftseite können in Abhängigkeit vom Reibungswinkel oder direkt vorgegeben werden.

Grundwasser Erd- und luftseitig können unterschiedliche Grundwasserstände vorgegeben werden. Zusätzlich kann der Einfluss des Strömungsdrucks nach dem Verfahren von *Bent/Hansen* berücksichtigt werden.

Gelände Zur Definition einer gebrochenen Geländeoberfläche können erdseitig eine konstante Neigung oder Bermen definiert werden.

Anker/Lager Es können unverankerte oder mehrfach verankerte Wände berechnet werden. Als Ankertypen stehen Verpressanker oder Ankertafeln zur Auswahl; alternativ können Lager gesetzt werden. Lager können starr oder elastisch definiert werden. Die Festhaltung kann in horizontaler und vertikaler Richtung oder als Einspannung eingegeben werden. Zusätzlich kann das Lager gedreht werden.

Lastfälle Es können beliebig viele ständige und veränderliche Lastfälle definiert werden. Die Lastfälle können in beliebiger Tiefe und in Kombination als additive oder alternative Lastfälle eingegeben werden, so dass auch komplizierte Lastkombinationen berechnet werden können. Die grundbautechnischen Nachweise werden entspr. DIN EN 1997 + NA überlagert. Die Wandbemessung kann entweder nach DIN EN 1997 GEO2 oder nach DIN EN 1990 erfolgen.

Belastung Als Lasten können Flächenlasten auf der Erdseite oder Linienlasten, die direkt an der aufgehenden Wand angreifen, definiert werden. Die Parameter zur Erddruckermittlung können für alle Flächenlasten optional eingestellt werden. Die Flächenlasten müssen nicht auf der Geländeoberkante angreifen, sondern können auch in einer vorgegebenen Tiefe ansetzen. So können beispielsweise die Lasten aus angrenzenden Fundamenten erfasst werden. Die Einga-

be einer Horizontalkomponente ist ebenfalls möglich.

Erddruckermittlung Die Berechnung des aktiven Erddrucks erfolgt nach der Theorie von *Coulomb* und dem Ansatz nach *Müller-Breslau*. Ein Mindesterdruk kann entspr. DIN 4085 berücksichtigt werden. Für den Erdwiderstand stehen verschiedene Ansätze zur Auswahl. Die Bemessung kann für aktiven Erddruck, Erdruhedruck oder erhöhten aktiven Erddruck erfolgen.

Erddruckumlagerung Der Benutzer kann verschiedene Umlagerungsfiguren wählen, so dass im Prinzip alle sinnvollen Umlagerungen eingegeben werden können. Für jeden Einzellastfall kann angegeben werden, ob dieser umgelagert werden soll oder nicht.

Ergebnisprotokoll Die Ergebnisse und das fertige Druckdokument werden online auf dem Bildschirm dargestellt. Der Ausgabeumfang kann vom Anwender beeinflusst werden.

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und *##-GRUBE* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.



Das vorliegende Handbuch beschreibt die Handhabung des Programms. Informationen zu dem jeweiligen Eigenschaftsblatt finden Sie zusätzlich über den lokalen Hilfebutton.

Zur *##-GRUBE*-Dokumentation gehören neben diesem Handbuch die Manuals
das *pcae*-Nachweiskonzept und *DTE®-DeskTopEngineering*

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *##-GRUBE*.

Hannover, im April 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen	7
3	Eingabeoberfläche	8
3.1	Aushubzustände	10
3.1.1	Parameter für Aushubzustand	10
3.1.1.1	Registerblatt <i>Allgemein</i>	11
3.1.1.2	Registerblatt <i>Anker</i>	13
3.1.1.3	Registerblatt <i>Lager</i>	13
3.1.1.4	Registerblatt <i>Lastfälle</i>	13
3.1.1.5	Registerblatt <i>Erddruckumlagerung</i>	14
3.2	globale Einstellungen	16
3.2.1	Register <i>Berechnungsoptionen</i>	16
3.2.2	Register <i>Bildschirmdarstellung</i>	19
3.3	Bodenparameter	20
3.4	Bermen und Böschungen	21
3.5	Wandparameter	22
3.6	Anker	23
3.7	Lager	24
3.8	Einwirkungen und Lastfälle	24
3.9	Lasten	25
3.9.1	Flächenlasten	25
3.9.2	Linienlasten	27
3.10	Erddruckermittlung	28
3.10.1	aktiver Erddruck (erdseitig)	28
3.10.2	Erdruhedruck	28
3.10.3	Mindesterddruck	28
3.10.4	passiver Erddruck (luftseitig)	29
3.10.5	räumlicher Erddruck (bei Trägerbohlwänden)	29
3.11	Nachweise	30
3.11.1	Materialgüten	30
3.11.2	Nachweis der Stahlprofile	30
3.11.3	Nachweis gegen Versagen des Erdwiderlagers	31
3.11.4	Nachweis der Vertikalkomponente der Auflagerkraft	31
3.11.5	Nachweis gegen Versagen der Bauteile durch Vertikalbewegung	31
3.11.6	Nachweis gegen Versagen durch Vertikalbewegung bei Trägerbohlwänden	31
3.11.7	Nachweis der Verformungen	32
3.12	Berechnung	32
3.13	Drucklistensteuerung	33
4	Parametererläuterung	33
5	Beispielausgabedokument	34
6	Verzeichnis der verwendeten Normen und Veröffentlichungen	34
7	Index	36

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende **Abkürzungen** benutzt

LF	Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp	Nachweistyp
El.	Element
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Buttons

Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** und die Auswahl eines Begriffs in einer Listbox durch diese **Farbe** symbolisiert.



Rot markierte Buttons bzw. Mauszeiger kennzeichnen erforderliche Eingaben bzw. anzuklickende Buttons.

Index

Indexstichworte werden im Text zum schnelleren Auffinden **grün markiert**.

Beim Verweis auf Eigenschaftsblätter wird deren *Bezeichnung kursiv gedruckt*.

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv** und **Extremalbildungsvorschrift** s. Handbuch das **pcae-Nachweiskonzept**, Theoretischer Teil.

Die in der Interaktion mit **pcae**-Programmen stehenden **Buttons** besitzen folgende Funktionen



bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab



lädt abgespeicherte Werte in das Eigenschaftsblatt bzw. speichert die aktuellen Werte zum späteren Abruf in anderen Eigenschaftsblättern



ruft das Online-Hilfesystem



bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt



Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage



Datenzustand
überprüfen

wenn der Mauszeiger einen Moment auf einem Button verweilt, erscheint ein Fähnchen, das den zugehörigen Aufruf beschreibt

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##-GRUBE* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte auf S. 7 weiter.

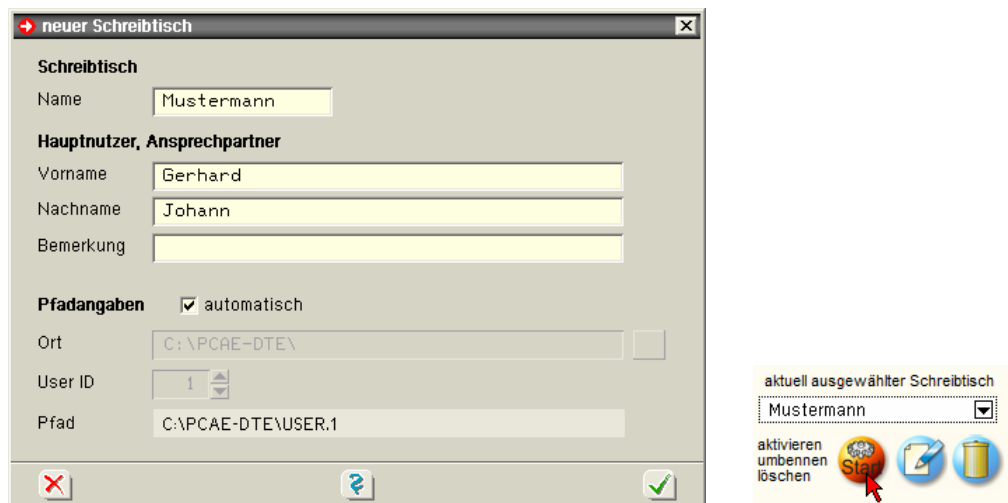


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

Daraufhin erscheint das Eigenschaftsblatt zur **Schreibtischauswahl**. Da noch kein Schreibtisch vorhanden ist, wollen wir einen neuen einrichten. Klicken Sie hierzu bitte auf den Button **neu**.



Schreibtischname Dem neuen Schreibtisch kann ein beliebiger Name zur Identifikation zugewiesen werden. Klicken Sie hierzu mit der LMT in das Eingabefeld. Hier ist *Mustermann* gewählt worden.



Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

DTE® steht für *DeskTopEngineering* und stellt das "Betriebssystem" für **pcae**-Programme und die Verwaltungsoberfläche für die mit **pcae**-Programmen berechneten Bauteile dar.



Zur Beschreibung des DTE®-Systems und der zugehörigen Funktionen s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtischs sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

Die Funktion eines Steuerbuttons ergibt sich aus dem Fähnchen, das sich öffnet, wenn sich der Mauscursor über dem Button befindet.

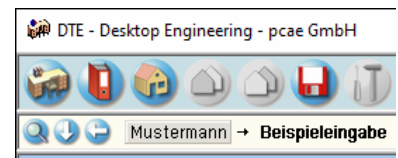
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- | | |
|--|--|
| | Die Buttons bewirken im Einzelnen |
| | öffnet die Schreibtischauswahl |
| | legt einen neuen Projektordner an |
| | erzeugt ein neues Bauteil |
| | kopiert das aktivierte Bauteil |
| | fügt die Bauteilkopie ein |
| | lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der e-Mail-Dienst . |
| | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils |
| | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils |
| | ruft das Planerstellungsmodule des aktivierten Bauteils (##-GRUBE erzeugt keine Pläne) |
| | löscht das aktivierte Bauteil/Ordner |
| | öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste |
| | öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen |
| | eröffnet Verwaltungsfunktionen |
| | schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung |

Ordner und Bauteil erzeugen



Durch Erzeugen eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



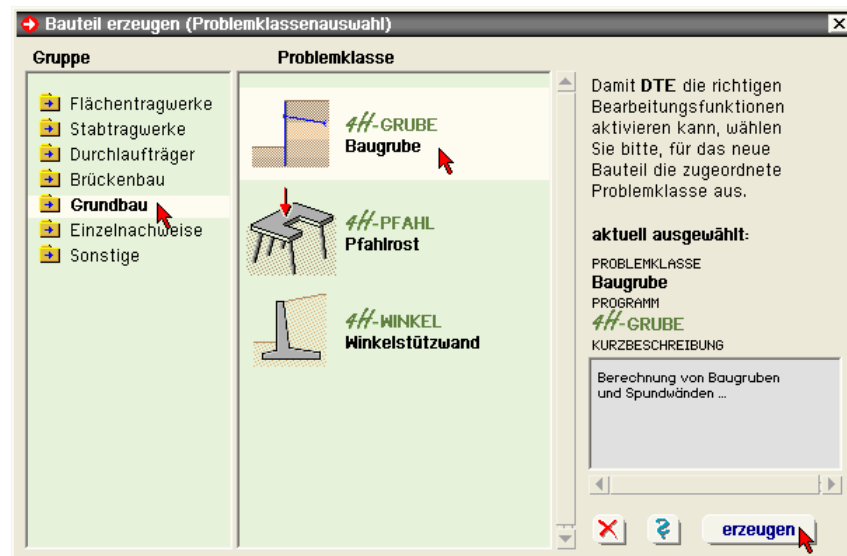
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



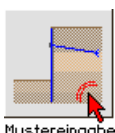
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtischs angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Grundbau**, dann auf die Problemklasse **Baugrube** und abschließend auf den **erzeugen-Button**.



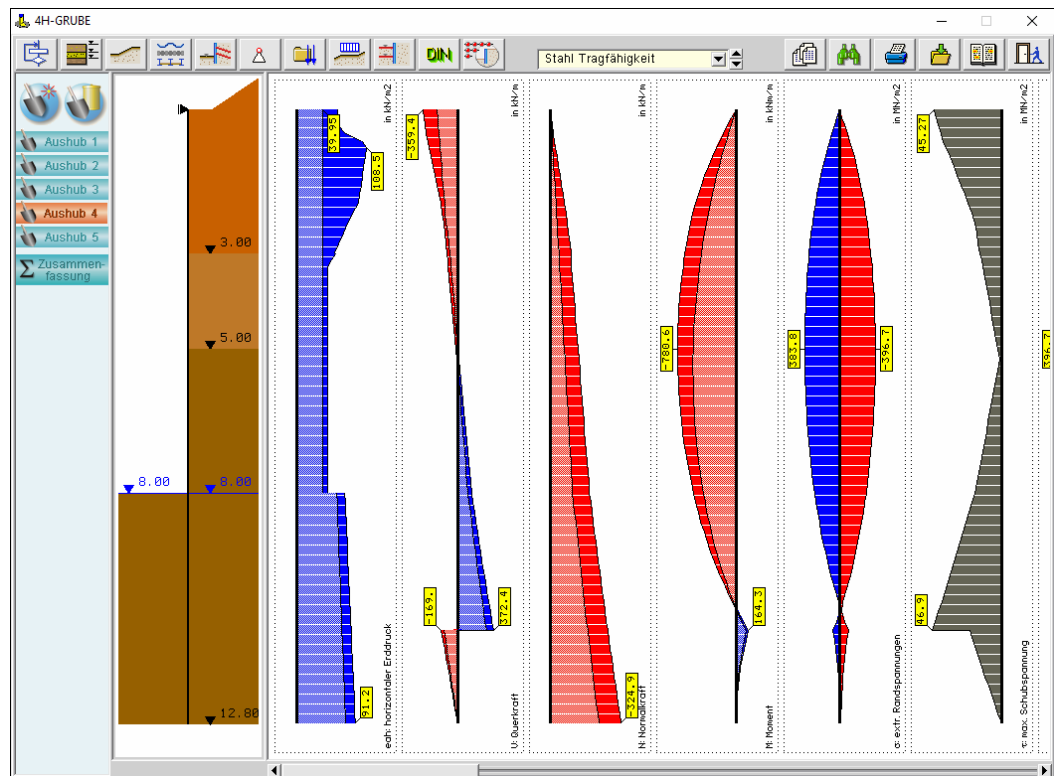
Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilikone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.



Nach Doppelklicken des neuen Bauteilicons erscheint die Eingabeoberfläche von 4H-GRUBE.

Eingabeoberfläche

Das Haupteingabefenster ist in vier Teile gegliedert, über die einerseits die Eingabe getätigt und anschließend die Ergebnisse protokolliert werden.



Am oberen Bildschirmrand befinden sich die Steuerbuttons zur Eingabe der Systemparameter und zur Steuerung des Programmablaufs.



Im Einzelnen werden folgende Funktionen über die Buttons gesteuert



öffnet das Eingabefenster für die globalen Berechnungseinstellungen, s. Abs. 3.2, S. 16



... zur Definition der Bodenschichten mit den zugehörigen Parametern, s. Abs. 3.3, S. 20



... zur Eingabe von Bermen oder Böschungen, s. Abs. 3.4, S. 21



... zur Eingabe der Wandparameter, s. Abs. 3.5, S. 22



... zur Eingabe von Ankern, s. Abs. 3.6, S. 23



... zur Eingabe von Lagern, s. Abs. 3.7, S. 24



... zur Eingabe der Einwirkungsstruktur. Hier kann auch festgelegt werden, welche Lastfälle additiv oder alternativ zu behandeln sind. S. Abs. 3.8, S. 24



... zur Eingabe von Flächen- oder Linienlasten, s. Abs. 3.9, S. 25

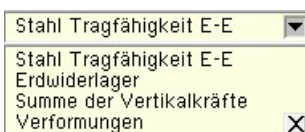


... zur Eingabe der Parameter für den aktuell ausgewählten Aushubzustand, s. Abs. 3.1, S. 10



... zur Eingabe der Nachweisparameter, s. Abs. 3.11, S. 30

startet den Berechnungsvorgang (für alle Bauzustände).



Mittels der Listbox wird zwischen den Ergebnissen der gewählten Nachweise des aktuell ausgewählten Aushubzustands gewechselt. Die Ergebnisse werden als Linien-
grafik oder in Tabellenform im Hauptfenster angezeigt.



öffnet das Fenster zur Eingabe der Drucklistenparameter



öffnet den Viewer zur Anzeige der Druckliste. Es wird die Liste des aktuell ausgewählten Aus-
hubzustands angezeigt.



Erstellung der Druckausgabe für alle Aushubzustände



sichert die Eingabedaten



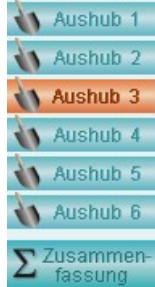
öffnet die Hilfefunktion



öffnet den Dialog zum Speichern der Eingabedaten und zum Verlassen des Programms

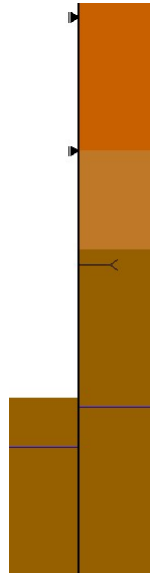


Über die Buttonleiste am linken Rand können Aushubzustände eingefügt oder gelöscht werden und es kann in der Ergebnisansicht zwischen den Aushubzuständen gewechselt werden.

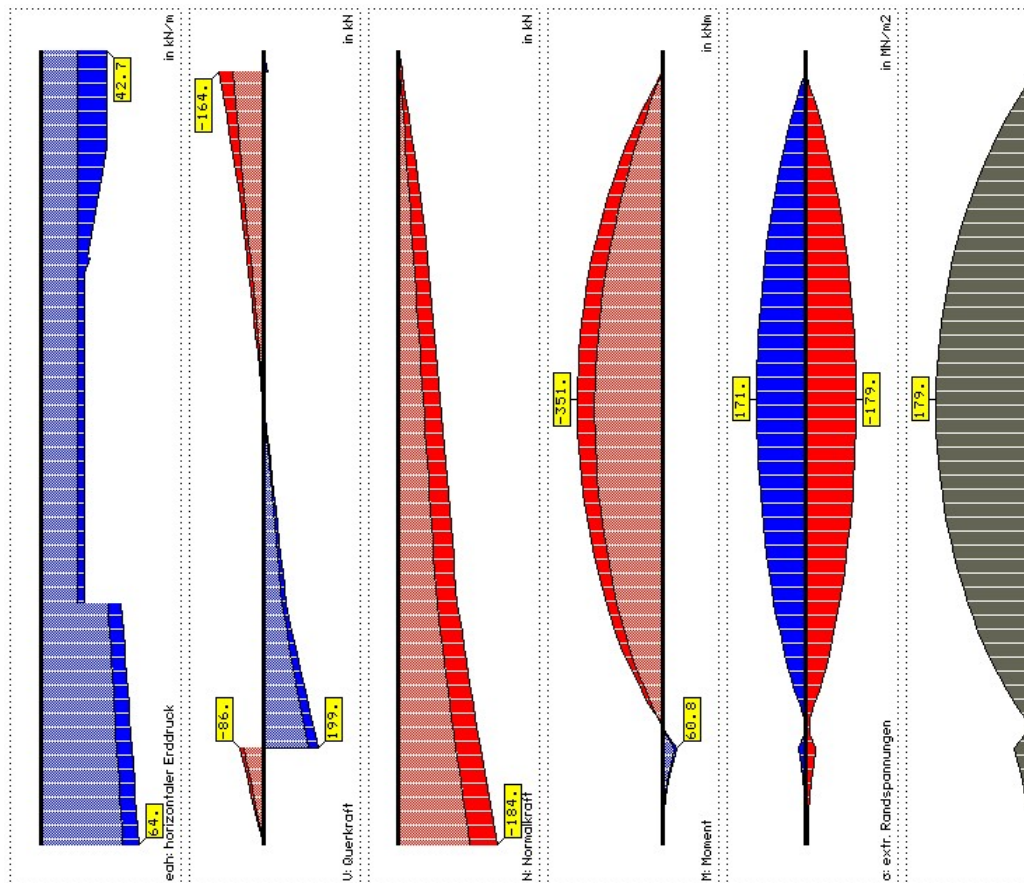


Im unteren mittleren Ansichtsfenster erscheint eine Systemdarstellung des aktuellen Aushubzustands.

In diesem Teilfenster werden Bodenschichten, Lager, Anker und Grundwasserstände dargestellt.



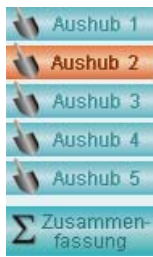
Das rechte große Teilfenster zeigt die Nachweisergebnisse des aktuellen Aushubzustands als Liniengrafik oder Tabelle.



3.1

Aushubzustände

Das Programm kann maximal 16 Aushubzustände berechnen. Jeder Zustand wird dabei wie ein eigenständiges System mit allen gewählten Nachweisen berechnet.



Die Auswahl des aktuellen Aushubzustands wird über die Buttonleiste am linken Rand der Eingabeoberfläche gesteuert.



fügt hinter dem aktuellen Aushubzustand einen neuen Zustand ein. Dabei werden die Daten des aktuellen Zustands kopiert.



löscht den aktuell gewählten Aushubzustand

Die Zusammenfassung zeigt eine Übersicht über alle Nachweisergebnisse in allen Aushubzuständen. Somit kann auf einen Blick überprüft werden, ob alle Nachweise eingehalten sind.



Alle für den aktuell gewählten Aushubzustand relevanten Parameter werden über den nebenstehenden Button eingegeben.

3.1.1

Parameter für Aushubzustand



das Fenster zur Eingabe der Parameter, die für den Aushubzustand maßgebend sind, wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet.

Aushub 1

Allgemein | Anker | Lager | Lastfälle | Erddruckumlagerung

Allgemeine Angaben ☒ Aushubzustand aktiv

Name: Grundwasser luftseitig: m

z-Ordinate Aushubsohle: m Grundwasser erdseitig: m

Bemessungssituation: ☐ BS-P ☒ BS-T ☐ BS-A ☐ BS-E

Fußlagerung im Boden

☐ keine Fußlagerung

☐ Einspannung nach BLUM

☒ Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe berechnen

☐ Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe vorgeben

☐ Horizontal fest (auf Fels) Einbindetiefe vorgeben

☐ Rammtiefenzuschlag = t1

☒ Rammtiefenzuschlag nach Lackner (EAU 8.2.9)

☐ Querkraftnullpunkt (Punkt F) vorgeben, bei z = m

Einspanngrad: %

z-Ordinate Fußpunkt: m

Schwerpkt. Erdwiderstand x: m

Erddruckansatz für Wandbemessung

☒ Aktiver Erddruck E_a

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,75 E_a + 0,25 E_0$

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,50 E_a + 0,50 E_0$

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,25 E_a + 0,75 E_0$

☐ Erdruhedruck E_0

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$

mit $F =$

☐ Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2011-05

☒ Unnachgiebige Wand

☐ Nachgiebige Wand

mit $e_v =$ kN/m²

Das Fenster gliedert sich in fünf Register zur Eingabe von

- allgemeinen Angaben
- Auswahl der wirksamen Anker, s. Abs. 3.6, S. 23
- Auswahl der wirksamen Lager, s. Abs. 3.7, S. 24
- Auswahl der wirksamen Lastfälle, s. Abs. 3.8, S. 24
- Angaben zur Erddruckumlagerung

Im Teil *Allgemeine Angaben* werden folgende Parameter eingegeben

Allgemeine Angaben		<input checked="" type="checkbox"/> Aushubzustand aktiv
Name:	A1	Grundwasser luftseitig:
z-Ordinate Aushubsohle:	8.00 m	Grundwasser erdseitig:
Bemessungssituation:	<input type="radio"/> BS-P <input checked="" type="radio"/> BS-T <input type="radio"/> BS-A <input type="radio"/> BS-E	

☒ Aushubzustand aktiv

Ist der dargestellte Schalter nicht gesetzt, wird der aktuelle Aushubzustand nicht berechnet.

Jeder Aushubzustand erhält einen Namen, der im entsprechenden Eingabefeld angegeben wird und vor dem Aushubzustand in den Drucklisten erscheint.

Die z-Ordinate gibt die Höhe der Aushubsohle an; der Nullpunkt liegt am Wandkopf, die positive Achse läuft nach unten.

Die erd- und luftseitigen Grundwasserstände werden in die entsprechenden Eingabefelder eingetragen. Ist kein **Grundwasser** vorhanden, wird ein Stand eingegeben, der unter dem Wandfußpunkt liegt.

Die **Bemessungssituation** gemäß DIN EN 1997 wird entsprechend der Optionsknöpfe gewählt. Sie gilt für den gesamten Aushubzustand. Unterschiedliche Aushubzustände können unterschiedlichen Bemessungssituationen zugeordnet werden.

Im Kapitel *Fußlagerung* werden die notwendigen Angaben zur Fußpunktkonstruktion gemacht.

Fußlagerung im Boden	
<input type="radio"/> keine Fußlagerung	
<input type="radio"/> Einspannung nach BLUM	
<input checked="" type="radio"/> Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe berechnen	Einspanngrad:
<input type="radio"/> Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe vorgeben	z-Ordinate Fußpunkt:
<input type="radio"/> Horizontal fest (auf Fels) Einbindetiefe vorgeben	Schwerpkt. Erdwiderstand x:
<input type="radio"/> Rammtiefenzuschlag = 0.200 t1	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/> Rammtiefenzuschlag nach Lackner (EAU 8.2.9)	<input checked="" type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Querkraftnullpunkt (Punkt F) vorgeben, bei z = 0.00 m	<input type="radio"/>

Die Berechnung erfolgt nach DIN EN 1997 im Grenzzustand GEO2. Alternativ können die folgenden Fußpunktlagerungen gewählt werden.

☒ keine Fußlagerung

Der Wandfuß ist in horizontaler Richtung nicht gehalten. Es ist nur ein Auflager in vertikaler Richtung am Fuß vorhanden.

☒ Einspannung nach BLUM

Die Einspannung nach **Blum** entspricht einer vollen Momenteneinspannung der Wand in den Boden. Bei diesem Verfahren wird am statischen Ersatzsystem im Fußpunkt eine Momenteneinspannung eingeführt. Die Einbindetiefe wird solange iterativ variiert, bis das Einspannmoment unter Ansatz des aktiven und des passiven Erddrucks zu Null wird.

Unverankerte Wände müssen zwangsläufig eine **Fuß einspannung** erhalten, da das System sonst verschieblich wäre.

☒ Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe berechnen

Einspanngrad: 50.00 %

Bei einer frei beweglichen Auflagerung wird am statischen Ersatzsystem in Höhe des Schwerpunkts des Erdwiderstands ein horizontales Auflager eingeführt. Eine Momenteneinspannung des Wandfußes ist somit nicht mehr gegeben. In der Berechnung wird die Wandfußlänge iterativ errechnet, bei der die resultierende Erdwiderstandskraft gleich der Auflagerkraft im Fußlager ist.

Über den **Einspanngrad** kann eine Teileinspannung erzeugt werden. Der Einspanngrad ist definiert durch die Beziehung

$$E = 100 \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\max}}\right) \quad \text{in \%}$$

ε Endtangentialwinkel
 ε_{\max} ... bei freier Auflagerung

Bei völlig freier Auflagerung (Einspanngrad = 0) ergibt sich die minimal mögliche Wandlänge.

☒ Frei beweglich (gelenkig) Einbindetiefe vorgeben z-Ordinate Fußpunkt: m

Bei dieser Fußlagerung wird genau so wie bei der vorangehenden Variante am statischen Ersatzsystem in Höhe des Schwerpunkts des Erdwiderstands ein horizontales Auflager eingesetzt. Die Fußpunktordinate wird vom Anwender vorgegeben. Bei dieser Berechnung wird jedoch nicht überprüft, ob die horizontale Fußauflagerkraft vom Erdwiderstand aufgenommen werden kann. Es sollte daher in jedem Falle bei dieser Variante der Nachweis gegen Versagen des Erdwiderlagers geführt werden.

☒ Horizontal fest (auf Fels) Einbindetiefe vorgeben z-Ordinate Fußpunkt: m




In dem vom Benutzer angegebenen Fußpunkt wird ein unverschiebliches, gelenkiges Auflager angesetzt.

Bei den Varianten mit freier Auflagerung kann die Stelle, an der das horizontale Fußlager angreift, gesetzt werden. Bei der ersten Option wird die Auflagerkraft im Schwerpunkt des Erdwiderstandsdreiecks angesetzt (Drittelpunkt). Bei der zweiten Option liegt das Auflager im Schwerpunkt einer Parabel (2/5).

Bei der dritten Option kann die Lage frei gewählt werden.

☒ Rammtiefenzuschlag = t_1
☐ Rammtiefenzuschlag nach Lackner (EAU 8.2.9)

Schwerpkt. Erdwiderstand x: -

☐  $\frac{2}{3}$
☐  $\frac{3}{5}$
☒  $\frac{x}{1-x}$

Der **Rammtiefenzuschlag** kann proportional zur Einbindetiefe t_1 (üblicherweise 0.2) oder nach **Lackner** entspr. EAU 8.2.9 gewählt werden.

☒ Querkraftnullpunkt (Punkt F) vorgeben, bei z = m

Beim Nachweis in der **tiefen Gleitfuge** (s. Abs. 3.11, S. 30) wird zur Ermittlung des Punkts F der Querkraftnullpunkt gesucht. Der Querkraftnullpunkt kann automatisch vom Programm ermittelt oder vom Anwender fest vorgegeben werden. Wird der Punkt vom Programm ermittelt, ist die Lage aufgrund der Teilsicherheitsbeiwerte abhängig von der jeweiligen Lastkombination.

Erddruckansatz

Erddruckansatz für Wandbemessung

☒ Aktiver Erddruck E_a ☐ Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2011-05

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,75 E_a + 0,25 E_0$ ☒ Unnachschiebige Wand

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,50 E_a + 0,50 E_0$ ☐ Nachgiebige Wand

☐ Erhöhter aktiver Erddruck $0,25 E_a + 0,75 E_0$ mit $e_v =$ kN/m²

☐ Erdruckdruck E_0

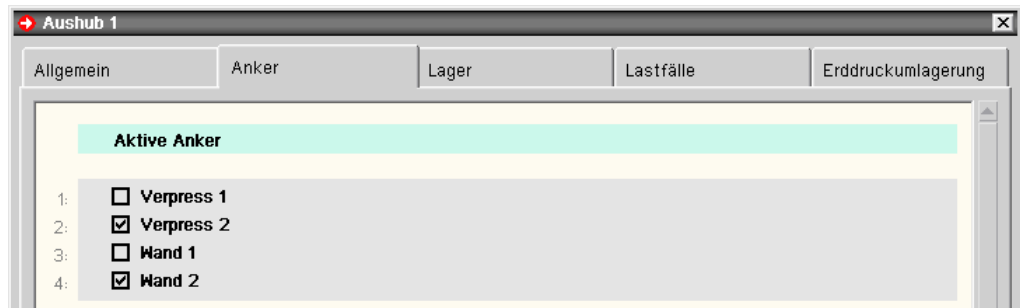
☐ Erhöhter aktiver Erddruck $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$ mit $F =$

Üblicherweise wird bei Spund- oder Trägerbohlwänden erdseitig aktiver Erddruck angesetzt. Optional kann jedoch auch ein erhöhter aktiver oder gar Erdruckdruck angesetzt werden.

Daneben kann auch ein **Verdichtungserddruck** gemäß DIN 4085 gewählt werden.

3.1.1.2 Registerblatt *Anker*

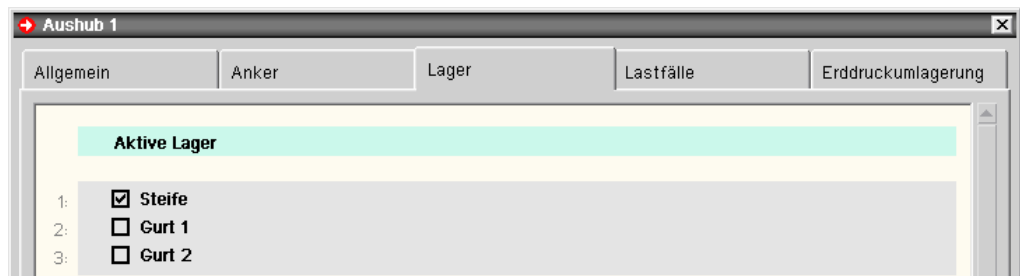
In diesem Register werden alle Anker angeboten, die im Programmpunkt *Ankereingabe* (s. Abs. 3.6, S. 23) eingegeben wurden. Die Anker, die im aktuellen Aushubzustand aktiv sein sollen, müssen markiert werden.



Aktive Anker	
1:	<input type="checkbox"/> Verpress 1
2:	<input checked="" type="checkbox"/> Verpress 2
3:	<input type="checkbox"/> Wand 1
4:	<input checked="" type="checkbox"/> Wand 2

3.1.1.3 Registerblatt *Lager*

In diesem Register werden alle Lager angeboten, die im Programmpunkt *Lagereingabe* (s. Abs. 3.7, S. 24) eingegeben wurden. Die Lager, die im aktuellen Aushubzustand aktiv sein sollen, müssen markiert werden.



Aktive Lager	
1:	<input checked="" type="checkbox"/> Steife
2:	<input type="checkbox"/> Gurt 1
3:	<input type="checkbox"/> Gurt 2

3.1.1.4 Registerblatt *Lastfälle*

In diesem Register werden alle Lastfälle angeboten, die im Programmpunkt *Einwirkungen und Lastfälle* (s. Abs. 3.8, S. 24) eingerichtet wurden. Die Lastfälle, die im aktuellen Aushubzustand aktiv sein sollen, müssen markiert werden. Zusätzlich kann angegeben werden, welche Lastfälle bei einer eventuellen Umlagerung berücksichtigt werden sollen.



Aktive Lastfälle		
1:	<input checked="" type="checkbox"/> 1: Boden	<input checked="" type="checkbox"/> bei Umlagerung berücksichtigen
2:	<input checked="" type="checkbox"/> 2: Verkehrslast	<input type="checkbox"/> bei Umlagerung berücksichtigen
3:	<input type="checkbox"/> 3: Aushublasten	<input type="checkbox"/> bei Umlagerung berücksichtigen

3.1.1.5

Registerblatt *Erddruckumlagerung*

☒ **Erddruckumlagerung aktiv** Zur Umlagerung der erdseitigen Erddrücke stehen verschiedene Optionen zur Verfügung. Die Umlagerung kann mit Hilfe des Optionsknopfs aktiviert oder deaktiviert werden.

Der Umlagerungsbereich wird entsprechend der folgenden Optionen festgelegt.

Als Umlagerungsfiguren stehen fünf Varianten zur Verfügung, die über die entsprechenden Optionsbuttons gewählt werden.

Alle Umlagerungen sind *flächengleich*, d.h. die resultierende Kraft ist konstant. Über den Faktor F kann die resultierende Kraft jedoch vergrößert oder verkleinert werden.

Folgende Umlagerungsfiguren sind möglich

Rechteck

Bei der Rechteckumlagerung wird der resultierende Erddruck E_h in ein Rechteck umgelagert.

Rechtecke, frei definiert

Der resultierende Erddruck E_h wird in drei Rechteckblöcke gewandelt. Die Ordinaten z_1 und z_2 der Rechteckblöcke werden vom Anwender vorgegeben. Über den Faktor f_u wird das Verhältnis des Erddrucks des unteren Erd-druckblocks zum mittleren Erd-druckblock vorgegeben. Der Erddruck des oberen Blocks ergibt sich aus der Bedingung, dass die Resultierende konstant ist.

☐ Rechteck
☒ Rechtecke, frei definiert
☐ Trapeze, Knicke am obersten und untersten Anker oder Lager
☐ Trapeze, frei definiert
☐ Beliebige

$F = 1.00000 \times E_h$
 $z_1 = 1.00 \text{ m}$
 $z_2 = 2.00 \text{ m}$
 $f_u = 0.83300 -$

Trapeze, Knicke am obersten und untersten Anker oder Lager

Diese Option wird nur aktiv, wenn mindestens zwei Anker oder Lager im gewählten Aushubzustand aktiv sind. Das Programm sucht automatisch das oberste und unterste Lager/Anker und wandelt den Erddruck in ein flächengleiches Trapez, bei dem die oberste und unterste Erddruckordinate = 0 ist.

☐ Rechteck
☐ Rechtecke, frei definiert
☒ Trapeze, Knicke am obersten und untersten Anker oder Lager
☐ Trapeze, frei definiert
☐ Beliebige

$F = 1.00000 \times E_h$
 $z_1 = 1.00 \text{ m}$
 $z_2 = 2.00 \text{ m}$
 $f_u = 0.83300 -$

Trapeze, frei definiert

Die Umwandlung erfolgt in ein Trapez, bei dem die z-Ordinaten der Stützstellen vom Anwender vorgegeben werden. Die oberste Erddruckordinate ist = 0. Das Verhältnis der mittleren Erddruckordinaten zur untersten wird über den Faktor f_u vorgegeben.

☐ Rechteck
☐ Rechtecke, frei definiert
☐ Trapeze, Knicke am obersten und untersten Anker oder Lager
☒ Trapeze, frei definiert
☐ Beliebige

$F = 1.00000 \times E_h$
 $z_1 = 1.00 \text{ m}$
 $z_2 = 2.00 \text{ m}$
 $f_u = 0.50000 -$

beliebig

Bei dieser Figur wird mittels der Wertepaare (z_i/f_i) ein Polygonzug definiert, dem die Erddruckfigur entspricht. Über diese Option ist die Abbildung beliebiger Umlagerungen möglich.

☐ Rechteck
☐ Rechtecke, frei definiert
☐ Trapeze, Knicke am obersten und untersten Anker oder Lager
☐ Trapeze, frei definiert
☒ Beliebige

$F = 1.00000 \times E_h$
 $z_1 = 1.00 \text{ m}$
 $z_2 = 2.00 \text{ m}$
 $f_u = 0.50000 -$

	z_i	f_i
1:	0.00	0.8500
2:	9.00	1.1500
3:	12.00	1.0000

neu

3.2

globale Einstellungen



Unter den globalen Einstellungen werden allgemeine Angaben zu den Normen, Rechenverfahren und Erddruckansätzen gemacht. Der Aufruf des in zwei Register geteilten Eingabefensters erfolgt über den nebenstehenden Button.

3.2.1

Register *Berechnungsoptionen*

Im ersten Abschnitt werden Angaben zur verwendeten Berechnungsnorm vorgenommen.

Die Berechnung kann nach den Baugrundnormen DIN 1054, Ausgabe 1976-11, DIN 1054, Ausgabe 2005-01, oder EC 7 und zug. NA erfolgen. Bzgl. der Kombinationsregeln für die Bemessung der Wand kann zwischen DIN EN 1997, GEO2, und DIN EN 1990 gewählt werden. Der Umstand, dass DIN EN 1997 für die Bemessung der inneren Standsicherheit eigene Vorgaben macht, steht im Konflikt zur DIN EN 1990, die hier eigentlich verwendet werden müsste. Relevant wird der Unterschied, wenn ein Aushubzustand in der Bemessungssituation BS-T (LF2 nach DIN 1054) berechnet wird, da hier abgeminderte Sicherheiten zum Tragen kommen. Diese Unterscheidung zwischen Sicherheiten im Bau- und Endzustand kennt DIN EN 1990 nicht.

Noch problematischer wird die Bemessung nach GEO2, wenn Brückenlasten entspr. DIN EN 1991-2 auf die Wand wirken. Die Verfahrensweise ist in diesem Falle gänzlich unklar.

Über den nebenstehend gezeigten Button wird ein Fenster zur Eingabe der **Sicherheitsbeiwerte** auf Einwirkungs- und Widerstandsseite geöffnet.

The screenshot shows the 'Einwirkung' (Action) tab of the 'Sicherheitsbeiwerte DIN 1054:2010-12' dialog. It displays a table of partial safety factors for various limit states. The table has columns for 'Einwirkung' (Action), 'Formelzeichen' (Symbol), and 'Lastfall' (Load Case) with sub-columns for BS-P, BS-T, BS-A, and BS-E. The values are entered in a grid.

Einwirkung	Formelzeichen	Lastfall			
		BS-P	BS-T	BS-A	BS-E
EQU: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit					
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,ds1}$	1.10	1.05	1.00	1.00
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dsb}$	0.90	0.90	0.95	1.00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,ds1}$	1.50	1.25	1.00	1.00
GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund					
Ständige Einwirkungen allgemein	γ_G	1.35	1.20	1.10	1.00
günstige ständige Einwirkungen (nur im Sonderfall nach 7.6.3.1 A(2))	$\gamma_{G,inf}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Ständige Einwirkungen aus Erdruehdruk	$\gamma_{G,E0}$	1.20	1.10	1.00	1.00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1.50	1.30	1.10	1.00
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlustes der Gesamtstandsicherheit					
Ständige Einwirkungen	γ_G	1.00	1.00	1.00	1.00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1.30	1.20	1.20	1.00
SLS: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit					
$\gamma_G =$	1.00	für ständige Einwirkungen			
$\gamma_Q =$	1.00	für veränderliche Einwirkungen			

1.350 1.100 1.100

Die Sicherheitsbeiwerte können bei Bedarf verändert werden. Nicht regelkonforme Werte werden rot dargestellt. Im Falle einer Änderung der Standardwerte erscheint in der Druckliste automatisch eine Tabelle mit den verwendeten Sicherheitsbeiwerten.

Über den **Standardwerte-Button** werden die DIN-Werte wieder hergestellt.

Im zweiten Registerblatt können die Widerstandswerte gesichtet oder geändert werden.

The screenshot shows the 'Widerstand' (Resistance) tab of the 'Sicherheitsbeiwerte DIN 1054:2010-12' dialog. It displays a table of partial safety factors for various limit states. The table has columns for 'Widerstand' (Resistance), 'Formelzeichen' (Symbol), and 'Lastfall' (Load Case) with sub-columns for BS-P, BS-T, BS-A, and BS-E. The values are entered in a grid.

Widerstand	Formelzeichen	Lastfall			
		BS-P	BS-T	BS-A	BS-E
GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund					
Scherfestigkeit					
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens	γ_φ	1.00	1.00	1.00	1.00
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	γ_c, γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Bodenwiderstände					
Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand	$\gamma_{R,e}, \gamma_{R,v}$	1.40	1.30	1.20	1.00
Gleitwiderstand	$\gamma_{R,h}$	1.10	1.10	1.10	1.00
GEO-3: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit					
Scherfestigkeit					
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens	γ_φ	1.25	1.15	1.10	1.00
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	γ_c, γ_{cu}	1.25	1.15	1.10	1.00

1.350 1.100 1.100 Die Sicherheitsbeiwerte können bei Bedarf verändert werden. Nicht regelkonforme Werte werden rot dargestellt. Im Falle einer Änderung der Standardwerte erscheint in der Druckliste automatisch eine Tabelle mit den verwendeten Sicherheitsbeiwerten.

Standardwerte

Über den **Standardwerte-Button** werden die DIN-Werte wieder hergestellt.

aktiver Erddruck

☒ ΔE_{ah} bei der Berechnung der Einbindetiefe von Trägerbohlwänden berücksichtigen

Bei der Berechnung der Einbindelänge von Bohlträgern wird üblicherweise der aktive Erddruck ΔE_{ah} unterhalb der Baugrubensohle nicht angesetzt. Beim Nachweis des Erdwiderlagers muss er jedoch berücksichtigt werden. Soll daher vom Programm eine Einbindetiefe errechnet werden, die den Nachweis des Erdwiderlagers erfüllt, ist die o.g. Option zu aktivieren.

Erdwiderstand

Der Erdwiderstand kann bei Spundwänden mit Beiwerten nach *Caquot/Kerisel* oder *Sokolovsky/Pregel* berechnet werden.

Erdwiderstand eben (Spundwände)

Verfahren mit gekrümmten Gleitflächen bei $\varphi \geq 30^\circ$

☐ Beiwerte nach Caquot/Kerisel

☒ Beiwerte nach Sokolovsky/Pregel

Bei Trägerbohlwänden wirkt aufgrund der fehlenden Ausfachung im Einbindebereich ein räumlicher Erdwiderstand vor den Trägern, der nach *Weißbach/Streck* berechnet wird. Zudem kann gewählt werden, ob die später von *Weißbach* (Tunnelbau Taschenbuch 1985) vorgeschlagene Korrektur berücksichtigt werden soll. Gemäß EAB, 4. Aufl., kann der Anpassungsfaktor η_{Ep} vorgegeben werden.

Erdwiderstand räumlich (Trägerbohlwände)

Anpassungsfaktor gemäß EB 14 η_{Ep} : 0.80

☐ Korrektur nach Weißbach berücksichtigen

Erddruckberechnung

Für die Erddruckberechnung können folgende Parameter eingestellt werden

Berechnungsparameter

Ausbreitungswinkel für Blocklasten: 45.00 °

☐ Strömungsdruck berücksichtigen n. Bent Hansen

☒ Mindesterdruddruckbeiwert vorgeben: 0.000 -

☐ gemäß DIN 4085, 6.3.1.5 berechnen mit $\gamma = 1.35$ für GEO2 - Nachweise

☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 0$

☐ Passiv $\delta = 0$

☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 1/3 \varphi$

☐ Passiv $\delta = -1/3 \varphi$

☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 1/2 \varphi$

☐ Passiv $\delta = -1/2 \varphi$

☒ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 2/3 \varphi$

☐ Passiv $\delta = -2/3 \varphi$

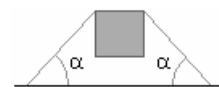
☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = \varphi$

☒ Passiv $\delta = -\varphi$

☐ Passiv $\delta = -(\varphi-2,5)$ für $\varphi \leq 30$, $=-27,5$ für $\varphi > 30$ (üblich für Trägerbohlwände)

Ausbreitungswinkel für Blocklasten: 45.00 °

Horizontaler Ausbreitungswinkel einer vierseitig begrenzten Flächenlast.



☒ Strömungsdruck berücksichtigen n. Bent Hansen

Bei unterschiedlichen Wasserständen auf Erd- und Luftseite kann der resultierende **Strömungsdruck** nach dem Verfahren von *Bent/Hansen* näherungsweise berücksichtigt werden.

☒ Mindesterdruddruckbeiwert vorgeben: 0.000 -

☐ gemäß DIN 4085, 6.3.1.5 berechnen mit $\gamma = 1.35$ für GEO2 - Nachweise

Bei kohäsiven Böden kann auf der Erdseite der Mindesterdruddruck maßgebend werden. Das Programm kann den Mindesterdruddruck entspr. DIN 4085-1987 (Mindesterdruddruckbeiwert $k_{ah} = 0.2$) oder nach DIN 4085 berücksichtigen.

Leider macht DIN 4087 keine Angaben darüber, ob der Mindesterdruddruck auf den charakteristischen oder den Bemessungserddruck anzusetzen ist. Daher besteht im Programm die Möglichkeit einen Sicherheitsbeiwert für den Mindesterdruddruck zu berücksichtigen. Durch Setzen des

Vorgabewerts $\gamma = 1.35$ wird der Mindesterdruk bei Nachweisen im GEO2 (GZ1) auf den Bemessungserdruks angewendet. Der Mindesterdruk wird zudem ausschließlich auf die ständigen Lasten angesetzt. Die veränderlichen Lasten werden anschließend überlagert.

Der **Wandreibungswinkel** auf der Erdseite ist abhängig von der Wandbewegung relativ zum Boden. Folgende Einstellungen sind möglich

- ☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 0$
- ☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 1/3 \varphi$
- ☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 1/2 \varphi$
- ☒ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = 2/3 \varphi$
- ☐ Wandreibungswinkel Aktivseite $\delta = \varphi$

Auf der Passivseite können folgende Wandreibungswinkel gewählt werden

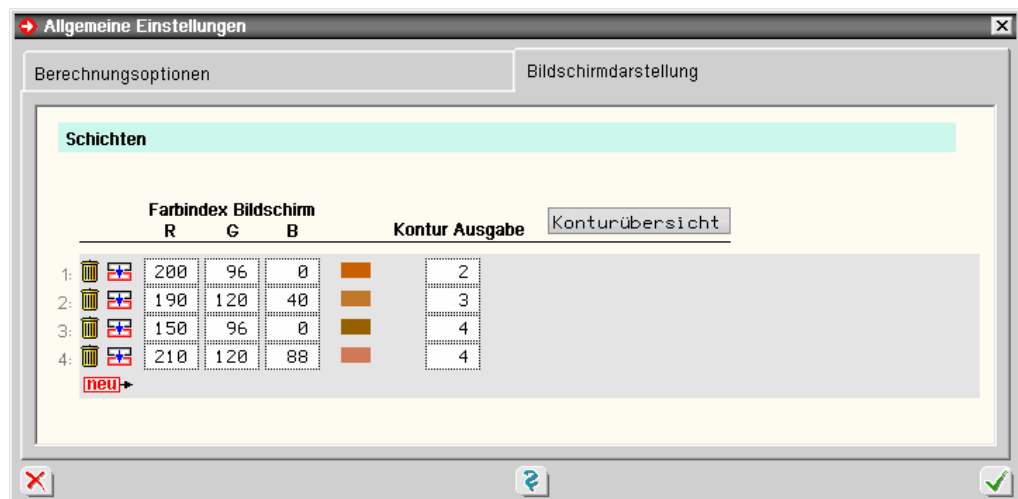
- ☐ Passiv $\delta = 0$
- ☐ Passiv $\delta = -1/3 \varphi$
- ☐ Passiv $\delta = -1/2 \varphi$
- ☐ Passiv $\delta = -2/3 \varphi$
- ☒ Passiv $\delta = -\varphi$
- ☐ Passiv $\delta = -(\varphi - 2,5)$ für $\varphi \leq 30$, $= -27,5$ für $\varphi > 30$
(üblich für Trägerbohlwände)

Die direkte Vorgabe des Wandreibungswinkels übersteuert die in diesem Fenster vorgenommene Einstellung; dies gilt für den aktiven und den passiven Winkel.

3.2.2

Register **Bildschirmdarstellung**

Im zweiten Register werden die Einstellungen zur farblichen Darstellung der Bodenschichten am Bildschirm und in der Druckliste vorgenommen.



Konturübersicht

Über den nebenstehenden Button wird ein Fenster mit einer Übersicht der Schraffurcodes für die Druckausgabe gezeigt.



Das Fenster zur Eingabe der Bodenschichten wird über den dargestellten Button gestartet.

Lastfall für Boden- und Wandeigengewicht:

Lastfall für Wasserdruck:

Die auf die Wand wirkenden Lasten, die aus Bodeneigengewicht oder aus Wasserdruck resultieren, müssen einem der zuvor angelegten Lastfälle zugeordnet werden. Die Zuordnung geschieht über die beiden Listboxen oberhalb der Tabelle.

☒

Durch einen Klick in die Listboxen werden die zur Verfügung stehenden Lastfälle angeboten, die zuvor in der Einwirkungsdefinition (s. Abs. 3.8, S. 24) angelegt worden sein müssen. Da Lasten aus Bodeneigengewicht und Wasserdruck vom Typ *ständig* sind, werden auch nur Lastfälle dieses Typs angeboten.

Die Eingabefelder der Parameter zur Berechnung der passiven Erddrücke werden durch Verschieben des horizontalen Scrollbalkens sichtbar. Die Tabelle enthält folgende Eingabefelder

Name	<input type="text" value="Sand"/>	der Name zur Identifizierung der Schicht darf 10 Zeichen enthalten
z	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="3.00"/>	untere z-Koordinate der Bodenschicht in m. Der Nullpunkt liegt auf dem Wandkopf, die positive Koordinate zeigt nach unten. Durch einen Klick auf den <input checked="" type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld inaktiv und stattdessen das h-Eingabefeld aktiviert. So kann alternativ die Schichtdicke eingegeben werden; die untere z-Koordinate wird vom Programm errechnet.
h	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="5.00"/>	Dicke der Bodenschicht in m. Durch einen Klick auf den <input checked="" type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld inaktiv und stattdessen das z-Eingabefeld aktiviert. So kann alternativ die untere z-Koordinate eingegeben werden; die Schichtdicke wird vom Programm errechnet.
φ	<input type="text" value="32.50"/>	Rechenwert des inneren Reibungswinkels der Bodenschicht in °
γ	<input type="text" value="19.00"/>	Wichte der Bodenschicht in kN/m ³
γ'	<input type="text" value="8.00"/>	Wichte der Bodenschicht unter Auftrieb in kN/m ³
c	<input type="text" value="10.00"/>	Rechenwert der Kohäsion der Bodenschicht in kN/m ²

Die folgenden Eingabefelder werden durch einen Klick auf den ☒-Button freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ☐-Button stellt das zugehörige Feld in den Automatikmodus.

δ _a	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="20.00"/>	Wandreibungswinkel auf der Aktivseite. Im Automatikmodus wird der Wandreibungswinkel vom Programm automatisch zu $\frac{2}{3} \phi$ berechnet.
K _{ah}	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="0.300"/>	horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Aktivseite. Im Automatikmodus wird der Erddruckbeiwert vom Programm berechnet.
K _{ch}	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="1.200"/>	horizontaler Beiwert für den Kohäsionsanteil der Bodenschicht auf der Aktivseite. Im Automatikmodus wird der Beiwert vom Programm berechnet.

δ_p	<input checked="" type="checkbox"/> autom. <input type="checkbox"/> -20.0	Wandreibungswinkel auf der Passivseite. Im Automatikmodus wird der Wandreibungswinkel vom Programm zu $-\frac{2}{3}\varphi$ berechnet.
K_{ph}	<input checked="" type="checkbox"/> autom. <input type="checkbox"/> 3.300	horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Passivseite. Im Automatikmodus wird der Erddruckbeiwert vom Programm berechnet.

Die folgenden Parameter werden nur bei Berechnung des Widerstands gegen Versinken bei Trägerbohlwänden mit Fußverbreiterung benötigt.

Boden ☐ nicht bindig ☒ bindig ☐ felsig der Bodentyp legt fest, welcher von drei Parametern zur Berechnung des axialen Pfahlwiderstands in der nachfolgenden Spalte einzugeben ist

c_{uk} q_{uk} q_c für bindige Böden ist die undrainede Scherfestigkeit c_{uk} , für nicht bindige Böden der mittlere Spitzenwiderstand der Drucksonde q_c und bei felsigem Boden die einaxiale Druckfestigkeit q_{uk} erforderlich

3.4 Bermen und Böschungen



Zur Beschreibung einer gebrochenen Geländeoberfläche können Bermen oder Böschungen definiert werden. Der Aufruf des zugehörigen Eingabefensters erfolgt über den nebenstehenden Button.

Berme	y m	l m	h m	γ kN/m ³
1:	0.50	1.00	1.00	19.00
2:	1.20	1.50	3.00	19.00

Geländeabschluss

β 0

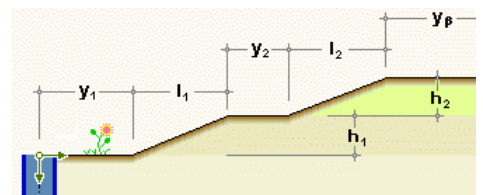
y_p 0.00 m

γ_p 19.00 kN/m³

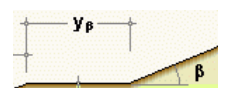
Im Normalfall können Böschungen nicht steiler als der Winkel der inneren Reibung φ sein. Das Programm erlaubt trotzdem die Eingabe steilerer Winkel, da die Böschung auch befestigt sein kann. In diesem Falle erfolgt die Berechnung gemäß *Spundwandhandbuch, Hoesch Spundwand und Profil*.

Im Eingabefenster können maximal zehn Bermen eingegeben werden. Die Tabelle enthält folgende Eingabefelder

y	2.00	horizontaler Abstand von der Innenseite des Wandkopfs oder der vorhergehenden Böschung in m
l	2.00	Länge der Berme in m
h	2.00	Höhe der Berme in m
γ	19.00	Wichte der Bodenschicht in kN/m ³



Zusätzlich kann eine konstante Neigung am Ende des Geländes vorgegeben werden. Die Parameter haben folgende Bedeutungen



Geländeabschluss

β	<input type="text" value="0"/>
y_{β}	<input type="text" value="0.00"/> m
γ_{β}	<input type="text" value="19.00"/> kN/m ³

- β konstante Neigung am Ende des Geländes in °
- y_{β} Fuß der Neigung, gemessen vom Wandkopf oder dem Ende der letzten Berme in m
- γ_{β} Wichte der Bodenschicht in kN/m³

3.5

Wandparameter



Das Fenster zur Eingabe der Wandparameter wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet.

Über die Optionsbuttons im oberen Bereich des Eigenschaftsblatts wird gewählt, ob eine **Spund-** oder eine **Trägerbohlwand** vorliegt.

Statische Werte je lfd. m		Statische Werte Einzelbohle	
A:	222.00 cm ² /m	A:	111.00 cm ²
I _y :	52500.00 cm ⁴ /m	I _y :	547.00 cm ⁴
I _z :	0.00 cm ⁴ /m	A _{Querkraft} :	38.88 cm ²
W _y :	2500.00 cm ³ /m	Breite:	500.0 mm
W _z :	0.00 cm ³ /m	d _{Steg} :	10.0 mm
A _{Querkraft} :	77.76 cm ² /m	d _{Flansch} :	15.6 mm
Höhe:	420.0 mm		
Gewicht:	175.00 kg/m ²		

Schloss

☒ Achse
☐ oben/unten

- Larssen 24
- Larssen 20
- Larssen 21
- Larssen 22 10/10
- Larssen 22
- Larssen 23
- Larssen 24
- Larssen 24/12
- Larssen 25
- Larssen 43
- Larssen 430
- Larssen 600
- Larssen 600 K
- Larssen 601**
- Larssen 602
- Larssen 603 10/10
- Larssen 603
- Larssen 603 K
- Larssen 604
- Larssen 605
- Larssen 605 K
- Larssen 606
- Larssen 606 n
- Larssen 607
- Larssen 607 n

Die gebräuchlichen Spund- und Trägerprofile sind in einer Datenbank gespeichert. Die Auswahl erfolgt sowohl bei Spund- als auch bei Trägerbohlwänden über die Listbox *Profil*.

Zur Information werden die wichtigsten statischen Werte des gewählten Profils angezeigt (s.o.).

- ☒ **freies Profil** Ist ein Profil nicht in der Datenbank vorhanden, kann es als **freies Profil** eingegeben werden. Nach Aktivieren der Option werden die Eingabefelder freigegeben und die Profildaten können eingegeben werden.

Fußbreite: mm

Achsabstand: m

Bei Trägerbohlwänden müssen zusätzlich zur Auswahl des Trägerprofils Angaben über den Achsabstand der Träger und die Breite des Fußes gemacht werden.

Üblicherweise entspricht die Fußbreite der Trägerbreite. Bei einbetonierten Trägern kann die Breite jedoch durchaus größer sein.



Das Fenster zur Eingabe von Ankern wird über den nebenstehenden Button geöffnet.

Beschreibung der Anker

Wandreibungswinkel auf Ankersersatzwände
 $\delta_{\text{Anker}} = 0.00^\circ$

Zeile löschen
 Zeile duplizieren
 neue Zeile anhängen

Bezeichnung	Typ	z m	α °	l_k m	l_r m	Federst. kN/m	hor. Abst. m	Breite m	Höhe m
W1	durchgängige Ankerwand	0.50	0.00	8.00	-	∞	2.00	-	1.00
W2	unterbrochene Ankerwand	0.50	0.00	8.00	-	∞	2.00	1.00	1.00
A1	Verpressanker	3.00	10.00	6.00	4.00	∞	2.00	-	-

neue Zeile anhängen

Die Eingabe erfolgt in Tabellenform. In diese Tabelle sollten alle Anker eingetragen werden, unabhängig in welchem Aushubzustand sie eingebaut werden. Die Zuordnung, welcher Anker in welchem Aushubzustand einzubauen ist, erfolgt in der Eingabe der Daten zum Aushubzustand (s. Abs. 3.1.1, S. 10).

Die Ankertabelle enthält folgende Eingabespalten

Bezeichnung jede Wand erhält einen Namen, der in der Druckliste erscheint

Wandtyp über die Listbox wird der Typ der Wand gewählt. Zur Auswahl stehen: Verpressanker, durchgängige Ankerwand oder unterbrochene Ankerwand.

Verpressanker
 Verpressanker
 durchgängige Ankerwand
 unterbrochene Ankerwand

z 1.00 z-Ordinate vom Wandkopf aus gemessen in m, in der der Anker an der Wand eingebaut wird

α 10.00 Winkel gegen die Horizontale, unter dem der Anker eingebaut wird

l_k 6.00 freie Länge des Ankers in m bis zum Beginn des Verpresskörpers oder der Ankerwand

l_r 4.00 Länge des Verpresskörpers in m (nur bei Verpressankern)

Federst. ∞ in der Grundeinstellung wirkt der Anker wie ein festes Lager in Ankerlängsrichtung. Soll eine Nachgiebigkeit des Ankers berücksichtigt werden, kann eine Federsteifigkeit definiert werden. Ein Klick auf den ∞ -Button gibt das Eingabefeld frei und es kann eine Federsteifigkeit in kN/m eingegeben werden. Die Wirkungsrichtung der Feder liegt genau in Ankerlängsrichtung.

hor. Abst. 2.00 horizontaler Abstand der Anker an der Wand in m

Breite 1.00 Breite der Ankertafel in m (nur bei durchbrochener Ankerwand)

Höhe 1.00 Höhe der Ankertafel in m (Ankerwand)

3.7

Lager



Das Fenster zur Eingabe von Lagern wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet.

	Bezeichnung	z m	α °	Lager-y	C _y kN/m	Lager-z	C _z kN/m	Lager-φ	C _φ kNm
1:	Gurt 1	1.00	0.0	Feder	100.0	Frei	100.0	Frei	100.0
2:	Gurt 2	5.00	0.0	Fest	100.0	Fest	100.0	Fest	100.0

Die Eingabe der Lager erfolgt in Tabellenform. In diese Tabelle sollten alle Lager eingetragen werden, unabhängig in welchem Aushubzustand sie eingebaut werden. Die Zuordnung, welches Lager in welchem Aushubzustand einzubauen ist, erfolgt in der Eingabe der Daten zum Aushubzustand (s. Abs. 3.1.1, S. 10).

Die Lagertabelle enthält folgende Eingabespalten

Bezeichnung jede Wand erhält einen Namen, der in der Druckliste erscheint

z z-Ordinate vom Wandkopf aus gemessen in m, in der das Lager an der Wand eingebaut wird

α Winkel gegen die Horizontale, unter dem das Lager eingebaut wird

Lager in y- Richtg. die Freiheitsgrade in y-, z- und φ-Richtung (Drehrichtung) können frei (verschieblich), fest oder als Feder definiert werden. Über die Listbox wird die entsprechende Einstellung vorgenommen. Bei Wahl der Einstellung *Feder* wird das entsprechende Eingabefeld zur Eingabe der Federsteifigkeit freigegeben.

Die Einstellung der Lager in z- und φ-Richtung (Drehrichtung) erfolgt analog zur y-Richtung.

3.8

Einwirkungen und Lastfälle

Erläuterungen zur *Verwaltung der Einwirkungen* finden Sie im zugehörigen Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept* unter 2. Programmhandhabung, in der Onlinehilfe des Programms oder im Internet unter www.pcae.de und dort *Nachweiskonzept*.

3.9

Lasten



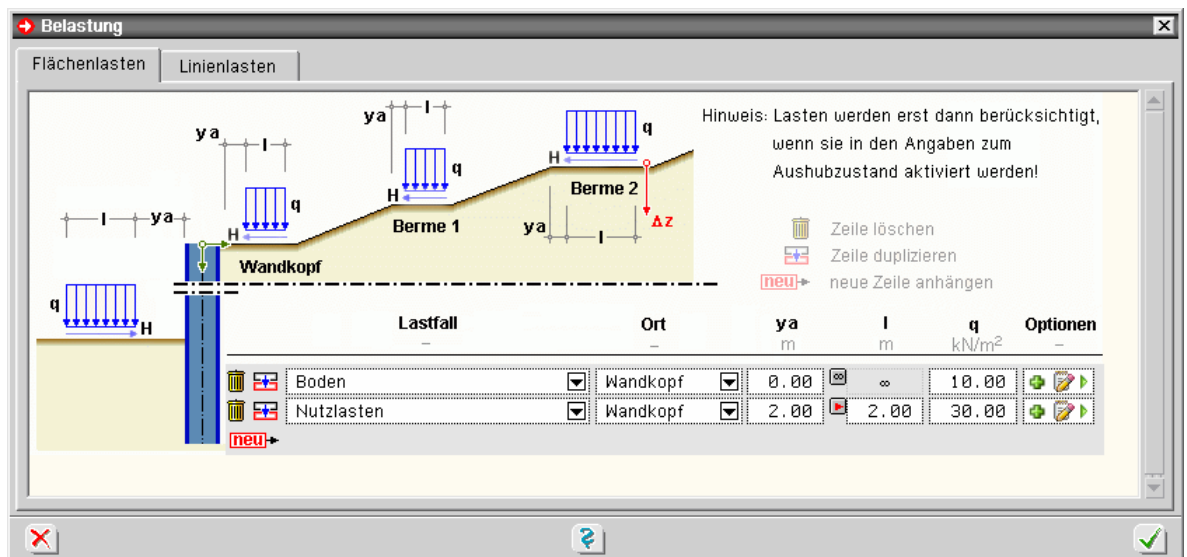
Das Eingabefenster zu den Lasten wird über den nebenstehend dargestellten Button gestartet. Als äußere Lasten können Flächenlasten und Linienlasten eingegeben werden. Flächenlasten können auf dem Gelände oder auch unterhalb der Geländeoberkante angreifen. Über Lasten unter dem Gelände können beispielsweise Fundamentlasten angrenzender Bebauung abgebildet werden. Die Flächenlasten können eine Horizontalkomponente enthalten. Die Linienlasten greifen direkt an der Wand an und können y -, z - oder Momentenkomponenten enthalten.

3.9.1

Flächenlasten



Das Eingabefenster zu den Flächenlasten wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet. Das Fenster enthält zwei Registerblätter zur Auswahl der Lastbilder für Flächen- und Linienlasten. Das erste Registerblatt enthält die Eingabe der Flächenlasten.



In diesem Fenster können maximal fünf Flächenlasten eingegeben werden. Die Flächenlasten können eine Horizontalkomponente enthalten.

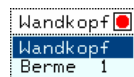
Lastfall

das Lastbild wird hierdurch dem Lastfall zugeordnet und erhält hierüber auch seinen Lastfalltyp (*ständig* oder *veränderlich*). Jeder Lastfall kann beliebig viele Lastbilder enthalten.

Ein Klick in die Listbox öffnet eine Auswahlliste aller zuvor in der Einwirkungsdefinition angelegten Lastfälle. Lastbilder, die gemeinsam wirken, sollten dem gleichen Lastfall zugeordnet werden.



Ort



sind Bermen auf dem erdseitigen Gelände vorhanden, kann über die Listbox angegeben werden, wo die Flächenlasten, gemessen vom Wandkopf oder vom Fußpunkt der jeweiligen Berme, angreifen.

y_a

0.80

horizontaler Abstand der Last vom gewählten Ort (Wandkopf oder Berme) in m

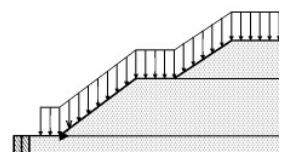
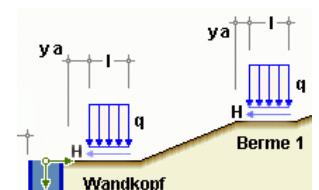
I

2.50

Länge der Last in m. Ist die gewählte Tiefe $z = 0$ (Einstellung erreichbar über die Zusatzoptionen), schmiegt sich die Last an die Geländeoberkante an; d.h. die Last setzt sich u.U. auch auf den Böschungen fort.

∞

soll die Last unendlich ausgedehnt sein, ist der -Button anzuklicken und im Eingabefeld erscheint das Unendlichsymbol

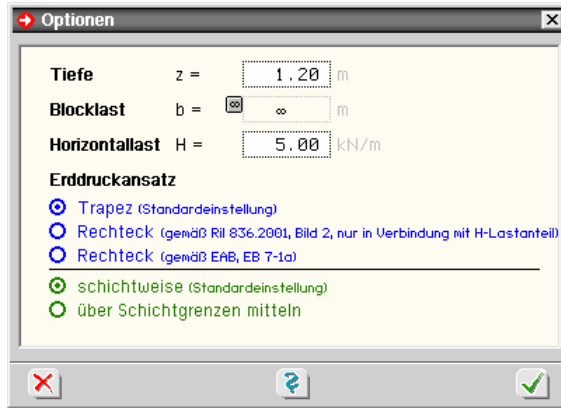


q

10.00

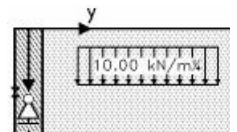
Größe der Last in kN/m^2

Optionen  Schalter zum Aufruf des Fensters mit den Zusatzoptionen



Die nachfolgenden Einstellungen sind über dieses Optionsfenster erreichbar.

Tiefe z ist die gewählte z -Ordinate = 0, liegt die Last auf Geländeoberkante. Wird eine Tiefe $z > 0$ (in m) eingegeben, liegt der Angriffspunkt der Last unter der Geländeoberkante. Auf diese Weise lassen sich z.B. Fundamentlasten angrenzender Bebauung berücksichtigen.



Blocklast b horizontale Ausdehnung der Last in der Draufsicht in m. Standardmäßig ist eine unendliche Ausdehnung voreingestellt. Hat die Last eine endliche Breite, wird das Eingabefeld durch einen Klick auf den -Button freigegeben. Ein Klick auf den -Button schaltet zurück in den "Unendlichmodus".

Horizontallast H jede Flächenlast kann eine Horizontalkomponente H in kN/m enthalten, die in Wandrichtung gerichtet ist

Über die nebenstehende Option können Lastbilder entspr. RII 836, Bild 2, oder gemäß EAB, EB 7-1a), erzeugt werden. Lastbilder entspr. RII 836 müssen einen H-Lastanteil, z.B. aus Fliehkräften oder Seitenstoß enthalten.

- ☒ Trapez (Standardeinstellung)
- ☐ Rechteck (gemäß RII 836.2001, Bild 2, nur in Verbindung mit H-Lastanteil)
- ☐ Rechteck (gemäß EAB, EB 7-1a)

Bei Aktivierung der Option **über Schichtgrenzen mitteln** werden die Erddrucksprünge an Schichtgrenzen "verschmiert" (flächengleiche Umwandlung).

- ☒ schichtweise (Standardeinstellung)
- ☐ über Schichtgrenzen mitteln

3.9.2

Linienlasten



Das Eingabefenster für die Linienlasten wird über den dargestellten Button gestartet. Das Fenster enthält zwei Registerblätter zur Auswahl der Flächen- und Linienlasteingabe.

Belastung

Flächenlasten Linienlasten

Hinweis: Lasten werden erst dann berücksichtigt, wenn sie in den Angaben zum Aushubzustand aktiviert werden!

Lastfall	z m	Py kN/m	Pz kN/m	M kNm/m
Boden	1.00	2.40	10.50	3.00
Nutzlasten	1.00	4.00	0.00	0.00

Diagramm: Ein vertikaler Balken (Wand) mit einer Last P_z (vertikal) und einem Moment M (rot). Die Last P_y wirkt horizontal. Die Wand ist in zwei Hälften unterteilt, jeweils mit einer Breite von $b/2$.

In diesem Fenster können Linienlasten eingegeben werden, die direkt an der Wand angreifen. Zur Verfügung stehen Lasten in y- und z-Richtung und Momente.

Die Tabelle enthält folgende Eingabespalten

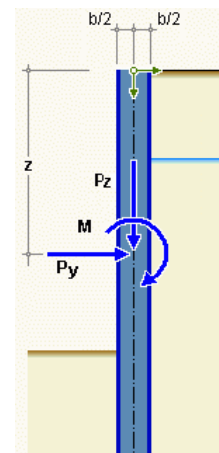
Lastfall ein Klick in die Listbox öffnet eine Auswahlliste aller zuvor in der Einwirkungsdefinition angelegten Lastfälle.

Das Lastbild wird hierdurch dem Lastfall zugeordnet und erhält hierüber auch seinen Lastfalltyp (*ständig* oder *veränderlich*). Jeder Lastfall kann beliebig viele Lastbilder enthalten. Lastbilder, die gemeinsam wirken, sollten dem gleichen Lastfall zugeordnet werden.

z 1.00 vertikaler Abstand der Last vom Wandkopf in m
Py 2.40 y-Komponente der Kraft in kN/m
Pz 10.50 z-Komponente der Kraft in kN/m
M 3.00 Momentenanteil der Last in kNm/m

Boden

- Boden
- ständige Auflasten
- Aushublasten
- Nutzlasten (1/1)



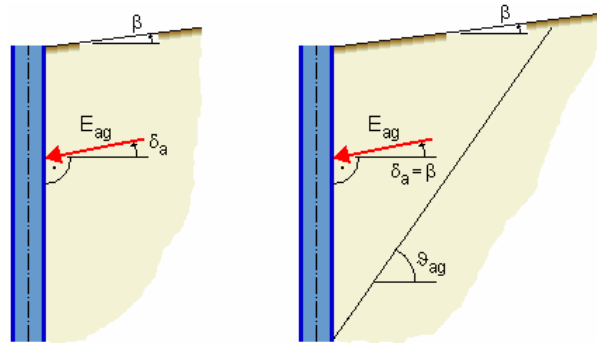
3.10

Erddruckermittlung

3.10.1

aktiver Erddruck (erdseitig)

Die Berechnung der Erddrücke erfolgt nach der Theorie von *Coulomb* und dem Ansatz nach *Müller-Breslau*. Die Erddrücke werden wie folgt errechnet.



- horizontaler Erddruck aus Bodeneigengewicht

$$e_{ah}^g = \gamma \cdot z \cdot k_{ah}^g \quad \dots \text{mit} \dots \quad k_{ah} = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right]^2$$

- horizontaler Erddruck aus breiter Flächenauflast

$$e_{ah}^p = p \cdot k_{ah}^g$$

- horizontaler Erddruck aus schmaler Auflast

$$e_{ah}^p = \frac{2 \cdot p \cdot b \cdot k_{ah}^p}{h} \quad \dots \text{mit} \dots \quad k_{ah}^p = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta_a)}$$

$$\dots \text{und} \dots \quad \vartheta_a = \varphi + \arccot \left[\tan(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \cdot \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha - \beta) \cdot \cos(\varphi + \delta_a)}} \right]$$

- Erddruckanteil infolge Kohäsion

$$e_{ach} = -k_{ach} \cdot c \quad \dots \text{mit} \dots \quad k_{ach} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \varphi \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\left[1 + \sin(\varphi + \alpha + \delta_a - \beta) \right] \cdot \cos \alpha}$$

3.10.2

Erdruhedruck

$$e_{0h}^g = \gamma \cdot z \cdot k_{0h}^g \quad \dots \text{mit} \dots \quad k_{0h}^g = k_1 \cdot f \cdot \frac{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \beta}{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \delta_0} \quad \dots \text{und} \dots \quad k_1 = \frac{\sin \varphi - \sin^2 \varphi}{\sin \varphi - \sin^2 \beta} \cdot \cos^2 \beta$$

$$\dots \text{und} \dots \quad f = 1 - |\tan \alpha \cdot \tan \beta| \quad \dots \text{und} \dots \quad \tan \alpha_1 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{k_1} + \tan^2 \beta}}$$

3.10.3

Mindesterdruk

Nach der alten DIN 4085 1987-02, 5.2.2.2, ist ein Mindesterdrukbeiwert $k_{agh} = 0.2$ in den bindigen Schichten anzusetzen ist.

Nach DIN 4085 2002-01, 6.3.1.5, ist bei Wirkung von Kohäsion ein Mindesterdruk anzusetzen, der einem Erddruk mit einer Scherfestigkeit $\varphi = 40$ und $c = 0$ entspricht.

3.10.4 passiver Erddruck (luftseitig)

Die Berechnung der Erddruckbeiwerte erfolgt nach *Caquot/Kerisel* oder alternativ nach *Sokolovsky/Pregl*.

$$e_{ph}^g = \gamma \cdot z \cdot k_{ph}^g$$

3.10.5 räumlicher Erddruck (bei Trägerbohlwänden)

Bei der Berechnung von Trägerbohlwänden kann der Erdwiderstand nicht für eine unendlich lange, ebene Wand berechnet werden. In Abhängigkeit vom Abstand der einzelnen Träger bildet sich vor jedem Einzelträger ein räumlicher Bruchkörper aus. Der Widerstand wird nach *Weißbach* wie folgt berechnet

für ... $b_t > b_{kr} = 0.3 \cdot t$

$$E_{ph}^* = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot K_R \cdot (b_t + b_{sg}) + 2 \cdot c \cdot t \cdot K_K \cdot (b_t + b_{sc}) \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$b_{sg} = 0.6 \cdot \tan \varphi \quad \dots \text{ und } \dots \quad b_{sc} = 0.9 \cdot t \cdot (1 + \tan \varphi) \quad \text{Ersatzbreiten für den Reibungsanteil}$$

t Einbindetiefe
 γ Wichte der Bodenschicht
 K_R Erdwiderstandsbeiwert für Reibung n. Steck
 K_K ... für Kohäsion n. Steck
 c Kohäsionsbeiwert
 b_t Trägerbreite

für ... $b_t \leq b_{kr} = 0.3 \cdot t$... ist der Wert

$$E_{kr}^* = E_{ph}^* (b_t = b_{kr}) \quad \text{zu ermitteln. Daraus wird dann } E_{ph}^* = E_{kr}^* \cdot \left(\frac{b_t}{b_{kr}} \right) \text{ berechnet.}$$

Um den Verlauf über die Tiefe darzustellen, wird $\frac{dE_{ph}^*}{dt}$ gebildet.

für ... $b_t > b_{kr} = 0.3 \cdot t$

$$e_{ph}^*(t) = \gamma \cdot t \cdot K_R \cdot (b_t + 0.9 \cdot t \cdot \tan \varphi) + 2 \cdot c \cdot K_K \cdot [b_t + 1.8 \cdot (1 + \tan \varphi) \cdot t]$$

für ... $b_t \leq b_{kr} = 0.3 \cdot t$

$$e_{ph}^*(t) = 1.25 \cdot \gamma \cdot t \cdot K_R \cdot \sqrt{\frac{b_t}{0.3 \cdot t}} \cdot [(0.3 + 0.6 \cdot \tan \varphi) \cdot t + 3 \cdot c \cdot K_K \cdot (1.2 + 0.9 \cdot \tan \varphi) \cdot t]$$

Weiterhin gelten

$$K_R = \frac{(\alpha_1 + \alpha_1^2) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot \cot(\vartheta_1 - \varphi) + \alpha_1^2 \cdot \tan^2 \alpha}{1 + \tan \delta_p \cdot \cot(\vartheta_1 - \varphi)} \quad \dots \text{ und } \dots$$

$$K_K = \frac{\alpha_1 \cdot \tan \alpha + \frac{\sin(\alpha/2) \cdot \cot \vartheta_1 \cdot [\cot(\vartheta_1 - \varphi) + \tan \vartheta_1]}{2 \cdot \sin \varepsilon}}{1 + \tan \delta_p \cdot \cot(\vartheta_1 - \varphi)} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$\alpha = 45^\circ + \varphi/2 \quad \dots \text{ und } \dots \quad \varepsilon = 180^\circ - \alpha/2 - \vartheta_1 \quad \dots \text{ und } \dots \quad \alpha_1 = \cos(\alpha/2) \cdot \sin \vartheta_1 / \sin \varepsilon \quad \dots \text{ und } \dots$$

$$\vartheta_1 = \arccot \left[\sqrt{\frac{(1 + \tan^2 \varphi) \cdot (\tan \varphi + \tan \delta_p)}{\tan \varphi + \tan \delta_p}} \right] - \tan \varphi$$

Alternativ kann der Beiwert für den Kohäsionsanteil entspr. DIN 4085 ermittelt werden, er sollte dann jedoch entspr. EAB, EB14, um 50% abgemindert werden.

$$K_{pch} = 0.5 \cdot \frac{2 \cdot \cos \alpha \varphi' \cdot \cos \beta \cdot (1 - \tan \alpha \cdot \tan \beta) \cdot \cos(\alpha - \delta_{a,p})}{1 \pm \sin(\alpha \varphi' \pm \delta_{a,p} \pm \alpha \pm \beta)}$$

Für den Wandreibungswinkel sollte die Bedingung gewählt werden

$$\delta_p = -(\varphi - 2.5^\circ) \quad \dots \text{ für } \dots \quad \varphi \leq 30^\circ \quad \dots \text{ bzw. } \dots \quad \delta_p = -27.5^\circ \quad \dots \text{ für } \dots \quad \varphi > 30^\circ$$

Im Programm wird der räumliche Erddruck als Funktion über die Tiefe ermittelt. Dabei wird an jedem Berechnungspunkt neben dem räumlichen der ebene Erdwiderstand vor einer gedachten durchgehenden Wand berechnet. Der jeweils maßgebende kleinere Erdwiderstand wird übernommen. Diese Vorgehensweise liegt auf der sicheren Seite.

3.11

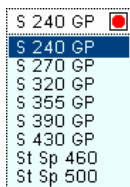
Nachweise



Das Fenster zur Eingabe der Nachweise wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet.

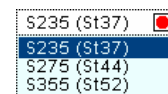
3.11.1

Materialgüten

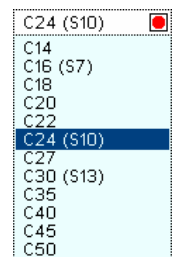


Im ersten Abschnitt wird die verwendete Stahlgüte eingegeben. In der Listbox werden alle für Spundwände gebräuchliche Stahlsorten angeboten.

Bei Trägerbohlwänden (s. Abs. 3.5, S. 22) werden die entsprechenden Stahlsorten für Walzträger



und die Holzgüten für die Bemessung der Verbaubohlen angeboten.



3.11.2

Nachweis der Stahlprofile

Im zweiten Abschnitt kann der Nachweis der Stahlprofile entspr. DIN EN 1993-1 bzw. DIN 18800 (elastisch-elastisch) gewählt werden.

Im dritten Abschnitt erscheinen die Nachweise der äußeren Standsicherheit.

Optional kann bei der Ermittlung der Schnittgrößen der mobilisierte Erdwiderstand überlagert werden. Hierdurch ergibt sich ein glatter Schnittgrößenverlauf ohne Querkraftsprung in Höhe des horizontalen Ersatzlagers.

Bei Systemen mit Einspannung nach BLUM wird der Nachweis im Programm grundsätzlich ohne Erdwiderstand geführt.

3.11.3

Nachweis gegen Versagen des Erdwiderlagers

Der Nachweis überprüft, ob der Erdwiderstand die resultierende H-Komponente im Erdaufleger aufnehmen kann. Ist der Nachweis nicht erfüllt, ist die Einbindetiefe zu vergrößern.

☒ Nachweis gegen Versagen des Erdwiderlagers gemäß DIN 1054:2010-12, A(9.5)

Der Nachweis ist automatisch erfüllt, wenn als Einspannung die Option **Einspannung nach BLUM** oder **Frei (beweglich) Einbindetiefe berechnen** gewählt wurde (s. Abs. 3.1.1, S. 10).

3.11.4

Nachweis der Vertikalkomponente der Auflagerkraft

Der Nachweis überprüft, ob unter dem gewählten passiven Erddruckwinkel die V-Komponente der resultierenden erdseitigen Belastung von der Vertikalkomponente des Erdwiderstands aufgenommen werden kann.

☒ Nachweis der Vertikalkomponente der Auflagerkraft gemäß DIN 1054:2010-12, A(9.8)

Ist der Nachweis nicht erfüllt, ist der passive Erddruckwinkel zu verringern oder die Einbindetiefe zu vergrößern.

3.11.5

Nachweis gegen Versagen der Bauteile durch Vertikalbewegung

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_p für den Widerstand kann vom Anwender vorgegeben werden.

☒ Nachweis gegen Versagen durch Vertikalbewegung gemäß DIN 1054:2010-12, A(9.6)

Sofern die Widerstandsanteile aus Erfahrungswerten ermittelt wurden, wird dieser üblicherweise $\gamma_p = 1.4$ gesetzt. Bei Durchführung von Probelastungen kann der Wert reduziert werden.

☒ nach Spundwandhandbuch
☐ nach EAB, EB 85

$\gamma_p = 1.40$ $q_{b,k} = 5.00$ MN/m² $n = 6$

Gemäß EAU 2004, Abschn. 8.2.11, sind Angaben über den Wert des anzusetzenden Spitzendrucks $q_{b,k}$ und die damit verbundene erforderliche Einbindetiefe vom Baugrundgutachter festzulegen.

Bei kastenförmigen Profilen darf der Spitzendruck $q_{b,k}$ auf die von der Umhüllenden des Wandquerschnitts begrenzte Fläche angesetzt werden. Bei Verwendung wellenförmiger Profile mit einem mittleren Stegabstand ≥ 400 mm ist die Aufstandsfläche abzumindern. Für die Berechnung der wirksamen Aufstandsfläche wird für diese Fälle i.d.R. die Formel $A_b = n \cdot A_s$ mit $n = 6$ bis 8 benutzt.

Bei Spundwänden kann alternativ das Verfahren gemäß EAB 2006, EB 85, gewählt werden.

3.11.6

Nachweis gegen Versagen durch Vertikalbewegung bei Trägerbohlwänden

Der Nachweis wird entspr. *Dörken, Dehne, Kliesch* geführt. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_p für den Widerstand kann vom Anwender vorgegeben werden.

☒ Nachweis gegen Versagen durch Vertikalbewegung

entsprechend DIN EN 1997-1, 9.7.5

$\gamma_p = 1.40$ - (Sicherheitsbeiwert für den Widerstand)

$\tau_m = 5.00$ kN/m² (mittlerer Mantelreibungswert)

G Bohlen = 0.000 kN/m² (Eigengewicht der Verbaubohlen)

$f_D = 0.00$ - (Beiwert für den Einfluss der Lagerungsdichte)

Sofern die Widerstandsanteile aus Erfahrungswerten ermittelt wurden, wird üblicherweise $\gamma_p = 1.5$ gesetzt. τ_m bezeichnet den mittleren Mantelreibungswert. Das Gewicht der Bohlen kann ebenfalls berücksichtigt werden. Der Einfluss der Lagerungsdichte wird über den Faktor f_D (nach *Dörken, Dehne, Kliesch*) erfasst. Für nicht bindige Böden gelten die Werte der nachfolgenden Tabelle.

$U < 3$	$U \geq 3$	Lagerung	f_D
$D < 0.15$	$D < 0.2$	sehr locker	0.20
$0.15 < D < 0.30$	$0.20 < D < 0.45$	locker	0.40
$0.30 < D < 0.40$	$0.45 < D < 0.55$	mitteldicht	0.70
$0.40 < D < 0.50$	$0.55 < D < 0.65$	ausreichend dicht	1.00
$D > 0.50$	$D \geq 0.65$	besonders dicht	1.25

U Ungleichförmigkeitszahl D Lagerungsdichte

Für bindige Böden liegen wegen der starken Abhängigkeit vom Wassergehalt keine geeigneten Ansätze vor. Vertretbar erscheint es, steifplastische, bindige Böden mit locker gelagerten, nicht bindigen Böden gleichzusetzen ($f_D = 0.4$).

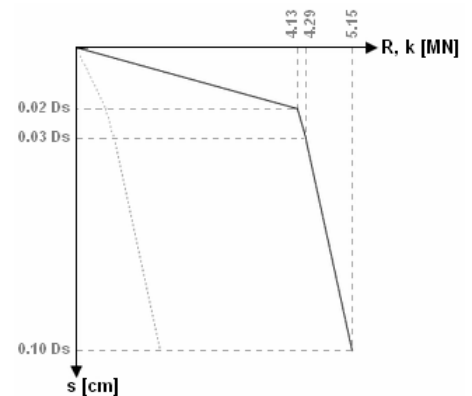
$f_D = 1.25$	bei besonders dichter Lagerung
$f_D = 1.00$	bei dichter Lagerung
$f_D = 0.70$	bei mitteldichter Lagerung
$f_D = 0.40$	bei lockerer Lagerung

Bei Wahl einer Fußverbreiterung wird davon ausgegangen, dass der Träger bis zur Aushubsohle als Pfahl einbetoniert wird. Der Nachweis der axialen Tragfähigkeit wird in der Situation GEO2 bzw. im Grenzzustand 1B (Grenzzustand für das Versagen von Bauteilen) geführt.

Für den einbetonierten Träger wird eine Widerstands-Setzungs-Linie ermittelt.

Anhand von tabellierten Erfahrungswerten werden in Abhängigkeit von Bodenkennwerten der Pfahlspitzenwiderstand und die Pfahlmantelreibung ermittelt.

Für nichtbindige Böden wird hierzu der mittlere Spitzenwiderstand q_c aus einer Drucksondierung benötigt; für bindige Böden die undrained Scherfestigkeit $c_{u,k}$ und bei felsigen Böden die einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$.



Die Werte für den Pfahlspitzenwiderstand bei bindigen und nichtbindigen Böden werden für bezogene Pfahlkopfsetzungen s/D angegeben (mit D für Pfahlschaftdurchmesser bzw. Pfahlfußdurchmesser).

Die Abb. oben zeigt ein Beispiel für eine Widerstands-Setzungs-Linie. Die Grenzsetzung beträgt $s_g = 0.1 \cdot D$. Der zugehörige Widerstandswert stellt den charakteristischen Grenzwert der Tragfähigkeit dar (hier 5.15 MN).

3.11.7

Nachweis der Verformungen

Die extremalen Wandverformungen können berechnet werden. Durch Eingabe einer zulässigen Verformung wird ein Nachweis der zulässigen Verformungen geführt.

Optional kann bei der Ermittlung der Schnittgrößen der mobilisierte Erdwiderstand überlagert werden. Hierdurch ergibt sich ein glatter Schnittgrößenverlauf ohne Querkraftsprung in Höhe des horizontalen Ersatzlagers.

☒ Verformungen
☐ mit mobilisierten Erdwiderstand
☒ ohne Erdwiderstand
 zul w = mm

3.12

Berechnung



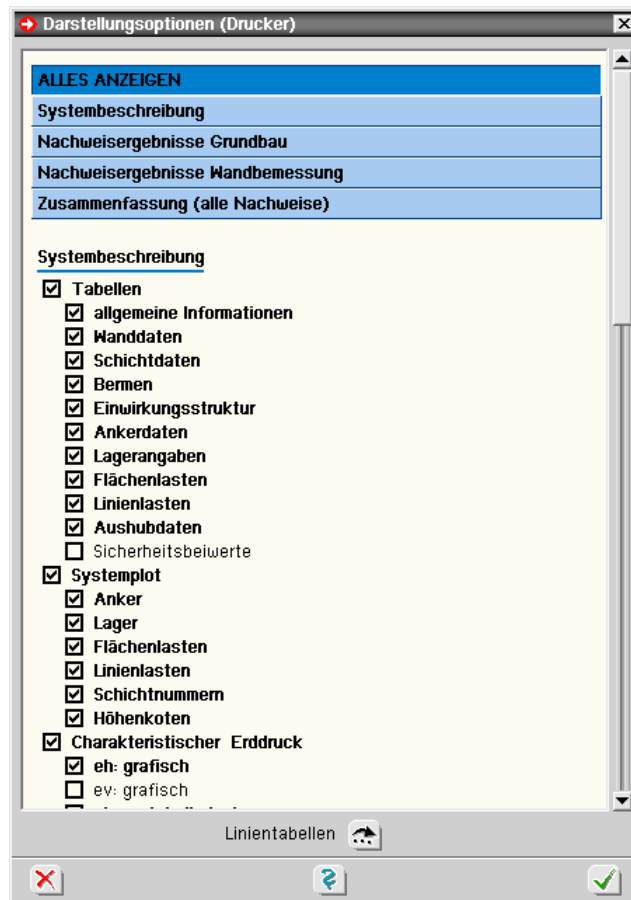
Durch Klicken des nebenstehenden Buttons wird der Berechnungsvorgang gestartet. Alle Aushubzustände werden neu berechnet.

3.13

Drucklistensteuerung



Durch Klicken des dargestellten Buttons wird das Fenster zur Drucklistensteuerung geöffnet. Die Drucklistensteuerung erlaubt den Umfang der Druckausgabe sehr detailliert festzulegen.



4

Parametererläuterung

Bodenkennwerte

φ	Bodenreibungswinkel
γ	Bodenwichte
γ'	Wichte unter Wasser
K_{gh}	horizontaler Erddruckbeiwert
K_{0h}	horizontaler Erdruchdruckbeiwert

Erddruck

δ	Wandreibungswinkel
$K_{gh,min}$	Mindesterddruckbeiwert

Erddruck aus Boden

K_{gh}	horizontaler Erddruckbeiwert aus Bodeneigenlast
K_{ch}	horizontaler Erddruckbeiwert aus Kohäsion
e_h	horizontale Erddruckordinate
e_v	vertikale Erddruckordinate
e_{res}	resultierende Erddruckordinate

Erddruck aus Auflast

K_{ph}	horizontaler Erddruckbeiwert aus Auflast
----------	--

Wasserdruck

$e_{h,w}$	Wasserdruckordinate
-----------	---------------------

5 Beispielausgabedokument

Zu Druckausgabebeispielen s. im Internet unter www.pcae.de.

6 Verzeichnis der verwendeten Normen und Veröffentlichungen

Normen

- /1/ DIN 1045: Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, Juli 1988
- /2/ DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Juli 2001
- /3/ DIN 18800: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion
- /4/ DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- /5/ DIN EN 1993-1-1/NA: National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- /6/ DIN EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines, Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008
- /7/ DIN EN 1995-1-1/NA: National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- /8/ DIN 1055-1: Einwirkungen auf Tragwerke
- /9/ DIN 1054: Baugrund, Zulässige Belastung des Baugrunds, November 1976
- /10/ DIN 1054: Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Januar 2005
- /11/ DIN EN 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- /12/ DIN EN 1997-1/NA: National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- /13/ DIN 1054:2010: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- /14/ DIN 4017 Teil 1: Baugrund, Grundbruchberechnung von lotrecht, mittig belasteten Flachgründungen, August 1979
- /15/ DIN 4017 Teil 2: Baugrund, Grundbruchberechnung von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen, August 1979
- /16/ DIN 4019 Teil 1: Baugrund, Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung, April 1979
- /17/ DIN 4019 Teil 2: Baugrund, Setzungsberechnungen bei schräg und außermittig wirkender Belastung, Februar 1981
- /18/ DIN 4085: Baugrund: Berechnung des Erddrucks, 2011
- /19/ EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben", 5. Auflage
- /20/ EAU: Empfehlungen des Arbeitskreises "Ufereinfassungen", 11. Auflage

Veröffentlichungen

- /21/ Avak: Stahlbeton in Beispielen: DIN 1045 und europäischen Normung, Teil 2: Bemessung von Flächentragwerken, Werner, 2. Aufl. 2002
- /22/ DAfStb Heft 525: Erläuterungen zu DIN 1045-1, Beuth, 2003
- /23/ Deutscher Betonverein: Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1, Ernst & Sohn, 2001

- /24/ Zilch, K.; Rogge, A.: Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, BK 2004, T. 2, Ernst & Sohn
- /25/ Dörken, Dehne: Grundbau in Beispielen Teil 1, 2. Auflage, Werner Verlag 1999
- /26/ Dörken, Dehne: Grundbau in Beispielen Teil 3, 2. Auflage, Werner Verlag 2005
- /27/ Caquot, A., und Kérisel, J.: Tables de butée et de poussée, Gauthiers-Villars, Paris 1948. Vgl.: Grundbau - Taschenbuch Band 1, 1. Aufl. 1955 S. 65/72 und 2. Aufl. 1966, S. 277 / 89.
- /28/ Caquot, A., und Kérisel, J.: Tables de butée et de poussée, Gauthiers-Villars, Paris / Brüssel / Montreal 1973
- /29/ Dörken, Dehne: Grundbau in Beispielen Teil 2, 3. Auflage, Werner Verlag 2004
- /30/ Kany, M.: Berechnung von Flächengründungen, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 2. Aufl. 1974
- /31/ Müller Breslau, H.: Erddruck auf Stützmauern, Verlag Kröner, 1906
- /32/ Pregl, O. und Kristöfl, R.: Beiwerte für den passiven Erddruck und die Tragfähigkeit von Flachgründungen. Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Geotechnik H. 8, Wien 1983.
- /33/ Pregl, O. und Talmann, W.: Tafeln zur Berechnung des passiven Erddruckes und der Tragfähigkeit von Flachgründungen. Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Geotechnik H. 6, Wien 1978
- /34/ Schneider Bautabellen, Abschn. 11: Geotechnik, 20. Aufl., Werner, 2012
- /35/ Sherif, G.; König, G.: Platten und Balken auf nachgiebigem Baugrund, Springer, 1975
- /36/ Simmer, K.: Grundbau 1, 19. Auflage, B. G. Teubner, 1994
- /37/ Spundwandhandbuch, Hoesch Spundwand und Profil
- /38/ Spundwandhandbuch, Berechnung: ThyssenKrupp GfT Bautechnik GmbH, HSP Hoesch Spundwand und Profil GmbH, 2007
- /39/ Weißenbach: Baugruben, Teil III Berechnungsverfahren, Ernst & Sohn, 2001
- /40/ Ziegler, M.: Geotechnische Nachweise nach DIN 1054, Ernst & Sohn, 2004
- /41/ Tunnelbau Taschenbuch 1985
- /42/ Dörken, Dehne, Kliesch: Grundbau in Beispielen, Teil 3, 3. Auflage

- Abkürzungen 4
- Anker 13, 23
- Aushubzustände 10
- Bauteil erzeugen 7
- Bemessungssituation 11
- Berme 21
- blank 4
- Blum 11
- Bodenparameter 20
- Böschung 21
- Buttons 4
- Cursor 4
- Drucklistensteuerung 33
- Einspanngrad 11
- Einwirkung 4, 24
- e-Mail 6
- Erddruck aktiver 28
- Erddruckberechnung 18
- Erddruckermittlung 28
- Erddruckumlagerung 14
- Erdwiderlager 31
- Erdwiderstand 18
- Extremalbildungsvorschrift 4
- Flächenlast 25
- Fußeinspannung 11
- Gleitfuge tiefe 12
- Grundwasser 11
- Installation 5
- Kontextsensitivität 6
- Lackner 12
- Lager 13, 24
- Last 25
- Lastbild 4
- Lastfall 4, 13, 24
- Lastkollektiv 4
- Linienlast 27
- Nachweis 30
- Norm 16
- Ordner 7
- Parametererläuterung 33
- Rammtiefenzuschlag 12
- Schreibtisch 6
- Schreibtischauswahl 5
- Sicherheitsbeiwert 17
- Startsymbol 5
- Steuerbutton 6, 8
- Strömungsdruck 18
- Verdichtungserddruck 12
- Verformung 32
- Vertikalbewegung 31
- Wandparameter 22
- Wandreibungswinkel 19