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-WINKEL

Winkelstützwand

Juli 2020

4H-WINKEL

Winkelstützwand

Copyright 2005-2020

5. durchgesehene Auflage, Juli 2020

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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.

Teile dieses Handbuches dürfen unter Angabe der Quelle vervielfältigt werden.

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.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden. S. hierzu auch automatische Patch-Kontrolle im DTE®-System.

Produktbeschreibung

4H-WINKEL, Winkelstützwand, ist ein Produkt der **pcae** GmbH, Hannover.

Das Programm dient zur Berechnung von Winkelstützwänden aus Stahlbeton. Die Berechnung umfasst sowohl die grundbautechnischen Nachweise der äußeren Standsicherheit als auch die innere Bemessung der Stahlbetonquerschnitte.

Alle Ein- und Ausgaben sind so aufgebaut, dass 1 m laufende Stützwand berechnet wird. Sämtliche Eingabedaten werden über die grafische Bedienungsoberfläche aufgenommen.

Folgende Normenwerke werden unterstützt: Nachweise der äußeren Standsicherheit n. DIN EN 1997-1 und DIN EN 1997 (EC 7)-1/NA, DIN 1054, 02/1987, und DIN 1054, 01/2005; innere Standsicherheit n. DIN EN 1992-1 (EC 2)-1/NA, DIN 1045-1, 08/2008, und DIN 1045, 07/1988.

Es können Stützwände mit senkrechter oder geneigter Rückwand erzeugt werden. Die Sporne können gerade oder gevoutet sein. Zur Erhöhung der Gleitsicherheit kann die Sohlfuge geneigt sein. Krag- oder Schleppplatten können ersatzweise als Einzellast mit Einzelmoment an der Stützwand abgebildet werden.

Der Boden kann beliebig geschichtet sein. Die Parameter zur Erddruckermittlung auf Aktiv- und Passivseite können automatisch bestimmt oder vorgegeben werden**.** Der Einfluss des Grundwassers kann ebenfalls berücksichtigt werden. Zur Definition einer gebrochenen Geländeoberfläche können eine konstante Neigung oder Bermen definiert werden. Der Einfluss des Erddrucks auf der Luftseite kann wahlweise berücksichtigt werden.

Als Lasten können Flächenlasten auf der Erdseite oder Linienlasten, die direkt an der aufgehenden Wand angreifen, vorgegeben werden. Optional können für alle Flächenlasten die Parameter zur Erddruckermittlung 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 Eingabe einer Horizontalkomponente ist ebenfalls möglich.

Die Berechnung des Erddrucks erfolgt nach der Theorie von Coulomb und dem Ansatz nach Müller-Breslau. Ein Mindesterddruck kann berücksichtigt werden. Die Bemessung kann für aktiven Erddruck, Erdruhedruck oder erhöhten aktiven Erddruck erfolgen. Eine trapezförmige Umlagerung zur Bemessung der inneren Standsicherheit entsprechend DIN 4085, 02/1987, kann ebenfalls vorgegeben werden. Die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit können mit aktivem, erhöhtem aktiven oder Erdruhedruck geführt werden.

Die Nachweise der äußeren Standsicherheit werden bei Berechnung n. EC 7 bzw. DIN 1054:2010 entspr. den Abschnitten 6.4 und 6.5 für Flächengründungen geführt: Sicherheit gegen Kippen, Grundbruchsicherheit und Gleitsicherheit als Tragfähigkeitsnachweise sowie Begrenzung einer klaffenden Fuge, Verschiebung in der Sohlfläche und Nachweis der Setzung als Gebrauchstauglichkeitsnachweise.

Alternativ wird das Verfahren nach Abschnitt A 6.10 unter der Bezeichnung *Vereinfachter Nachweis in Regelfällen* im Grenzzustand angeboten.

Zur Berechnung der inneren Standsicherheit dient ein leistungsfähiges Stabwerksprogramm, so dass auch schlanke Konstruktionen, bei denen die Systemsteifigkeit einen Einfluss hat, berechnet werden können. Die Berechnung erfolgt mit elastischer Bettung des Fundamentbalkens. Die nichtlineare Berechnung mit Zugfederausschaltung ist ebenfalls möglich, so dass auch klaffende Fugen ermittelt werden. Im Berechnungsmodell wird die Erddrucklast direkt auf die Wand und den Fundamentbalken aufgesetzt.

Die Berechnungsergebnisse werden als Linienergebnisse an allen Systemschnitten dargestellt.

Folgende Nachweise n. EC 2, DIN 1045-1, 08/2008, und DIN 1045, 7/88, können geführt werden: Biegebemessung, Schubbemessung, Rissnachweis, Spannungsnachweis und Ermüdungsnachweis. Die Bemessungsparameter können für Fundament und Wand getrennt eingegeben 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 4H-WINKEL 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 ⚡-WINKEL-Dokumentation gehören neben diesem Manual die Handbücher

*das **pcae**-Nachweiskonzept* und *DTE®-DeskTopEngineering*.

Zu Stahlbetonbemessung/-nachweisen s. im Internet unter www.pcae.de *Stahlbetontheorie*.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ⚡-WINKEL.

Hannover, im Juli 2020

Abkürzungen und Begriffe

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

Maustasten

RMT	rechte Maustaste drücken
LMT	linke Maustaste drücken
LF	Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp	Nachweistyp
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit
SLS	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:

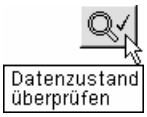
bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab

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

ruft das Online-Hilfesystem

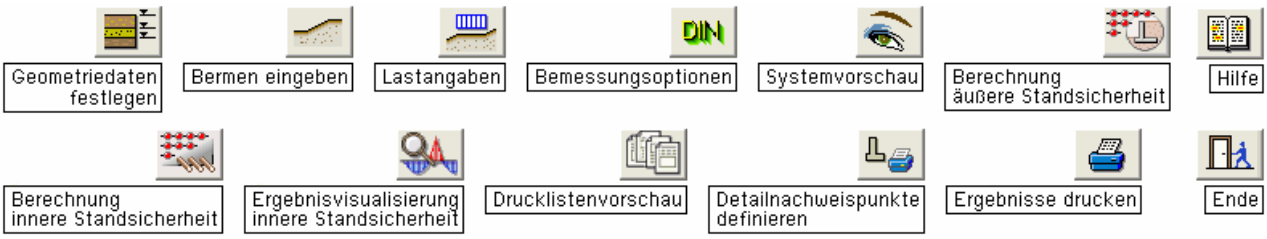
bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt

Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage



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

Funktionen der Buttons zur Steuerung der ⚡-WINKEL-Eingabe:



Inhaltsverzeichnis

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten 5
2 Bauteile verwalten unter DTE® 7
2.1 Bauteile einrichten 7
2.2 Bauteile kopieren 8
2.3 Bauteile sichern 8
2.4 Datenkategorien und Drucklisten 9
3 Allgemeines 10
4 Eingabeoberfläche 13
4.1 Steuerbuttons 13
4.2 Stützwandgeometrie 14
4.3 Bodenparameter 15
4.4 Bermen und Böschungen 16
4.5 Lasten 17
4.5.1 Flächenlasten 17
4.5.2 Linienlasten 19
4.6 DIN-Einstellungen 20
4.6.1 Normen und Materialien 20
4.6.2 Erddruckermittlung 23
4.6.3 Nachweise der inneren Standsicherheit (Bemessung) 24
4.6.3.1 Bemessung und Nachweise 26
4.6.3.1.1 allgemeine Bemessungsoptionen 26
4.6.3.1.2 Bemessungsoptionen DIN EN 1992-1 (EC 2) 26
4.6.3.1.3 Bemessungsoptionen DIN 1045-1 (2008-08) 30
4.6.3.1.4 Bemessungsoptionen DIN 1045 (7.88) 33
4.6.4 Nachweis der äußeren Standsicherheit 35
4.6.4.1 Eurocode 7 bzw. DIN 1054:2010 35
4.6.4.2 DIN 1054:2005 36
4.6.4.3 Böschungsbruch 37
4.6.4.4 vereinfachter Nachweis in Regelfällen 39
4.6.4.5 Erddruckermittlung 40
4.6.4.6 Gleitsicherheit 42
4.6.4.7 Grundbruch 43
4.6.4.8 Sicherheit gegen Kippen 44
4.6.4.9 Begrenzung einer klaffenden Fuge 44
4.6.4.10 Ersatzfläche zur Berücksichtigung außermittiger Belastung 45
4.6.4.11 Verschiebung in der Sohlfläche 45
4.6.4.12 Setzungen 45
5 Berechnung 47
6 Ergebnisvisualisierung der inneren Standsicherheit 48
6.1 allgemeine Erläuterungen 48
6.2 Verwaltung der Druckansichten 50
6.3 3D-Darstellung 52
6.4 Liniengrafiken 54
6.5 Tabellen 55
6.6 Funktionen der Steuerbuttons 56
6.6.1 darstellbare Ergebnisse 59
6.6.1.1 System 59
6.6.1.2 Bemessungs- und Nachweisergebnisse 59
6.7 Druckeinstellungen 60
6.8 Drucken, Online-Hilfe und Bearbeitung beenden 65
7 Literaturverzeichnis 66
8 Index 67

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

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

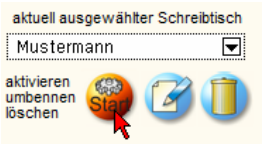
Sofern Sie bereits im Besitz anderer ###-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte auf S. 7 weiter.

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

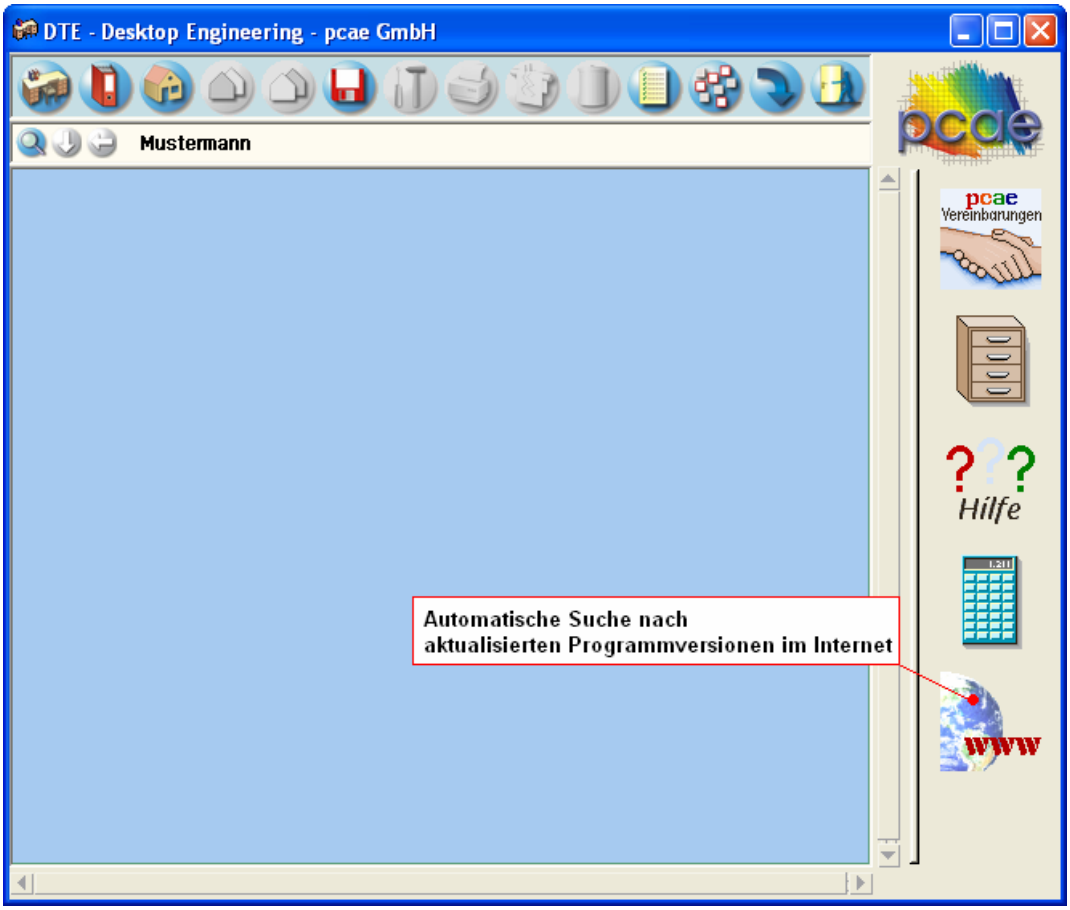


Nach Bestätigen über das ***Hakensymbol*** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf ***Start*** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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.*

DTE®-Schreibtisch



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 Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils

löscht das aktivierte Bauteil/Ordner

öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste

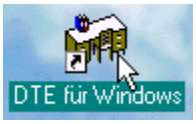
öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen

eröffnet Verwaltungsfunktionen

schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung

2 Bauteile verwalten unter DTE®

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



Die Verwaltungsoberfläche wird per Doppelklick auf nebenstehend dargestelltem Icon, das sich nach Installation auf dem Windows-Desktop befindet, gestartet. Nach dem unter Abs. 1 beschriebenen Einrichten/Auswahl eines Schreibtischs und ggf. Bestätigen eines symbolischen Menüs, das die installierten pcae-Programme inklusive der Nutzungsrechte ausweist, erscheint die Oberfläche, mit deren Hilfe Bauteile eingerichtet und bearbeitet werden.

Nachfolgend ist die Steuerleiste des Programmsystems dargestellt.

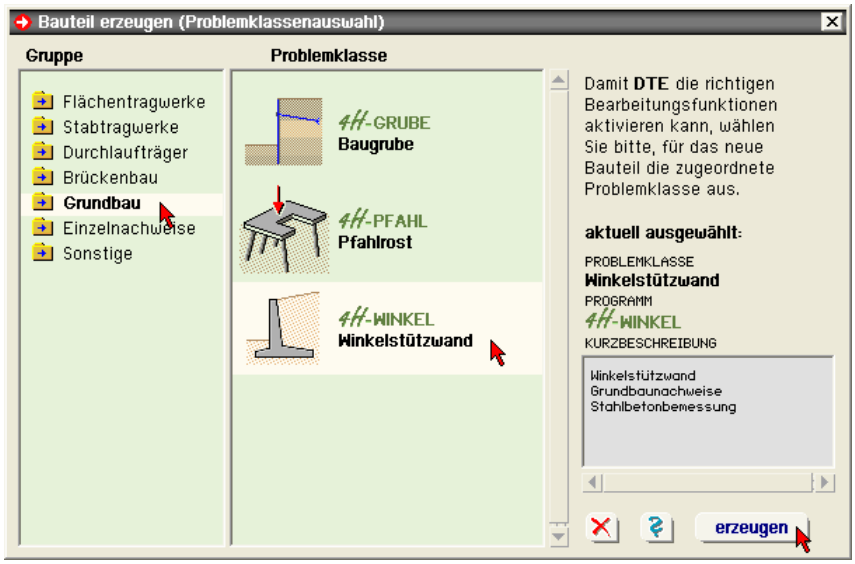
2.1 Bauteile einrichten

Oftmals ist es für die Übersichtlichkeit sinnvoll, vor der Erzeugung eines Bauteils einen ***Ordner*** anzulegen. Dies geschieht durch Anklicken des nebenstehenden Symbols. Der Ordner erscheint auf dem DTE®-Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.

Der Ordner wird durch das ***beenden***-Symbol wieder geschlossen.

Durch Anklicken es nebenstehend dargestellten Symbols wird ein Bauteil erzeugt. Es erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem die dem Bauteil zugeordnete ***Problemklasse*** ausgewählt werden muss.

Im vorliegenden Handbuch wird die von 4H-WINKEL unterstütze Problemklasse ***Winkelstützwand*** beschrieben. Klicken Sie bitte mit der LMT den Ordner ***Grundbau***, dann die Problemklasse ***Winkelstützwand*** und abschließend den ***erzeugen***-Button an.



Nach ***Bestätigen*** des Eigenschaftsblatts erscheint das Bauteilsymbol auf der Schreibtischoberfläche. Dem Bauteil sollte aus Übersichtlichkeitsgründen eine eindeutige ***Bezeichnung*** zugeordnet werden, die jederzeit geändert werden kann. Hierzu dient das nebenstehende Symbol.

Das erzeugte Symbol hat das unten dargestellte Standardlayout, das sich im Laufe der Bearbeitung ändern wird und dann die miniaturisierte eingegebene geometrische Struktur enthält.

Ein Bauteilsymbol - wie auch ein Projektordner - kann mit der LMT ausgewählt werden. Durch Auswahl ändert sich die Darstellungseigenschaft: Das Symbol erscheint mit weißem Hintergrund und schwarzer Berandung.

Ein Doppelklick auf das Bauteil startet das Programm ##-WINKEL, s. Abs. 4, S. 13.

2.2 Bauteile kopieren

Mitunter ist es sinnvoll, eine Kopie des Bauteils anzulegen. Besonders empfiehlt sich dies, wenn der aktuelle Zustand eines Bauteils konserviert oder Varianten des bestehenden Bauteils untersucht werden sollen. Die Erzeugung einer Kopie des ausgewählten Bauteils wird durch das nebenstehend dargestellte Symbol eingeleitet. Es erscheint ein Eigenschaftsblatt, in dem die zu kopierenden Datenkategorien (vgl. Abs. 2.4, S. 9) ausgewählt werden können. I.d.R. reicht es aus, hier die Eingabedaten zu markieren.

Die Kopie des so markierten Bauteils kann durch Anklicken des ***einfügen***-Symbols auf dem Desktop eingefügt werden.

2.3 Bauteile sichern

Ist ein Bauteil ausgewählt und wird das nebenstehend dargestellte Symbol angeklickt, erscheint das Eigenschaftsblatt zur Bearbeitung des Datenzustands. Die dem Bauteil zugeordneten Datenkategorien können im unteren Teil des Eigenschaftsblatts ausgewählt werden.

Mit Hilfe der im oberen Bereich des Eigenschaftsblatts angebotenen Buttons können die ausgewählten Datenkategorien

komprimiert werden (nicht für Eingabedaten oder bereits komprimierte Datenkategorien)

dekomprimiert werden (nur, falls sie zuvor komprimiert wurden)

auf externen Medien ***gesichert*** werden. Hierzu müssen zuvor Sicherheitsmedien eingerichtet werden. Dies geschieht mit Hilfe des ***Hardwaresymbols***, das sich in der Schublade des Schreibtischs befindet.

gelöscht werden; nach absichernder Nachfrage wird das Bauteil in den DTE®-Papierkorb verschoben

in eine externe Paketdatei gepackt werden. Eine solche Datei dient zum ***Datenaustausch*** und ist besonders geeignet, als Anhang einer ***E-Mail*** versandt zu werden.

Ist kein Bauteil ausgewählt und wird das Diskettensymbol angeklickt, erscheint ein Eigenschaftsblatt, mit dem das ***Laden*** von Bauteilen von externen Medien eingeleitet wird. Von hier aus können auch Beispieldatensätze von der Installations-CD geladen oder der ***Paketdienst*** aufgerufen werden, um per E-Mail in Paketdateien empfangene Bauteile in den Desktop zu integrieren.

2.4 Datenkategorien und Drucklisten

DTE® unterscheidet bei jedem Bauteil zwischen unterschiedlichen Datenkategorien. Bei Bauteilen, die 4H-WINKEL zugeordnet werden, sind dies

- Eingabedaten — sind Festlegungen, die im Laufe einer Bauteilbearbeitung vom Benutzer eingegeben wurden und von höherer Ordnung sicherungsbedürftig sind
- Zeichnungen — sind vom Anwender im Planerstellungsmodul erstellte und abgespeicherte Pläne
- Drucklisten — werden vom DTE®-Druckmanager zur Ausgabe zu einem Drucker gesandt. Sie sind in weitere Unterkategorien eingeteilt, die nachfolgend vorgestellt werden.

Drucklisten sind abermals unterteilt. 4H-WINKEL zugeordnete Bauteile besitzen folgende Drucklisten:

- Bemerkungen — die Druckliste *Bemerkungen* wird bei Bedarf vom Benutzer erstellt und enthält i.d.R. erläuternde Texte zum Bauteil
- Zeichnungen — werden im Planerstellungsmodul vom Benutzer erzeugt und dort auf Wunsch über das Druckersymbol in die Druckliste *Zeichnungen* eingespeichert
- Systembeschreibung — die Druckliste *Systembeschreibung* wird beim Start des Rechenlaufs automatisch erzeugt. Sie enthält die Beschreibung des eingegebenen Systems inklusive der Belastung und der Nachweisoptionen.
- äußere Standsicherheit — Ergebnisse der erdstatischen Nachweise
- innere Standsicherheit — Ergebnisse der Stahlbetonbemessung
- ausgewählte Grafiken — werden im Ergebnisvisualisierungsmodul interaktiv erzeugt. Hierzu muss das dortige Druckersymbol angeklickt werden. Näheres s. Abs. 6.2, S. 50.

3 Allgemeines

Das Programm ##-WINKEL dient zur Berechnung von Winkelstützwänden aus Stahlbeton. Die Berechnung umfasst sowohl die grundbautechnischen Nachweise der äußeren Standsicherheit, als auch die innere Bemessung der Stahlbetonquerschnitte.

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

Sämtliche Eingabedaten werden über die grafische Bedienungsoberfläche (Abs. 4, S. 13) eingegeben.

Folgende Normenwerke werden unterstützt

- Nachweise der äußeren Standsicherheit
  - DIN EN 1997-1 und DIN EN 1997-1/NA (EC 7)
  - DIN 1054, Ausg. 01/2005
  - DIN 1054, Ausg. 02/1987
- Nachweise der inneren Standsicherheit
  - DIN EN 1992-1 (EC 2)
  - DIN 1045-1, Ausg. 08/2008
  - DIN 1045, Ausg. 07/1988

Stützbauwerk Es können Stützwände mit senkrechter oder geneigter Rückwand erzeugt werden. Die Sporne können gerade oder gevoutet sein. Zur Erhöhung der Gleitsicherheit kann die Sohlfuge geneigt sein. Krag- oder Schleppplatten können ersatzweise als Einzellast mit Einzelmoment an der Stützwand abgebildet werden.

Bodenverhältnisse Der Boden kann beliebig geschichtet sein. Die Parameter zur Erddruckermittlung auf Aktiv- und Passivseite können automatisch bestimmt oder vorgegeben werden. Der Einfluss des Grundwassers kann ebenfalls berücksichtigt werden. Zur Definition einer gebrochenen Geländeoberfläche können eine konstante Neigung oder Bermen definiert werden. Der Einfluss des Erddrucks auf der Luftseite kann wahlweise berücksichtigt werden.

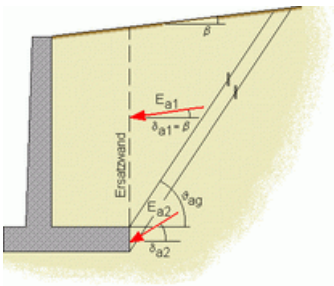
Belastung Als Lasten können Flächenlasten auf der Erdseite oder Linienlasten, die direkt an der aufgehenden Wand angreifen, vorgegeben werden. Optional können für alle Flächenlasten die Parameter zur Erddruckermittlung eingestellt werden. Die Flächenlasten müssen nicht auf der Geländeoberkante angreifen, sondern können auch in einer vorgegebenen Tiefe ansetzen. So können beispielsweise die Lasten aus angrenzenden Fundamenten erfasst werden. Die Eingabe einer Horizontalkomponente ist ebenfalls möglich.

Erddruckermittlung Die Berechnung des Erddrucks erfolgt nach der Theorie von Coulomb und dem Ansatz nach Müller-Breslau. Ein Mindesterddruck kann berücksichtigt werden. Die Bemessung kann für aktiven Erddruck, Erdruhedruck oder erhöhten aktiven Erddruck erfolgen. Eine trapezförmige Umlagerung zur Bemessung der inneren Standsicherheit entspr. DIN 4085, Ausg. 02/1987, kann ebenfalls vorgegeben werden. Die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit können mit aktivem, erhöhtem aktiven oder Erdruhedruck geführt werden.

Nachweise der äußeren Standsicherheit

Die Berechnung der äußeren Standsicherheitsnachweise erfolgt mit Hilfe fiktiver lotrechter Gleitflächen, die vom hinteren Spornende ausgehen.

Der Wandreibungswinkel im Bereich der Auflast wird, sofern nichts anderes vorgegeben wird, zu $\delta = \beta$, im Bereich der Spornhinterkante zu $\delta = 2/3 \cdot \varphi$ gesetzt.



Ist im Eigenschaftsblatt für die DIN-Einstellungen (Abs. 4.6, S. 20) die Option ***Direkte Bemessung*** ausgewählt, werden bei Berechnung n. EC 7 bzw. DIN 1054:2010 entspr. den Abschnitten 6.4 und 6.5 die Nachweise zur äußeren Standsicherheit von Flächengründungen geführt.

- Tragfähigkeitsnachweise (ULS, Grenzzustand der Tragfähigkeit)
  - Sicherheit gegen Kippen (Grenzzustand EQU), s. Abs. 4.6.4.8, S. 44
  - Grundbruchsicherheit (Grenzzustand GEO-2) , s. Abs. 4.6.4.7, S. 43
  - Gleitsicherheit (Grenzzustand GEO-2) , s. Abs. 4.6.4.6, S. 42

- Gebrauchstauglichkeitsnachweise (SLS, Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit)
  - Begrenzung einer klaffenden Fuge, s. Abs. 4.6.4.9, S. 44
  - Verschiebung in der Sohlfläche, s. Abs. 4.6.4.11, S. 45
  - Setzung, s. Abs. 4.6.4.12, S. 45

Durch Wahl der Option ***nur für einfache Fälle*** wird das Verfahren nach Abschnitt A 6.10 unter der Bezeichnung *Vereinfachter Nachweis in Regelfällen* im Grenzzustand (GEO-2) geführt (s. Abs. 4.6.4.4, S. 39).

Dabei handelt es sich um einen vereinfachten Nachweis auf tabellarischer Basis, der die "direkten" Nachweise *Grundbruch*, *Gleiten* und *Setzungsermittlung* ersetzt. Der Kippnachweis und der Nachweis der zulässigen Lage der Sohldruckresultierenden werden auch hier geführt.

Liegen einfache und überschaubare Bodenverhältnisse vor und sind alle weiteren Voraussetzungen erfüllt, hat dies für den Anwender den Vorteil, dass auf weitere Angaben zu den Bodenkennwerten verzichtet werden kann.

Die direkte Nachweisführung liefert aber i.d.R. die wirtschaftlicheren Ergebnisse.

Bei Wahl der dritten Option ***individuell*** können vom Anwender gezielt nur bestimmte Nachweise oder auch vereinfachtes Verfahren und direkte Nachweise gleichzeitig geführt werden. So könnte z.B. der Nachweis für einfache Fälle geführt werden und zusätzlich der Gleitsicherheitsnachweis.

Unterschiede bei Berechnung n. DIN 1054:2005

Im Gegensatz zur Berechung nach EC 7 ergeben sich folgende Unterschiede.

- der Nachweis zur Begrenzung einer klaffenden Fuge ist geteilt in einen Tragfähigkeitnachweis (zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter Gesamtlast) und einen Gebrauchtauglichkeitsnachweis (zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter ständigen Lasten). In der Vorgehensweise gibt es aber keine Unterschiede; so wird auch der Tragfähigkeitsnachweis n. DIN 1054:2005 mit charakteristischen Schnittgrößen geführt.
- der *Nachweis gegen Verschiebung in der Sohlfläche* entfällt
- der *vereinfachte Nachweis in Regelfällen* wird auf charakteristischer Basis geführt
- die Klassifikation der *Bemessungssituationen* erfolgt noch mit LF 1, LF 2 und LF 3, während n. EC 7 hierfür die Bezeichnungen BS-P, BS-T, BS-A und BS-E verwendet werden. Dabei ist der einzige Unterschied, dass mit BS-E die Erdbebensituation als separate außergewöhnliche Situation behandelt wird (n. DIN 1054:2005 als LF 3 behandelt).

Erdwiderstand

Der Erdwiderstand wird nach DIN 4085:2011 ermittelt. Der Erddruckbeiwert kann dabei entweder für Erdruhedruck, ebene Gleitflächen oder für gekrümmte Gleitflächen berücksichtigt werden. Eventuell vorhandene ***Kohäsion*** wird vernachlässigt.

Unter Berücksichtigung eines vom Anwender zu bestimmenden Mobilisierungsfaktors wird der Erddruck dann als Einwirkung entgegen der Horizontalkraft bei den Nachweisen berücksichtigt, wobei sichergestellt wird, dass der Erdwiderstand nicht größer als die vorhandene charakteristische Horizontalkraft angesetzt wird.

Ersatzfläche zur Berücksichtigung außermittiger Belastung

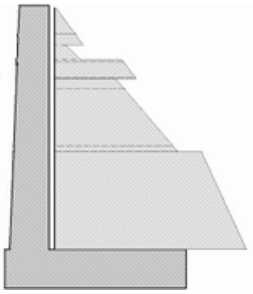
In den Nachweisen der Grundbruchsicherheit, des aufnehmbaren Sohldrucks in einfachen Fällen (Regelfallbemessung) und der Gleitsicherheit wird die Außermittigkeit der Last rechnerisch dadurch erfasst, dass die Gründungsfläche durch eine reduzierte Fläche ersetzt wird.

Diese Ersatzfläche entspricht der Teilfläche der Gründung, bei der die Resultierende der vertikalen, **charakteristischen** Last im Schwerpunkt liegt. Bei einer rechteckigen Gründungsfläche ergibt sich die Ersatzfläche zu

$A' = a' \cdot b'$ ... mit ... $a' = a - 2 \cdot e_a$ ... und ... $b' = b - 2 \cdot e_b$

a,b	Abmessungen der Rechteckfläche
b bzw. b'	die kleinere Seitenlänge bzw. Ersatzseitenlänge
e_a, e_b	Lastexzentrizitäten parallel zu den entsprechenden Seiten

Nachweise der inneren Standsicherheit (Bemessung)



Zur Berechnung der inneren Standsicherheit dient ein leistungsfähiges Stabwerksprogramm, so dass auch schlanke Konstruktionen, bei denen die Systemsteifigkeit einen Einfluss hat, berechnet werden können.

Die Berechnung erfolgt mittels einer elastischen Bettung des Fundamentbalkens. Die nichtlineare Berechnung mit ***Zugfederausschaltung*** ist ebenfalls möglich, so dass auch ***klaffende Fugen*** ermittelt werden.

Im Berechnungsmodell wird die Erddrucklast direkt auf Wand und Fundamentbalken aufgesetzt. Die Berechnungsergebnisse werden als Linienergebnisse an allen Systemschnitten dargestellt.

Folgende Nachweise können geführt werden

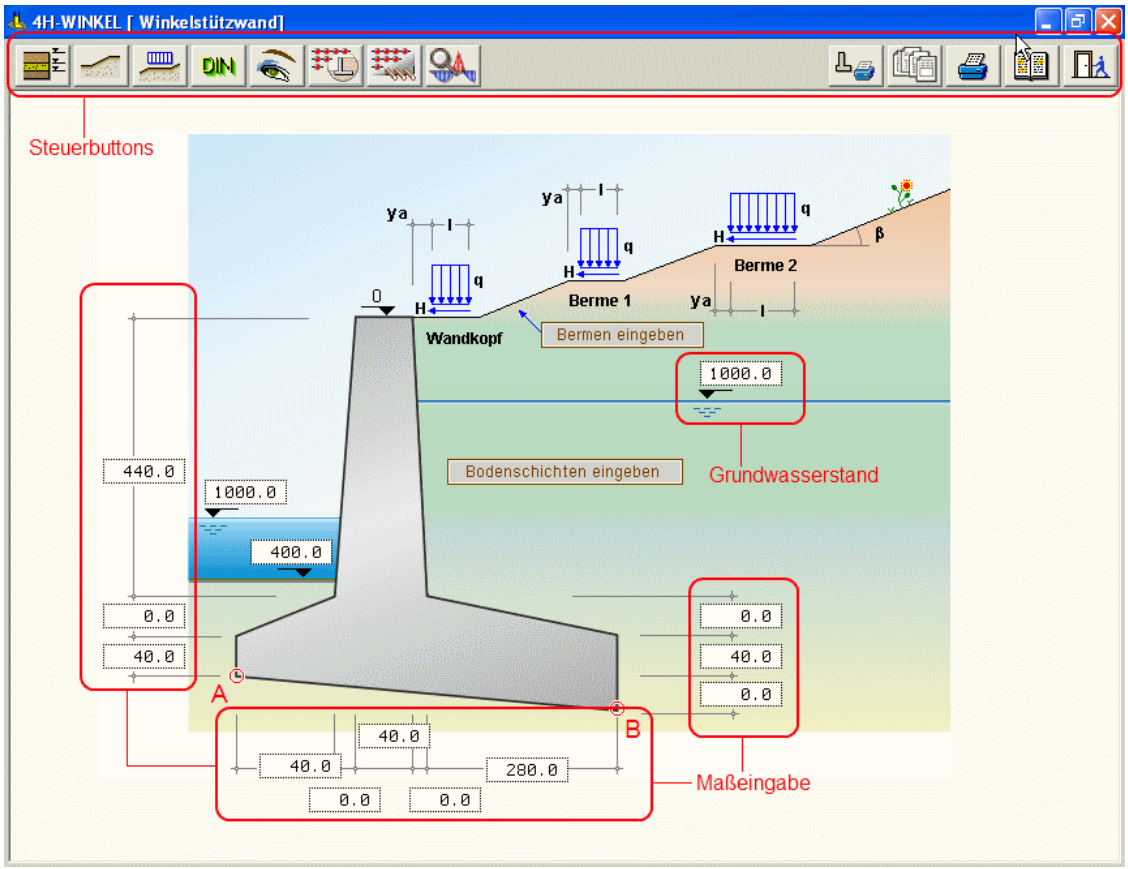
- Biegebemessung
- Schubbemessung
- Rissnachweis
- Spannungsnachweis
- Ermüdungsnachweis

Die Bemessungsparameter können für Fundament und Wand getrennt eingegeben werden.

4 Eingabeoberfläche

Durch Doppelklicken des Bauteilicons erscheint die Eingabeoberfläche zu 4H-WINKEL.

Das Haupteingabefenster enthält ein schematisches Bild zur Eingabe der Winkelstützwandgeometrie sowie sämtliche Elemente zur Steuerung des Programmablaufs.



4.1 Steuerbuttons

Am oberen Bildschirmrand befinden sich die Steuerbuttons zur Eingabe der Systemparameter und zur Steuerung des Programmablaufs. In der Bildschirmmitte werden die Abmessungen der Wand, sowie Grundwasserstände und Höhe der Anfüllung vor der Wand eingegeben. Zusätzlich sind Buttons zum Öffnen der Eingabefenster für Bodenparameter und Bermen vorhanden, die jedoch auch gleichermaßen über die Steuerbuttons am oberen Bildschirmrand geöffnet werden können.

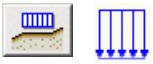
Im Einzelnen haben die Buttons folgende Funktionen

Bodenschichten eingeben

öffnet das Eingabefenster zur Definition der Bodenschichten mit den zugehörigen Parametern, s. Abs. 4.3, S. 15

Bermen eingeben

öffnet das Fenster zur Eingabe von Bermen oder Böschungen, s. Abs. 4.4, S. 16



öffnet das Fenster zur Eingabe von Flächen- oder Linienlasten, s. Abs. 4.5, S. 17

öffnet das Eingabefenster für alle Nachweisparameter und zu den DIN-Einstellungen, s. Abs. 4.6, S. 20

startet den DTE®-Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Systemdaten;

startet die Berechnung der äußeren Standsicherheitsnachweise (grundbautechnische Nachweise) und stellt die Ergebnisse im DTE®-Viewer dar, s. Abs. 4.6.4, S. 35, bzw. Abs. 5, S. 47

startet die Berechnung der inneren Standsicherheitsnachweise (Stahlbetonbemessung) und stellt die Ergebnisse im DTE®-Viewer dar, s. Abs. 4.6.3, S. 24, bzw. Abs. 5, S. 47

startet die Ergebnisvisualisierung zur detaillierten Darstellung der Berechnungsergebnisse der inneren Standsicherheit, s. Abs. 6, S. 48

öffnet das Fenster für die Druckeinstellungen, s. Abs. 6.7, S. 60

druckt die Ergebnislisten, s. Abs. 6.8, S. 65

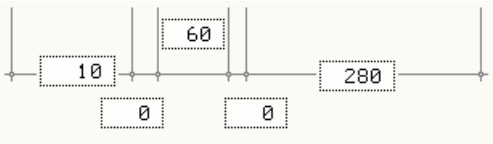
öffnet das Hilfefenster

sichert das Bauteil und schließt das Programm

4.2 Stützwandgeometrie

Die Beschreibung der Stützwandgeometrie erfolgt im grafischen Eingabemodul. Es können Stützwände mit senkrechter oder geneigter Rückwand erzeugt werden. Die Sporne können gerade oder gevoutet sein. Zur Erhöhung der Gleitsicherheit kann die Sohlfuge geneigt sein. Krag- oder Schleppplatten können ersatzweise als Einzellast mit Einzelmoment an der Stützwand abgebildet werden.

Die einzelnen Abmessungen werden im Hauptfenster direkt in die dafür vorgesehenen Eingabefelder innerhalb der Maßketten eingegeben. Sind vorderer oder hinterer Sporn nicht vorhanden, sind die entsprechenden Maße auf Null zu setzen. Eine Kontrolle der eingegebenen Abmessungen kann durch die grafische Systemdarstellung erfolgen.



4.3 Bodenparameter

Das Fenster zur Eingabe der Bodenschichten kann alternativ über die beiden dargestellten Buttons gestartet werden. Die Parameter zur Berechnung des passiven Erddrucks werden durch Verschieben des horizontalen Scrollbalkens sichtbar.

Die Tabelle zur Beschreibung der Bodenschichten enthält folgende Eingabefelder:

SI — **Name** der Name darf zehn Zeichen enthalten und dient zur Identifizierung der Schicht

150 — **z** untere z-Koordinate der Bodenschicht in cm. Der Nullpunkt liegt auf dem Wandkopf, die positive Koordinate zeigt nach unten. Durch einen Klick auf den ☒ -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.

200 — **h** Dicke der Bodenschicht in cm. Durch einen Klick auf den ☒ -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.

27.50 — **φ** Rechenwert des inneren Reibungswinkels der Bodenschicht in Grad

18.00 — **γ** Wichte der Bodenschicht in kN/m^3

9.00 — **γ'** Wichte der Bodenschicht unter Auftrieb in kN/m^3

3.00 — **c** Rechenwert der Kohäsion der Bodenschicht in kN/m^2

autom. / 20.00 — **δ_a** Wandreibungswinkel auf der Aktivseite. Durch einen Klick auf den ☒ -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ▶ -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Wandreibungswinkel wird nun vom Programm automatisch zu 2/3·φ berechnet.

autom. / 0.300 — **k_{ah}** horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Aktivseite. Durch einen Klick auf den ☒ -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ▶ -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Erddruckbeiwert wird nun vom Programm berechnet.

autom. / 1.200 — **k_{ch}** horizontaler Beiwert für den Kohäsionsanteil der Bodenschicht auf der Aktivseite. Durch einen Klick auf den ☒ -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ▶ -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Beiwert wird nun vom Programm berechnet.

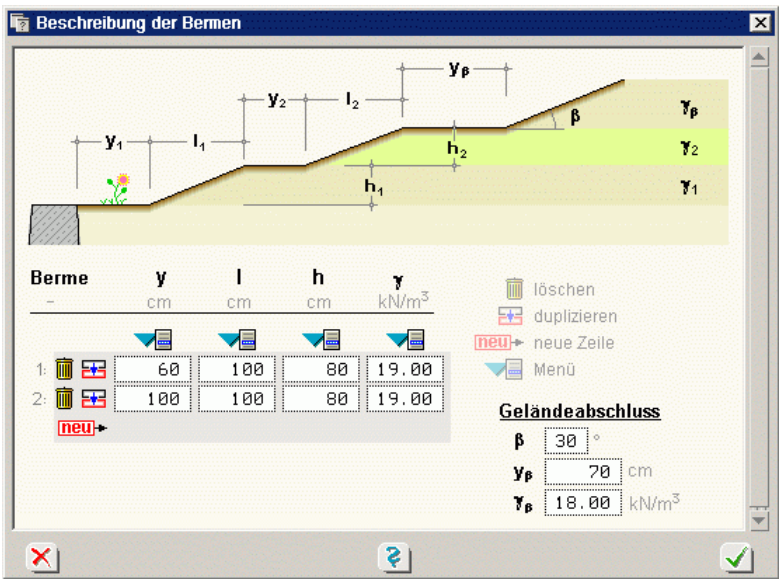
autom. / 20.00 — **δ_p** Wandreibungswinkel auf der Passivseite. Durch einen Klick auf den ☒ -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ▶ -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Wandreibungswinkel wird nun vom Programm automatisch zu -2/3·φ berechnet.

autom. / 0.300 — **k_{ph}** horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Passivseite. Durch einen Klick auf den ☒ -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den ▶ -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Erddruckbeiwert wird nun vom Programm berechnet.

10.00 — **E_m** mittlerer Zusammendrückungsmodul der Bodenschicht in MN/m^2, der für die Setzungsberechnung benötigt wird.

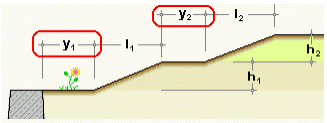
4.4 Bermen und Böschungen

Zur Beschreibung einer gebrochenen Geländeoberfläche können Bermen oder Böschungen definiert werden. Der Aufruf des entsprechenden Eingabefensters kann über die beiden dargestellten Buttons erfolgen.

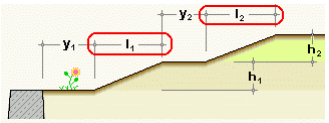


Im Normalfall können Böschungen nicht steiler als der Winkel der inneren Reibung φ sein. Das Programm erlaubt trotzdem die Eingabe steilerer Winkel, da die Böschung auch befestigt sein kann. In diesem Falle erfolgt die Berechnung gemäß /34/.

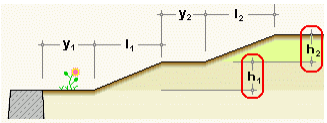
In dem oben gezeigten Fenster können maximal zehn Bermen eingegeben werden. Die Tabelle enthält folgende Eingabefelder



150 **y** horizontaler Abstand von der Innenseite des Wandkopfs oder der vorhergehenden Böschung in cm



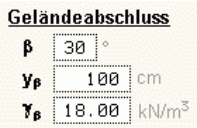
150 **l** Länge der Berme in cm



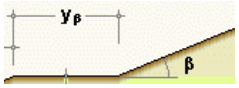
150 **h** Höhe der Berme in cm

18.00 **γ** Wichte der Bodenschicht in kN/m³

Zusätzlich kann eine konstante ***Neigung*** am Ende des Geländes vorgegeben werden.



Die Parameter haben folgende Bedeutungen

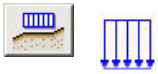


β 30 ° konstante Neigung am Ende des Geländes in Grad

yβ 100 cm Fuß der Neigung, gemessen vom Wandkopf oder dem Ende der letzten Berme in cm

γβ 18.00 kN/m³ Wichte der Bodenschicht in kN/m³

4.5 Lasten



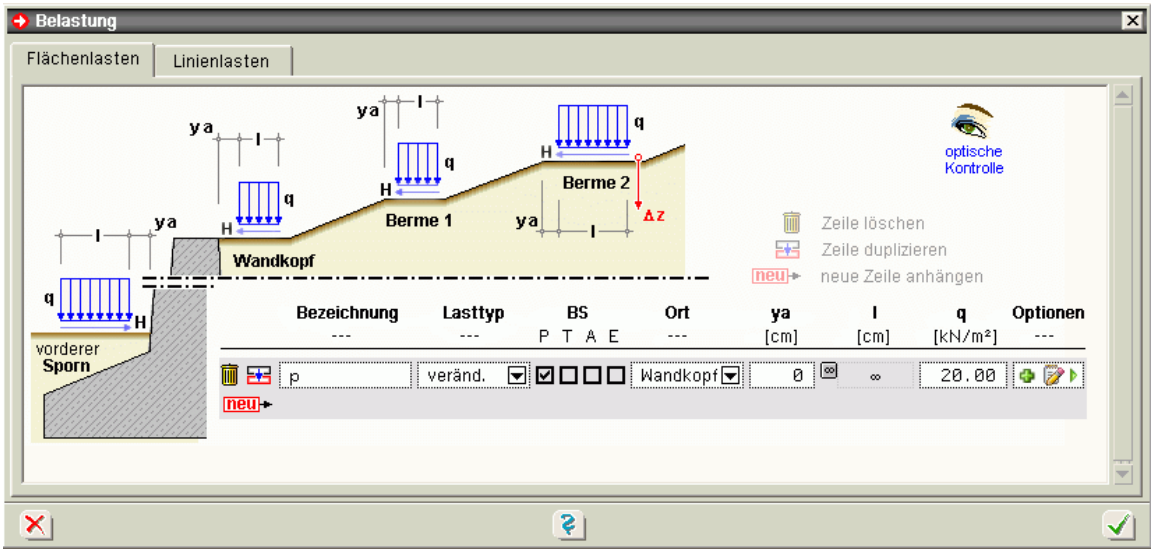
Das Eingabefenster für die Lasten wird alternativ über den dargestellten Button oder einen Klick auf das ***Linienlastsymbol*** gestartet.

Als äußere Lasten können Flächenlasten, s. Abs. 4.5.1, S. 17, oder Linienlasten, s. Abs. 4.5.2, S. 19, 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 auch eine Horizontalkomponente enthalten.

Linienlasten greifen direkt an der Wand an; sie können eine y-, z- oder eine Momentenkomponente enthalten.

4.5.1 Flächenlasten

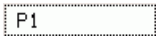
Das Eingabefenster für die Belastung enthält zwei Registerblätter zur Auswahl der Flächen- und Linienlasteingabe. Flächenlasten werden im ersten Registerblatt beschrieben.



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

Durch Anklicken des Symbols ***optische Kontrolle*** wird der DTE®-Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Daten aufgerufen.

Die Tabelle enthält folgende Eingabespalten



Bezeichnung Name der Last

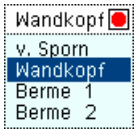
Lasttyp jede Last hat bezüglich ihres Auftretens einen der Typen ständig, veränderlich, Sonderlast oder Verdichtungserddruck.

Bei Auswahl des Verdichtungserddrucks ist als Lastwert q der entsprechend DIN 4085 BBl. 1, 5.3.4, maßgebende Wert e_v einzugeben.

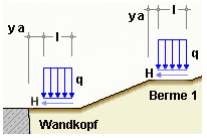
Bemessungssituation je nach Bemessungssituation werden bei den einzelnen Nachweisen unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit gestellt. EC 7 unterscheidet folgende Situationen

- BS-P ständige Bemessungssituation
- BS-T vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand)
- BS-A außergewöhnliche Situation
- BS-E Erdbeben

Die einzelnen Optionsschalter legen fest, in welchen Lastfällen das Lastbild berücksichtigt wird. Lasten vom Typ ***Verdichtungserddruck*** werden automatisch in LF2 eingeordnet. ***Sonderlasten*** erhalten automatisch den LF3. Das Programm führt dann die Nachweise für jedes Lastkollektiv mit den jeweils erforderlichen Sicherheiten.

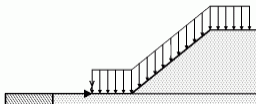


Ort Die Auswahlliste legt fest, wo die Last angeordnet ist. Wird die Option ***v. Sporn*** gewählt, liegt die Last luftseitig auf dem vorderen Sporn. Diese Last wird jedoch nur dann berücksichtigt, wenn die Option ***passiven Erddruck berücksichtigen*** unter den DIN-Einstellungen (s. Abs. 4.6.1, S. 20) aktiviert ist. Alle übrigen Lasten liegen auf der Erdseite.



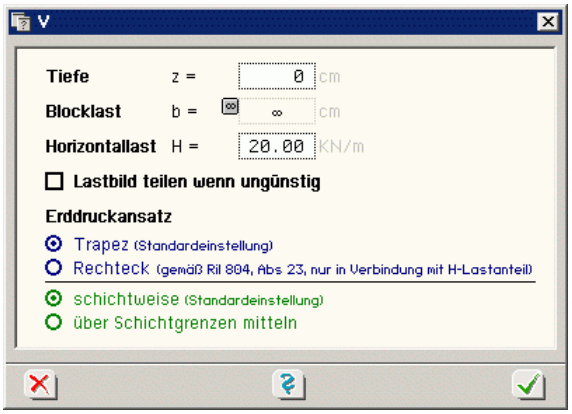
100 **ya** horizontaler Abstand der Last vom gewählten Ort (Wandkopf oder Berme) in cm

200 **l** Länge der Last in cm. 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 ∞ -Symbol.



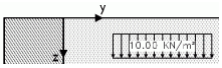
10.00 **q** Lastwert in kN/m²

Optionen Schalter zum Aufruf des Fensters mit den Zusatzoptionen



Die nachfolgenden Einstellungen sind über dieses Optionsfenster erreichbar.

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



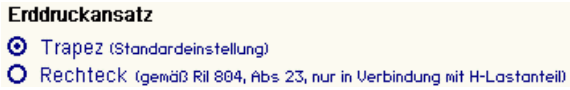
∞ 240 **Blocklast b** horizontale Ausdehnung der Last in der Draufsicht in cm. Standardmäßig ist eine unendliche Ausdehnung voreingestellt. Hat die Last eine endliche Breite, wird das Eingabefeld durch einen Klick auf den ∞ - Button freigegeben. Ein Klick auf den ▶ - Button schaltet zurück in den "Unendlichmodus".

12.00 **Horizontallast H** jede Flächenlast kann eine Horizontalkomponente H in kN/m enthalten, die luftseitig senkrecht zur Wand gerichtet ist.

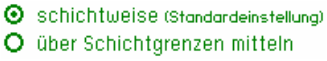
☑ **Lastbild teilen wenn ungünstig** Über diese Option wird bei Nachweisen der äußeren Standsicherheit sichergestellt, dass Lasten, die die fiktive lotrechte Gleitfläche an der hinteren Spornkante schneiden, geteilt werden. Auf diese Weise wird nur der ungünstig wirkende Anteil angesetzt. Diese Option ist inaktiv, wenn eine ständige Last gewählt wurde.

Im Regelfall kann für alle Nachweise (mit Ausnahme der Sicherheit gegen Grundbruch) vorab vom Programm entschieden werden, welcher Lastanteil günstig wirkt, so dass auch nur der maßgebende Anteil berechnet wird. Falls diese Option aktiviert ist, sollte daher, um sicher zu gehen, dass für den Grundbruchnachweis auch die ungünstigste Kombination gefunden wurde, in einem weiteren Rechenlauf die Option deaktiviert und kontrolliert werden, ob die geforderten Sicherheiten immer noch erfüllt sind.

Alternativ kann die Last in zwei Lastbilder unterteilt werden. Dies kann jedoch zu unterschiedlichen Erddrücken führen, da unendlich ausgedehnte und begrenzte Auflasten unterschiedliche Erddruckbeiwerte erhalten können.

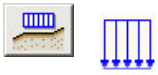


über diese Option können Lastbilder entspr. Ril 804, Abs. 23, erzeugt werden, die einen H-Lastanteil, z.B. aus ***Fliehkräften*** oder ***Seitenstoß*** enthalten.



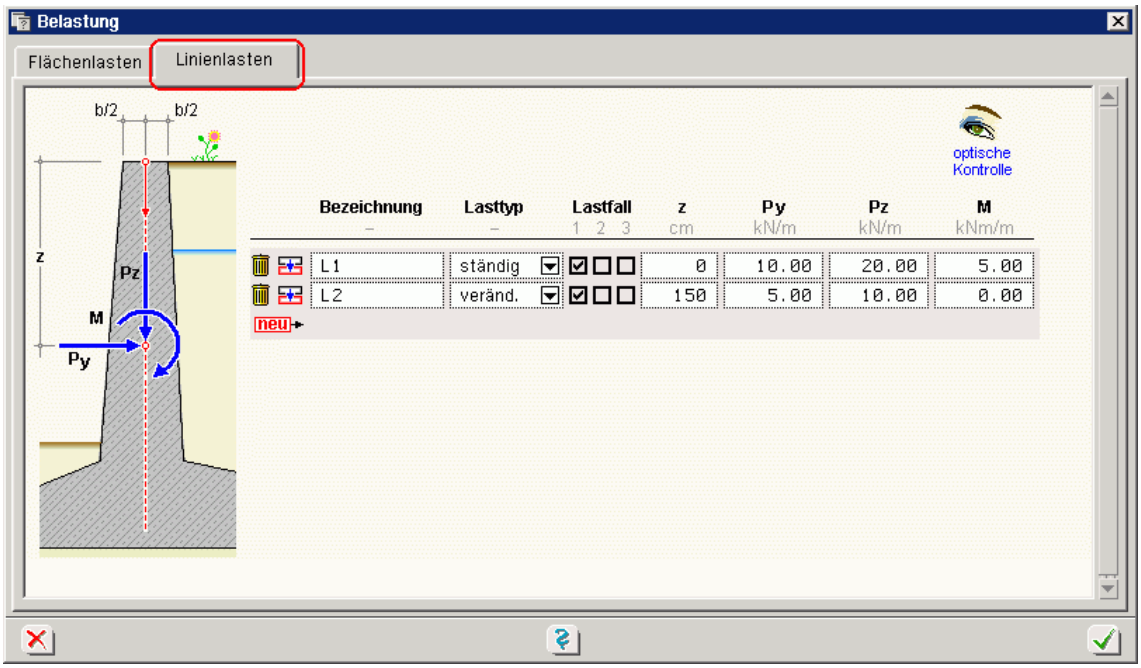
bei Aktivierung der Option ***über Schichtgrenzen mitteln*** werden die Erddrucksprünge an Schichtgrenzen verschmiert (flächengleiche Umwandlung).

4.5.2 Linienlasten



Das Eingabefenster für die Linienlasten wird alternativ über den dargestellten Button oder einen Klick auf das ***Linienlastsymbol*** gestartet.

Im zweiten Registerblatt des Eigenschaftsblatts *Belastung* erfolgt die Eingabe der Linienlasten.

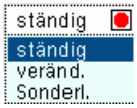


In diesem Fenster können maximal fünf Linienlasten eingegeben werden, die direkt an der Wand angreifen. Zur Verfügung stehen Lasten in y- und z-Richtung und Momente.

Durch Anklicken des Symbols ***optische Kontrolle*** wird der DTE®-Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Daten aufgerufen.

Die Tabelle enthält folgende Eingabespalten

Bezeichnung Name der Last



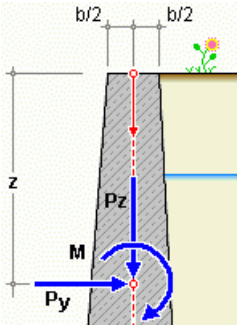
Lasttyp jede Last hat bezüglich ihres Auftretens den Typ ständig, veränderlich oder Sonderlast

Bemessungssituation je nach Bemessungssituation werden bei den einzelnen Nachweisen unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit gestellt. EC 7 unterscheidet folgende Situationen

- BS-P ständige Bemessungssituation
- BS-T vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand)
- BS-A außergewöhnliche Situation
- BS-E Erdbeben

Die einzelnen Optionsschalter legen fest, in welchen Lastfällen das Lastbild berücksichtigt wird. Sonderlasten erhalten automatisch BS-A. Das Programm führt dann die Nachweise für jedes Lastkollektiv mit den jeweils erforderlichen Sicherheiten.

100	**z**	vertikaler Abstand der Last vom Wandkopf in cm
12.00	**Py**	y-Komponente der Kraft in kN
100	**Pz**	z-Komponente der Kraft in kN
18.00	**M**	Momentenanteil der Last in kNm



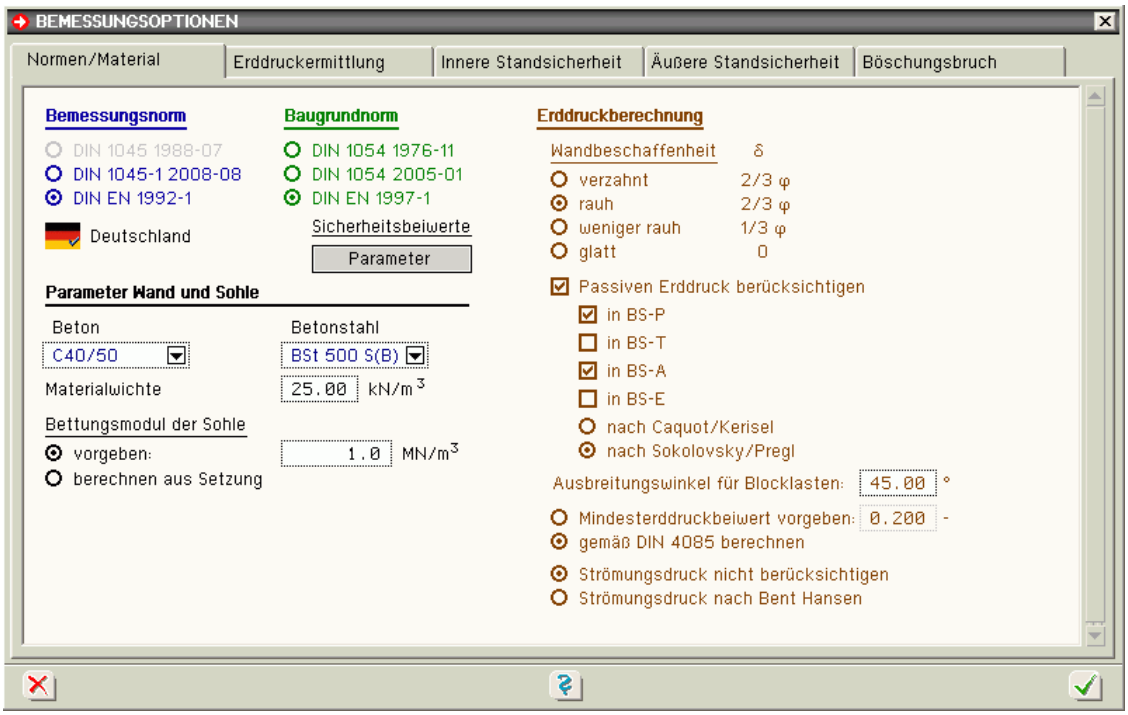
4.6 DIN-Einstellungen

Unter diesem Menüpunkt werden alle Einstellungen bezüglich der verwendeten Normen und Materialien sowie der Nachweisparameter getroffen. Das Eingabefenster wird über den ***DIN***-Button geöffnet. Das Eigenschaftsblatt ist in fünf Register geteilt.

- im ersten Registerblatt befinden sich die Einstellungen zu den Normen und Materialien, s. Abs. 4.6.1, S. 20
- das zweite Blatt enthält die Einstellungen zur Berechnung des Erddrucks (s. Abs. 4.6.2, S. 23) für innere und äußere Standsicherheit
- im dritten Registerblatt sind die Einstellungen zu den Berechnungen und Nachweisen der inneren Standsicherheit, s. Abs. 4.6.3, S. 24, lokalisiert
- das vierte Register enthält die Einstellungen zu den Nachweisen der äußeren Standsicherheit, s. Abs. 4.6.4, S. 35
- im fünften Register befinden sich die Einstellungen für den Nachweis des Böschungsbruches, s. Abs. 4.6.4.3, S. 37

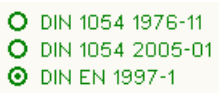
4.6.1 Normen und Materialien

Das Eingabefenster wird über den Button ***Bemessungsoptionen*** geöffnet und befindet sich dort im ersten Registerblatt.

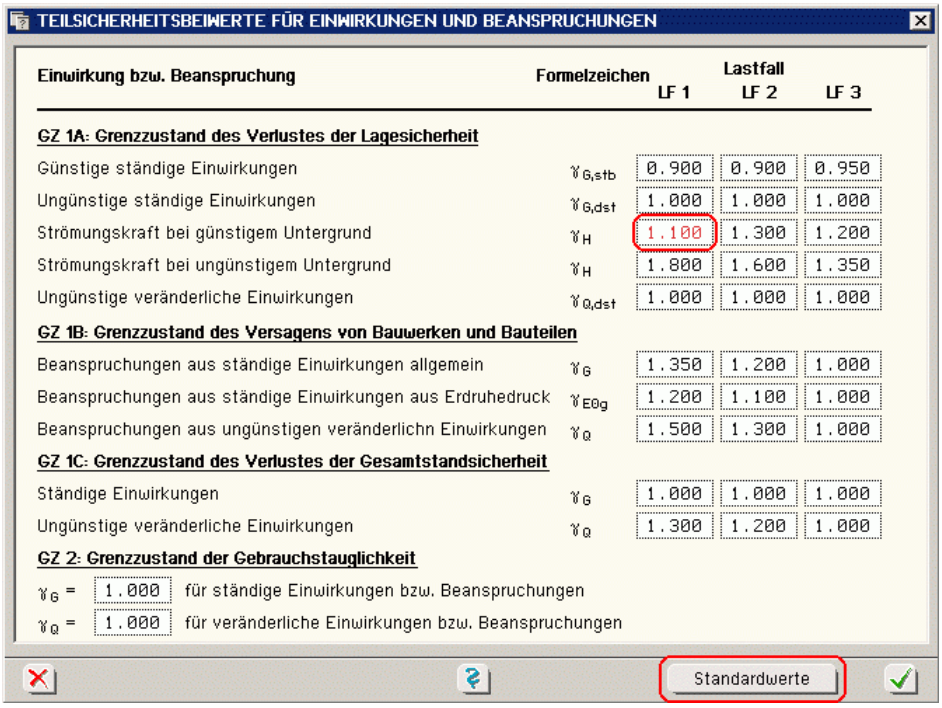


Die Eingabefelder haben die folgenden Bedeutungen.

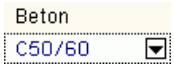
Bemessungsnorm Für die Nachweise der inneren Standsicherheit können DIN EN 1992-1 (EC 2), DIN 1045-1 2008-08 oder auch die alte DIN 1045 1988-07 gewählt werden. Bei Wahl der DIN EN 1992-1 (EC 2) wird das ***Flaggensymbol*** aktiv. Durch einen Klick auf das Symbol kann der nationale Anhang gewechselt werden. Die entsprechenden Beiwerte für die Überlagerungsregel werden automatisch vom Programm gewählt.



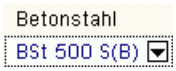
Baugrundnorm Für die Nachweise der äußeren Standsicherheit können DIN EN 1997-1 (EC 7), DIN 1054 2005-01 oder die alte DIN 1054 1976-11 gewählt werden. Bei Wahl der DIN EN 1997-1 oder der DIN 1054 können zusätzlich die verwendeten Sicherheitsbeiwerte verändert werden. Der Aufruf der entsprechenden Eingabemasken erfolgt über die Buttons ***Einwirkungen*** bzw. ***Widerstände***.



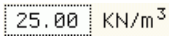
Werte, die nicht denen der DIN 1054 2005-01 entsprechen, erscheinen in rot. Die Standwerte können durch Klicken des ***Standardwerte***-Buttons wiederhergestellt werden.



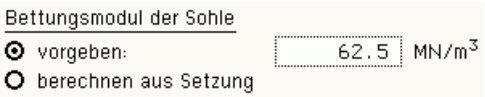
Betongüte die Betongüte wird über die Listbox eingestellt. Bei Auswahl der ***frei***-Einstellung kann das Materialgesetzt frei definiert werden. Das Fenster zum Einstellen der Materialparameter wird durch Anklicken des - Buttons geöffnet.



Betonstahl die Betonstahlsorte wird über die Listbox eingestellt. Bei Auswahl der ***frei***-Einstellung kann das Materialgesetzt frei definiert werden. Das Fenster zum Einstellen der Materialparameter wird durch Anklicken des - Buttons geöffnet.



Materialwichte mit der hier eingegebenen Materialwichte werden alle Eigengewichtslasten ermittelt.



Bettungsmodul der Sohle die Berechnung der Schnittgrößen für die innere Standsicherheit erfolgt auf einem elastisch gebetteten Fundamentbalken mit dem hier eingegebenen Bettungsmodul.

Der Wert kann wahlweise direkt vorgegeben oder aus einer Setzungsberechnung vom Programm ermittelt werden.

Zur Orientierung sind hier ein paar grobe Anhaltswerte nach /27/ angegeben.

Bodenart	Bettungsmodul ks in MN/m³ ca.
Torf, Humus	5 - 20
Ton, weich	20 - 10
Ton, plastisch	30 - 60
Ton, steif	50 - 90
Ton, sehr steif	100 - 120
Ton, sandig	80 - 100
Sand, locker gelagert	10 - 30
Sand, dicht gelagert	80 - 100
Kies, fein mit Sand	100 - 120
Kies, mittel mit Sand	120 - 150
Kies, grob mit Sand	180 - 240
Kies, sehr dicht gelagert	200 - 300

Wandbeschaffenheit	δ
⊙ verzahnt	2/3 φ
○ rauh	2/3 φ
○ weniger rauh	1/3 φ
○ glatt	0

Sofern bei der Eingabe der Bodenschichten (Abs. 4.3, S. 15) die betreffenden Eingabefelder für die Wandreibungswinkel auf ***automatisch*** gestellt sind, ermittelt das Programm die Wandreibungswinkel auf der Aktiv- und Passivseite in Abhängigkeit der gewählten Wandbeschaffenheit automatisch. Die Wandreibungswinkel werden in der Tabelle neben den Optionen dargestellt.

Wandbeschaffenheit	δ ebene	gekrümmte Gleitfl.
⊙ verzahnt	2/3 φ	φ
○ rauh	2/3 φ	min(27.5, φ-2.5)
○ weniger rauh	1/3 φ	1/2 φ
○ glatt	0	0

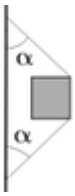
Wird auf der Passivseite der Ansatz mit gekrümmten Gleitflächen nach Caquot/Kerisel gewählt, so werden für den passiven Erddruck in Anlehnung an die Vorgaben der DIN 4085 die entsprechenden Werte eingesetzt. Die Wandreibungswinkel werden in der Tabelle neben den Optionen dargestellt.

☑ Passiven Erddruck berücksichtigen
- ☑ in LF1
- ☐ in LF2
- ☑ in LF3
- ○ nach Caquot/Kerisel
- ⊙ nach Sokolovsky/Pregl

Soll der ***Erdwiderstand*** auf der Luftseite der Stützwand berücksichtigt werden, ist der entsprechende Optionsknopf zu aktivieren.

Optional kann zusätzlich definiert werden in welchen Nachweislastfällen der Erdwiderstand angesetzt wird. So kann beispielsweise erreicht werden, dass im Bauzustand (BS-T) aufgrund der noch nicht vorhandenen Auffüllung der passive Erddruck noch nicht wirkt.

45.00 ° **Ausbreitungswinkel für Blocklasten** horizontaler Ausbreitungswinkel einer vierseitig begrenzten Flächenlast



⊙ Mindesterddruckbeiwert vorgeben: 0.200 -

Bei Berücksichtigung der ***Kohäsion*** können im Bereich der Geländeoberfläche kleine oder gar rechnerisch negative Erddruckwerte auftreten. Um Unsicherheiten infolge örtlicher Schwachstellen des Bodens zu begegnen, sehen die Normen daher Mindesterddrücke vor. Diese Option entspricht den Vorgaben der DIN 4085 1987-02, 5.2.2.2, wonach ein Mindesterddruckbeiwert $k_{agh} = 0.2$ anzusetzen ist.

⊙ gemäß E DIN 4085:2002, 6.3.1.4 berechnen

diese Option entspricht den Bestimmungen der Entwurfsnorm E DIN 4085 2002-01, wonach ein Mindesterddruck anzusetzen ist, der von den geometrischen Größen des Systems abhängig ist.

⊙ Strömungsdruck nicht berücksichtigen

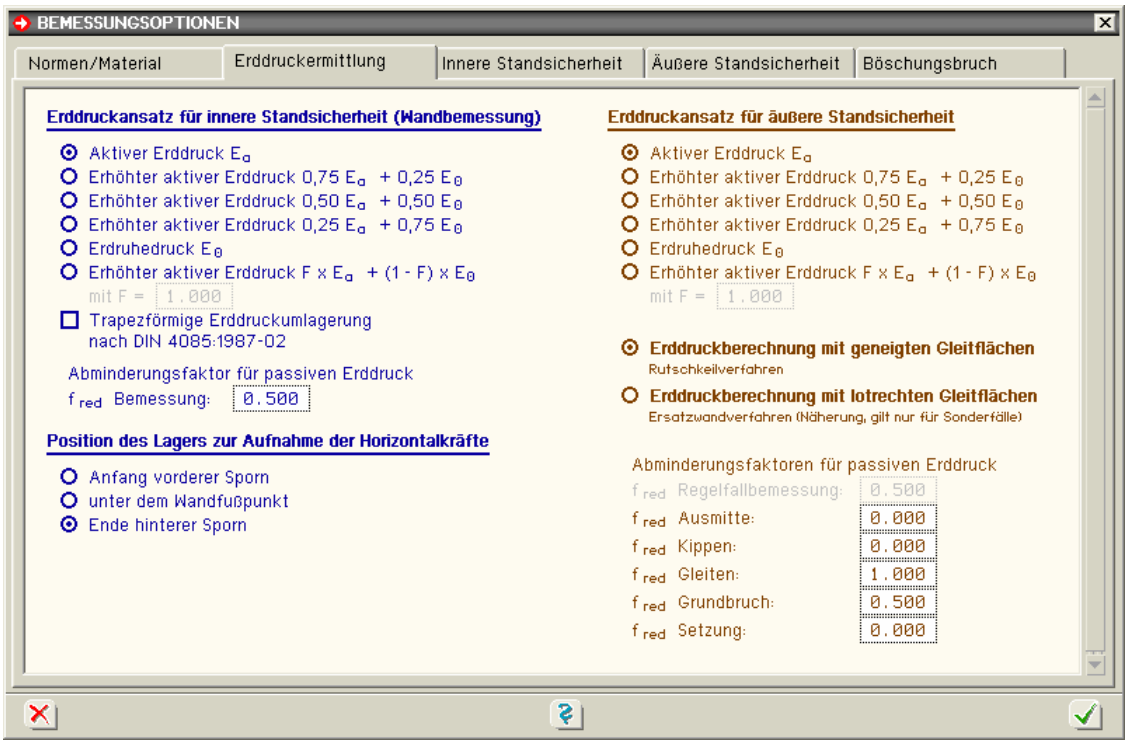
sind vor und hinter der Wand unterschiedliche Wasserstände vorhanden, wirkt ein aus der Druckhöhendifferenz resultierender Wasserüberdruck. Bei Aktivierung dieser Option wird der Einfluss des Strömungsdrucks, der sich aus der Sickerströmung entlang der Wand ergibt, nicht berücksichtigt. Es wird lediglich der Wasserüberdruck angesetzt.

⊙ Strömungsdruck nach Bent Hansen

bei Aktivierung dieser Option wird der Einfluss des Strömungsdrucks mit dem Näherungsverfahren n. Bent Hansen (s. Spundwandhandbuch) ermittelt. Bei diesem Ansatz wird der Einfluss der Sickerströmung mittels modifizierter Wichten von Boden und Wasser erfasst. Dieser Ansatz entspricht einer einfachen Näherung, deren Zulässigkeit im Einzelfall zu prüfen ist.

4.6.2 Erddruckermittlung

Das Eingabefenster zur Erddruckermittlung wird über den ***DIN-Button*** geöffnet und befindet sich im zweiten Register.

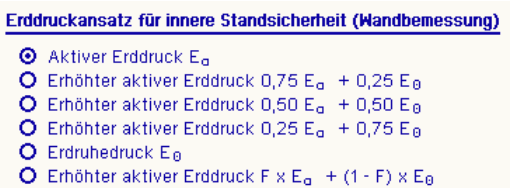


Die Eingabefelder haben folgende Bedeutungen.

Erddruckansatz für innere Standsicherheit (Wandbemessung)

Der zu wählende Erddruckansatz (aktiver oder Erdruhedruck) ist abhängig von den Verformungseigenschaften der Stützkonstruktion und evtl. von bauvertraglichen Vorgaben. So sollen nach ZTV-Ing massive Bauteile für Erdruhedruck bemessen werden.

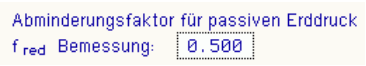
Über die zur Auswahl stehenden Optionen können hier die zutreffenden Einstellungen bzgl. des Erddruckansatzes vorgegeben werden.



Gemäß DIN 4085:1987-02 ist für Stützwände der Erddruckanteil aus Bodeneigengewicht in ein flächengleiches Trapez umzuwandeln, bei dem die untere Ordinate doppelt so groß ist wie die obere.

Diese Umlagerung kann über die nebenstehende Option angesetzt werden.

Ist die Option zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks aktiviert, kann hier ein Mobilisierungsfaktor für die Nachweise der inneren Standsicherheit eingegeben werden.

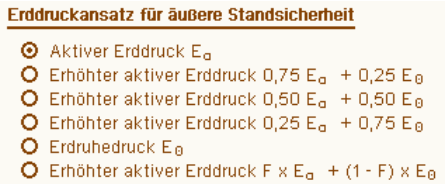


Das statische Ersatzsystem entspricht einem auf dem Kopf stehenden T. Die Vertikalkräfte werden von der elastischen Bettung in der Sohle aufgenommen. Die Position des Lagers zur Aufnahme der horizontalen Auflagerkräfte kann entsprechend der nebenstehenden alternativen Optionen gewählt werden.

Erddruckansatz für äußere Standsicherheit

Analog zur inneren Standsicherheit kann auch für die Nachweise der äußeren Standsicherheit der anzusetzende Erddruck gewählt werden.

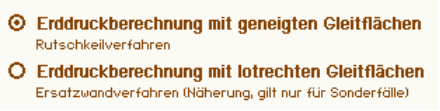
Über die zur Auswahl stehenden Optionen können hier die zutreffenden Einstellungen bzgl. des Ansatzes für die äußere Standsicherheit vorgegeben werden.



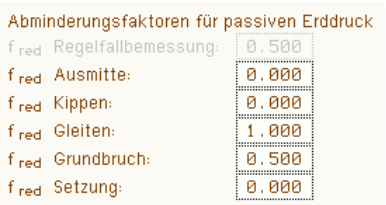
Der Erddruck kann nach zwei verschiedenen Verfahren berechnet werden.

Das realitätsnähere Verfahren ist das *Rutschkeilverfahren*, bei dem von einem keilförmigen Bruchkörper hinter der Wand ausgegangen wird.

Das *Ersatzwandverfahren* hingegen ist ein Näherungsverfahren und somit an verschiedene Bedingungen geknüpft (z.B. kein geböschtes Gelände).



Ist die Option zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks aktiviert, kann hier für jeden Nachweis ein Mobilisierungsfaktor eingegeben werden.



4.6.3 Nachweise der inneren Standsicherheit (Bemessung)

Das Eingabefenster wird über den ***DIN-Button*** geöffnet und befindet sich dort im dritten Registerblatt.

Das Programm ermöglicht die Bemessung der massiven Bauteile. Das statische Ersatzsystem entspricht einem auf dem Kopf stehenden T, wobei die Fundamentsohle auf einer elastischen Bettung gelagert ist.

Das Programm kann die entspr. DIN EN 1992-1, DIN 1045-1 bzw. DIN 1045 geforderten Nachweise führen. Im Einzelnen sind dies

- Biege- und Normalkraftbemessung
- Schubnachweis
- Rissnachweis
- Spannungsnachweis (nicht DIN 1045-88)
- Ermüdungs- bzw. Schwingbreitennachweis

Zu Stahlbetonbemessung/-nachweisen s. im Internet unter www.pcae.de *Stahlbetontheorie*.

Die Eingabefelder haben folgende Bedeutungen

Bemessungseinstellungen

Über diese Option kann die Bemessung der Fundamentplatte abgestellt werden. ☑ Fundamentplatte

… kann die Bemessung der Wand abgestellt werden. ☑ Wand

Über diesen Button wird das Fenster zur Eingabe der Bemessungsparameter des betreffenden Bauteils (Wand oder Fundament) geöffnet. Optionen

Der Button öffnet das Fenster zur Einstellung globaler Nachweisoptionen. allgemeine Nachweisoptionen

Der Rissnachweis kann nach den Verfahren entspr. der Norm (ohne oder mit direkter Berechnung) und darüber hinaus n. Heft 400 oder Noakowski geführt werden.

Rissnachweis
- ◉ nach Norm (ohne direkte Berechnung)
- ○ nach Norm (direkte Berechnung)
- ○ nach Schießl
- ○ nach Noakowski

Für den Schubnachweis kann zusätzlich gewählt werden, ob der Hebelarm der inneren Kräfte aus dem Bruchsicherheitsnachweis oder aus z = 0.9·d berechnet werden soll.

Schubbemessung
- ○ z aus Biegebemessung
- ◉ z = 0,9 d < d-2cnom
- ○ z aus Biegebem. < d-2cnom

☑ Berechnung der Verformungen

Bei Aktivierung dieser Option werden die Schnittgrößen und die Verformungen unter charakteristischen Lasten am Gesamtsystem errechnet und ausgegeben. Somit kann beispielsweise überprüft werden, ob sich die erforderlichen Verschiebungen zur Aktivierung des aktiven Erddrucks einstellen.

☑ Berechnung mit Zugfederausschaltung (rechenzeitintensiv)

bei dieser Option wird die Berechnung zur Erfassung klaffender Fugen mit einer Zugfederausschaltung durchgeführt. Da diese Einstellung die Rechenzeit erhöht, sollte sie nur gewählt werden, wenn eine klaffende Fuge zu erwarten ist.

Überlagerungsregeln

Bei Eingabe vieler veränderlicher Lasten entstehen aufgrund des Teilsicherheitskonzepts viele Lastkombinationen, so dass die Bemessung rechenzeitintensiv werden kann. Daher können unter diesem Punkt verschiedene Vorgaben gemacht werden, die die Anzahl der Lastkombinationen erheblich reduzieren.

Die hier vorgenommenen Einstellungen sind nur bei den Berechnungen der inneren Standsicherheit wirksam!

☑ Alle erdseitigen Flächenlasten können nur gemeinsam wirken

falls die Flächenlasten der gleichen Ursache zuzuordnen sind, können sie auch nur gemeinsam auftreten und reduzieren so die zu untersuchenden Kombinationen

☑ Alle erdseitigen Flächenlasten wirken ungünstig

da die erdseitigen Flächenlasten eine gleichgerichtete Last auf die Wand erzeugen, kann meistens davon ausgegangen werden, dass sie nur ungünstig wirken

☑ Alle Linienlasten können nur gemeinsam wirken

falls die Linienlasten der gleichen Ursache zuzuordnen sind, können sie auch nur gemeinsam auftreten und reduzieren so die zu untersuchenden Kombinationen

☑ Alle Linienlasten wirken ungünstig

sofern davon ausgegangen werden kann, dass die Linienlasten grundsätzlich ungünstig wirken, sollte diese Option aktiviert werden

☑ Alle Eigengewichtslasten wirken ungünstig

sofern davon ausgegangen werden kann, dass die Eigengewichtslasten einschließlich des Erddrucks aus Bodeneigengewicht grundsätzlich ungünstig wirken, sollte diese Option aktiviert werden

4.6.3.1 Bemessung und Nachweise

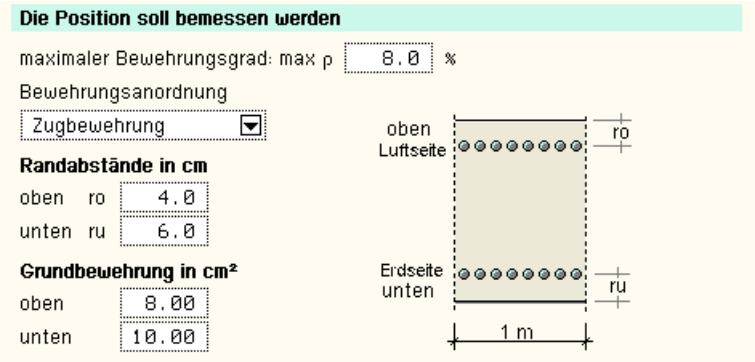
Optionen

Allgemeine Bemessungsoptionen	s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26
Bemessungsoptionen DIN EN 1992-1 (EC 2)	s. Abs. 4.6.3.1.2, S. 26
Bemessungsoptionen DIN 1045-1 (2008-08)	s. Abs. 4.6.3.1.3, S. 30
Bemessungsoptionen DIN 1045 (7.88)	s. Abs. 4.6.3.1.4, S. 33

Die Online-Hilfe und das Handbuch *das pcae -Nachweiskonzept* liefern weitere umfangreiche Informationen zu Bemessung und Nachweisen!
Zu Stahlbetonbemessung/-nachweisen s. im Internet unter www.pcae.de *Stahlbetontheorie*.

4.6.3.1.1 allgemeine Bemessungsoptionen

In diesem Eigenschaftsblatt werden die übergeordneten Bemessungsparameter bearbeitet.



Bewehrungsanordnung aus konstruktiven Gründen kann es sinnvoll sein, oben und unten den gleichen Bewehrungsquerschnitt einzulegen. In diesem Fall ist die ***symmetrische*** Bewehrungsanordnung auszuwählen, während die ***Zugbewehrung*** stets die minimale Bewehrung ermittelt.

Randabstände für den Rechteckquerschnitt sind die Stahlrandabstände am oberen und unteren Rand festzulegen (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Stahleinlage).

Grundbewehrung eine Grundbewehrung kann vorgegeben werden, die mit der erforderlichen Bewehrung aus den Nachweisergebnissen extremiert wird bzw. als Eingangsbewehrung in die Nachweise eingeht.

4.6.3.1.2 Bemessungsoptionen DIN EN 1992-1 (EC 2)

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessungen und Nachweise nach DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2.

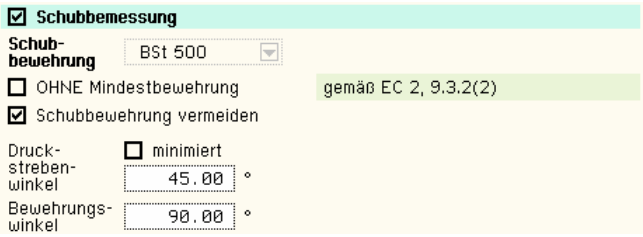
Material

Die Materialgüten werden aus dem *Materialeigenschaftsblatt* übernommen.

Biegebemessung

Bei der Berücksichtigung der ***Mindestbewehrung*** ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Wand (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes stabförmiges Bauteil) handelt. Der Anwender kann aus einer Liste auswählen, welches Kapitel zur Bestimmung der Mindestbewehrung maßgebend sein soll.

Schubbemessung



Folgende Parameter sind optional

- mit/ohne Berücksichtigung der ***Schubmindestbewehrung***
- Bemessung als 'Plattenstreifen': ***Schubbewehrung vermeiden***: die Anordnung einer Querkraftbewehrung hängt von der Größe des $V_{Rd,ct}$-Wertes ab, der maßgeblich durch die Zuglängsbewehrung beeinflusst wird.

  Bei Aktivierung dieses Schalters wird bei Bedarf die Längsbewehrung so sehr erhöht, dass $V_{Ed} = V_{Rd,ct}$ und damit $a_{sbü} = 0$. Es wird beachtet, dass $\rho_l \leq 0.02$ eingehalten werden muss.

  Es kann aufgrund dieser Vorgehensweise zu punktuell auftretenden großen Längsbewehrungserhöhungen kommen (z.B. bei Unstetigkeitsstellen). Empfehlung: die Grundlängsbewehrung (s. Register *Allgemein*, Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) auf ein sinnvolles Maß anheben.

- innerer Hebelarm - c_{nom}: Betonüberdeckung zur Längsbewehrung. Das Verfahren zur Berechnung des inneren ***Hebelarms*** wird nachweisglobal bestimmt (s. Bemessungseinstellungen, allgemeine Nachweisoptionen Abs. 4.6.3.1.1, S. 26).
- ***Druckstrebenwinkel*** θ: Neigungswinkel der Druckstrebe

  Minimiert ($\theta = 0$): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung. Aber: der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der ***Verankerungslängen*** ein. I.A. ist es nicht sinnvoll, diesen Schalter zu aktivieren (z.T. lokal stark variierende Neigungswinkel).
- ***Bewehrungswinkel***: Winkel der Querkraftbewehrung zur Längsbewehrung

Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- den Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die eingegebene Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) A_{s0o}, A_{s0u} in cm^2
- die statisch erforderliche Bewehrung A_{sbo}, A_{sbu} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung ΔAso, ΔAsu in cm^2

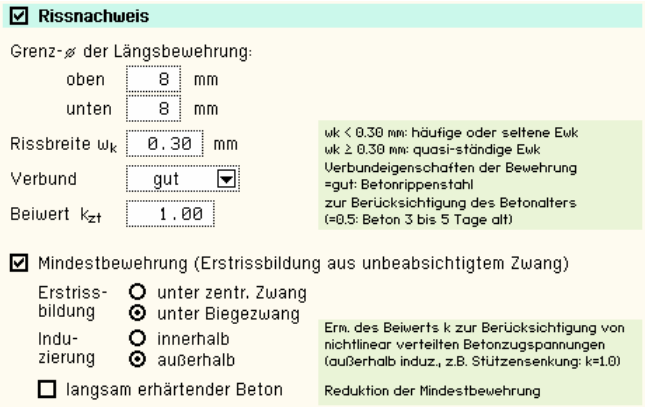
Die Schubbemessung liefert für die Querkraft

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt) a_{sbQ} in cm^2/m

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed} in kN
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,ct}$ in kN
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,max}$ in kN
- den Druckstrebenwinkel θ
- den Ausnutzungsbereich AB nach Tab. 31

Rissnachweis



Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der ***Mindestbewehrung***, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren der Stabdurchmesser d_s der rissverteilenden Bewehrung in mm festzulegen. Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- Norm (ohne direkte Berechnung der Rissbreite)
- Norm (direkte Berechnung der Rissbreite)
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (s. Bemessungseinstellungen, allgemeine Nachweisoptionen, Abs. 4.6.3, S. 24).

Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite w_k. Weiterhin gehen ein

- zur Ermittlung der Mindestbewehrung

  Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang)

  Grund für die ***Zwangsbeanspruchung*** (selbst oder außerhalb induziert)
- Faktor $k_{z,t}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Nachweisführung

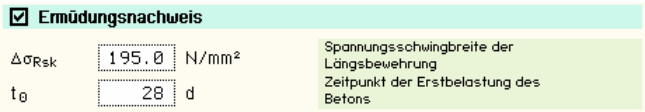
  Sind beide Teilnachweise aktiviert, wird $k_{z,t}$ nur bei der Ermittlung der Mindestbewehrung (Erstriss) berücksichtigt.

  Die Beanspruchung aus dem Abfließen der ***Hydratationswärme*** kann mit 'Zugzwang' und $k_{z,t}$ = 0.5 geführt werden.
- das ***Verbundverhalten*** (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register *Allgemein*, Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Ermüdungsnachweis



Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Längsbewehrung
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

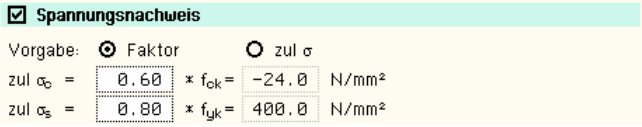
- die zulässige ***Spannungsschwingbreite*** für die Längsbewehrung zul $\Delta\sigma_{Rsk}$ in N/mm^2, die i.A. für gerade und gebogende Stäbe (Stabstahl) 195 N/mm^2 und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 58 N/mm^2 betragen darf
- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons t_0 in d

Die Parameter sind vom Anwender frei eingebbar. Ist der Parameter für die Schwingbreite der Längsbewehrung = 0, erfolgt kein Nachweis.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register *Allgemein*, Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Spannungsnachweis



Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul σ_c für den Beton und
- zul σ_s für die Bewehrung,

die je nach Einwirkungskombination variieren. Ist einer der beiden Grenzwerte = 0, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von f_{ck} bzw. f_{yk}, d.h. in Abhängigkeit der definierten Materialgüten, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register *Allgemein*, Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung auf der Zugseite entsprechend erhöht. Ist der *Nachweis für den Beton* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte auf der Druckseite erhöht.

Nachweisergebnis

Man erhält

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- den Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung A_{s0o}, A_{s0u} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung ΔA_{so}, ΔA_{su} in cm^2

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung $A_{so,Min}$, $A_{su,Min}$ in cm^2
- den zulässigen Grenzdurchmesser d_{sRo}, d_{sRu} in mm

für den Ermüdungsnachweis

- die Schwingbreite $\Delta\sigma_{so}$, $\Delta\sigma_{su}$ in MN/m^2
- die Betonausnutzung aus Ermüdung U_c
- die extremalen Stahlspannungen σ_{so}, σ_{su} in MN/m^2
- die extremale Betonspannung σ_c in MN/m^2

für den Spannungsnachweis

- die extremalen Stahlspannungen σ_{so}, σ_{su} in MN/m^2
- die minimale Betonspannung σ_c in MN/m^2

4.6.3.1.3 Bemessungsoptionen DIN 1045-1 (2008-08)

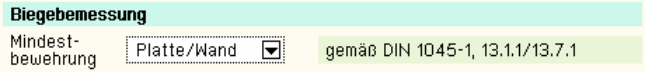
Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessung und Nachweise nach DIN 1045-1 (2008-08).

Material

Die Materialgüten werden aus dem *Materialeigenschaftsblatt* (Abs. 4.6.1, S. 20) übernommen.

Der Abminderungsbeiwert α_c zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Druckfestigkeit sowie zur Umrechnung zwischen Zylinderdruckfestigkeit und einaxialer Betondruckfestigkeit ist hier zu belegen (i.A. DIN 1045-1: Normalbeton: α_c = 0.85, Leichtbeton: α_c = 0.75).

Biegebemessung



Bei der Berücksichtigung der ***Mindestbewehrung*** ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Wand (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes stabförmiges Bauteil) handelt.

Der Anwender kann aus einer Liste auswählen, welches Kapitel zur Bestimmung der Mindestbewehrung maßgebend sein soll.

Schubbemessung

Folgende Parameter sind für die Bemessung des Plattenstreifens optional

- ***ohne Mindestbewehrung***
- Bemessung als 'Plattenstreifen': ***Schubbewehrung vermeiden***: die Anordnung einer Querkraftbewehrung hängt von der Größe des $V_{Rd,ct}$-Wertes ab. Dieser Wert wird maßgeblich durch die Zuglängsbewehrung beeinflusst. Bei Aktivierung dieses Schalters wird bei Bedarf die Längsbewehrung so weit erhöht, dass $V_{Ed} = V_{Rd,ct}$ und damit $a_{sbü} = 0$.

  Es wird nach 10.3.3 (1) beachtet, dass $\rho_l \leq 0.02$ eingehalten werden muss.

  Es kann aufgrund dieser Vorgehensweise zu punktuell auftretenden großen Längsbewehrungserhöhungen kommen (z.B. bei Unstetigkeitsstellen). Empfehlung: die Grundlängsbewehrung (s. Register *Allgemein* Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) auf ein sinnvolles Maß anheben.
- innerer Hebelarm - c_{nom}: Betonüberdeckung zur Längsbewehrung. Das Verfahren zur Berechnung des inneren ***Hebelarms*** wird nachweisglobal bestimmt (s. Bemessungseinstellungen, allgemeine Nachweisoptionen Abs. 4.6.3.1.1,S. 26).
- ***Druckstrebenwinkel*** θ Neigungswinkel der Druckstrebe
  minimiert ($\Theta = 0$): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung. Aber: der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der ***Verankerungslängen*** ein. I.A. ist es nicht sinnvoll, diesen Schalter zu aktivieren (z.T. lokal stark variierende Neigungswinkel).
- ***Bewehrungswinkel***: Winkel der Querkraftbewehrung zur Längsbewehrung

Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung ergeben sich

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- der Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die eingegebene Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) A_{s0o}, A_{s0u} in cm
- die statisch erforderliche Bewehrung A_{sbo}, A_{sbu} in cm^2

- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) ΔA_{so}, ΔA_{su} in cm^2

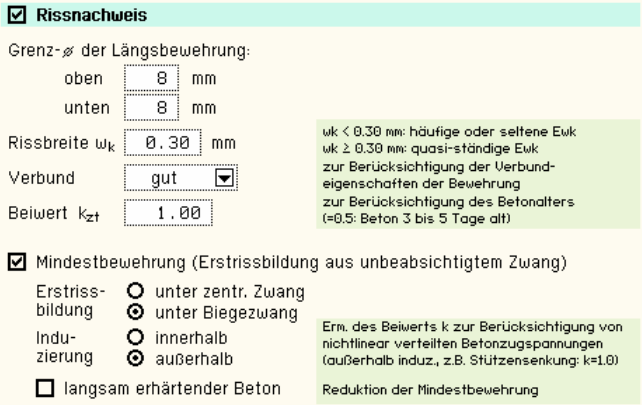
Die Schubbemessung liefert für die Querkraft

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt) a_{sbQ} in cm^2/m

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed} in kN
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,ct}$ in kN
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,max}$ in kN
- den Druckstrebenwinkel Θ
- den Ausnutzungsbereich AB nach Tab. 31

Rissnachweis



Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der ***Mindestbewehrung***, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Aufbringen der Verkehrslast) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der ***Grenzdurchmesser*** der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren der Stabdurchmesser d_s der rissverteilenden Bewehrung in mm festzulegen. Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach DIN 1045-1 ohne/mit direkter Berechnung der Rissbreite, ***Schießl*** (Heft 400) und ***Noakowski*** erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (Abs. 4.6.3, S. 24 ff).

Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite w_k.

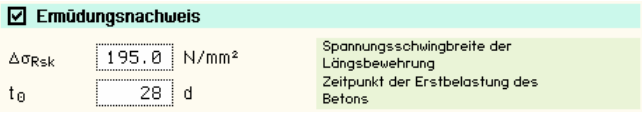
Weiterhin gehen ein

- zur Ermittlung der Mindestbewehrung:
  Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang)
  Grund für die Zwangsbeanspruchung (selbst oder außerhalb induziert)
- Faktor $k_{z,t}$ für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Nachweisführung. Sind beide Teilnachweise aktiviert, wird $k_{z,t}$ nur bei der Ermittlung der Mindestbewehrung (Erstriss) berücksichtigt. Die Beanspruchung aus dem Abfließen der ***Hydratationswärme*** kann mit ***Zugzwang*** und $k_{z,t} = 0.5$ geführt werden.
- das ***Verbundverhalten*** (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Eingangsbewehrung entsprechend erhöht.

Ermüdungsnachweis



Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Längsbewehrung
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

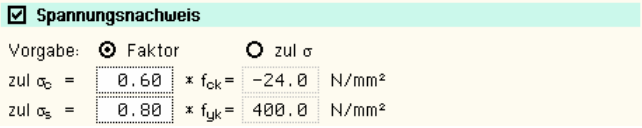
- die zulässige ***Spannungsschwingbreite*** zul $\Delta\sigma_{Rsk}$ in N/mm^2, die i.A. für gerade und gebogende Stäbe (Stabstahl) 195 N/mm^2 und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 58 N/mm^2 betragen darf,
- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons t_0 in d.

Die Parameter sind vom Anwender frei definierbar. Ist einer der Parameter für die Schwingbreite der Längsbewehrung = 0, erfolgt kein Nachweis.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Spannungsnachweis



Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul σ_c für den Beton und
- zul σ_s für den Stahl,

die je nach Einwirkungskombination variieren. Ist einer der beiden Grenzwerte = 0, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von f_{ck} bzw. f_{yk}, d.h. in Abhängigkeit der im Registerblatt *Bemessung* definierten Materialgüten, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Abs. 4.6.3.1.1, S. 26), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung auf der Zugseite entsprechend erhöht.

Ist der *Nachweis für den Beton* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte auf der Druckseite erhöht.

Nachweisergebnis

Als Nachweisergebnisse werden ermittelt

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- der Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung A_{s0o}, A_{s0u} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung ΔA_{so}, ΔA_{su} in cm^2

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung $A_{so,Min}$, $A_{su,Min}$ in cm^2
- den zulässigen Grenzdurchmesser d_{sRo}, d_{sRu} in mm

für den Ermüdungsnachweis

- die Schwingbreite $\Delta\sigma_{so}$, $\Delta\sigma_{su}$ in MN/m^2
- die Betonausnutzung aus Ermüdung U_c
- die extremalen Stahlspannungen σ_{so}, σ_{su} in MN/m^2
- die extremale Betonspannung σ_c in MN/m^2

für den Spannungsnachweis

- die extremalen Stahlspannungen σ_{so}, σ_{su} in MN/m^2
- die minimale Betonspannung σ_c in MN/m^2

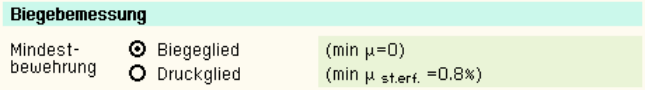
4.6.3.1.4 Bemessungsoptionen DIN 1045 (7.88)

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessungen und Nachweise nach DIN 1045 (7.88).

Material

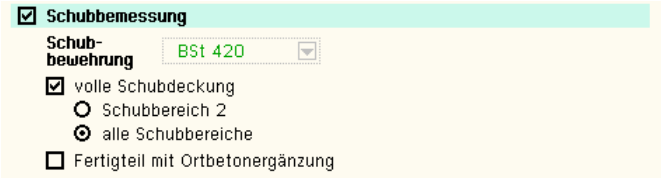
Die Materialgüten werden aus dem *Materialeigenschaftsblatt* übernommen.

Biegebemessung



Eine ***Mindestbewehrung*** ist nur für Druckglieder zu berücksichtigen.

Schubbemessung



Folgende Parameter können eingestellt werden

- ***volle Schubdeckung auch im Schubbereich 2*** : keine verminderte Schubdeckung n. Gl. (17)
- volle Schubdeckung in allen Schubbereichen: $\tau = \tau_0$
- ***Fertigteil*** mit Ortbetonergänzung: Abminderung von τ_{zul} nach 19.7.2
-

Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung ergeben sich

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- der Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse zum Nachvollziehen des Nachweises

- die statisch erforderliche Bewehrung A_{sbo}, A_{sbu} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (Abs. 4.6.3.1.1, S. 26) ΔA_{so}, ΔA_{su} in cm^2

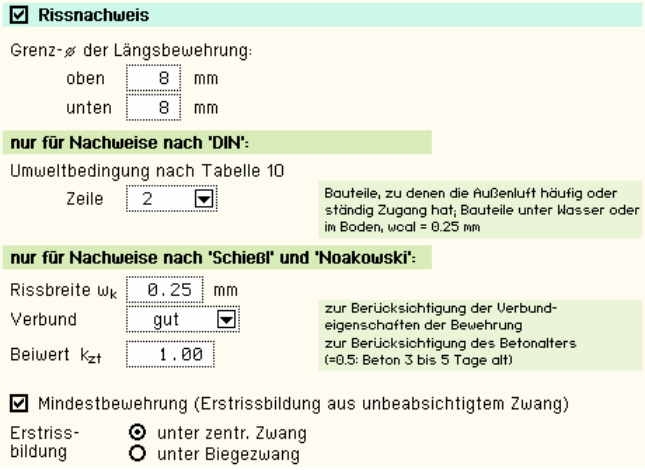
Die Schubbemessung liefert

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt) a_{sbQ} in cm^2/m

sowie als Zusatzergebnisse

- den Grundwert der Schubspannungen aus Querkraft τ_0 in N/mm^2
- den Schubbereich SB
- die Bemessungsschubspannung aus Querkraft τ_Q in N/mm^2

Rissnachweis



Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der ***Mindestbewehrung***, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der ***Grenzdurchmesser*** der Längsbewehrung, deshalb sind bei allen Verfahren die Stabdurchmesser d_s der rissverteilenden Bewehrung (Grenzdurchmesser der Längsbewehrung) in mm festzulegen. Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach DIN 1045, ***Schießl*** (Heft 400) oder ***Noakowski*** erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (Abs. 4.6.3, S. 24 ff).

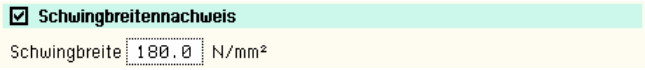
Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite, die bei Anwendung des Verfahrens n. DIN 1045 über die Umweltbedingungen und bei Schießl/Noakowski direkt über w_{cal} einzugeben ist.

Weiterhin gehen ein

- Art der ***Zwangsbeanspruchung*** (zentr. Zwang, Biegezwang)
- Faktor $k_{z,t}$ zur Berücksichtigung des Betonalters zum Zeitpunkt der Ermittlung der Mindestbewehrung. Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme ist mit ***Zugzwang*** und $k_{z,t} = 0.5$ zu führen.
- das Verbundverhalten (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Der Nachweisteil *Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Eingangsbewehrung entsprechend erhöht.

Schwingbreitennachweis



Der Schwingbreitennachweis wird nur für die Längsbewehrung geführt. Ein Nachweis der Querkraftbewehrung erfolgt nicht.

Wesentliche Eingangsgröße ist die zulässige Schwingbreite zul $\Delta\sigma$, die i.A. in geraden Stababschnitten III S und IV S (Balken) 180 N/mm^2 und bei Betonstahlmatten IV M (Platten) 80 N/mm^2 betragen darf. Der Parameter ist vom Anwender frei definierbar.

Nachweisergebnis

Aus den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte A_{so}, A_{su} in cm^2
- der Bewehrungsgrad μ_s

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung A_{s0o}, A_{s0u} in cm^2
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung ΔA_{so}, ΔA_{su} in cm^2

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung $A_{so,Min}$, $A_{su,Min}$ in cm^2

für den Schwingbreitennachweis

- die Schwingbreite $\Delta\sigma_{so}$, $\Delta\sigma_{su}$ in MN/m^2

4.6.4 Nachweis der äußeren Standsicherheit

Bei der Auswahl der zu führenden Nachweise gibt es zwei Grundeinstellungen, durch die die zu führenden Nachweise vorgegeben werden; entweder die Nachweisführung ***für einfache Fälle*** (Regelfallbemessung) oder die genauere ***direkte Bemessung***.

Zusätzlich ist es aber auch möglich durch die Option ***individuell*** die Nachweise direkt an- oder abzuwählen.

4.6.4.1 Eurocode 7 bzw. DIN 1054:2010

Bei Nachweisführung n. Eurocode 7 bzw. DIN 1054:2010 gehören zur direkten Bemessung die ***Tragfähigkeitsnachweise***

- Nachweis der Sicherheit gegen Kippen, s. Abs. 4.6.4.8, S. 44
- ... gegen Gleiten, s. Abs. 4.6.4.6, S. 42
- ... gegen Grundbruch, s. Abs. 4.6.4.7, S. 43

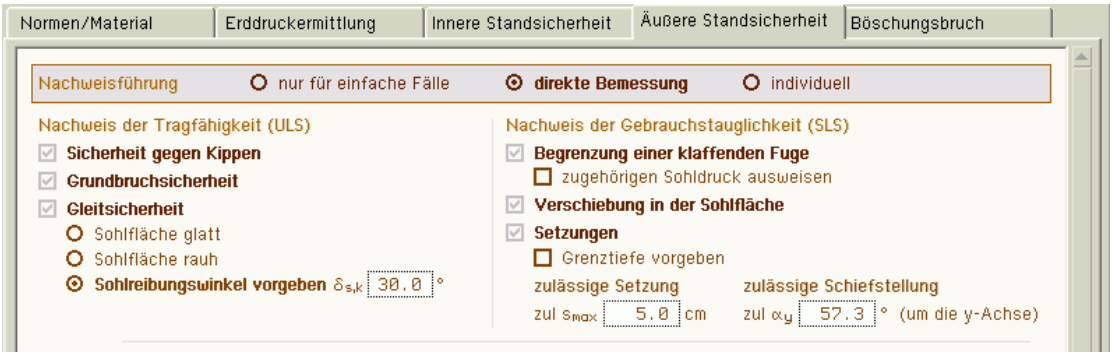
sowie die ***Gebrauchstauglichkeitsnachweise***

- Begrenzung einer klaffenden Fuge, s. Abs. 4.6.4.9, S. 44
- Verschiebung in der Sohlfläche, s. Abs. 4.6.4.11, S. 45
- Nachweis der zulässigen Setzung, s. Abs. 4.6.4.12, S. 45

Für den Nachweis der Gleitsicherheit kann der ***Sohlreibungswinkel*** $\delta_{s,k}$ direkt vorgegeben oder über Angabe zur Beschaffenheit der Sohlfläche (glatt oder rau) vom Programm automatisch ermittelt werden.

Welche ***Setzung*** bzw. Schiefstellung zulässig ist, ist ebenfalls vom Anwender festzulegen.

Wenn durch die Verhältnisse im Untergrund eindeutig klar ist, bis zu welcher Tiefe die setzungserzeugenden Spannungen berücksichtigt werden müssen, kann die Grenztiefe vorgegeben werden.



4.6.4.2 DIN 1054:2005

Bei Nachweisführung n. DIN 1054:2005 sind statt des Gebrauchstauglichkeitsnachweises Begrenzung einer klaffenden Fuge (Abs. 4.6.4.9, S. 44) der Tragfähigkeitsnachweis

- zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter Gesamtlast

und der Gebrauchstauglichkeitsnachweis

- zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter ständigen Lasten

Teil der direkten Bemessung.

Diese beiden Nachweise entsprechen genau dem Nachweis *Begrenzung einer klaffenden Fuge* nach Eurocode, zumal auch der Tragfähigkeitsteil des Nachweises unter 1.0-fachen Lasten zu führen ist.

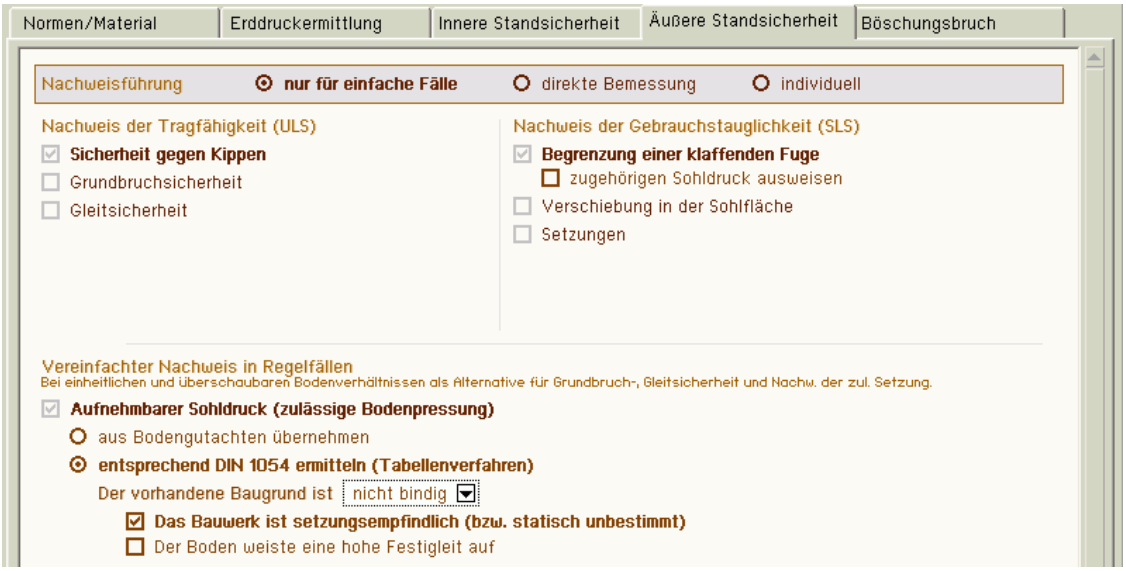
Wenn die Voraussetzungen von Bauwerksabmessungen, Bodenbeschaffenheit und Belastung gewährleistet sind, kann als Nachweis der Standsicherheit auch der *vereinfachte Nachweis in Regelfällen* (Abs. 4.6.4.4, S. 39) angewandt werden. Ob die Voraussetzungen bzgl. Abmessungen und Belastung vorliegen, wird vom Programm überprüft.

Der Nachweis beschränkt sich i.W. auf den Nachweis des aufnehmbaren Sohldrucks, der, wenn durch ein Bodengutachten ermittelt, direkt vorgeben werden kann; andernfalls wird er auf einem Tabellenverfahren basierend bestimmt.

Vorsicht Verwechslungsgefahr!
Während der vereinfachte Nachweis bisher (bis DIN 1054:2005) auf charakteristischer Basis geführt wurde, ist der Nachweis für Eurocode im Grenzzustand GEO-2 zu führen. D.h., dass auch der zulässige Sohlwiderstand als Bemessungswert ermittelt wird bzw. als solcher vorzugeben ist.

Die ***Baugrundart*** ist entsprechend den Klassifikationen der DIN festzulegen. Die mittlere Wichte oberhalb der Plattenoberkante dient nur zur Ermittlung der Erdauflast.

Die Nachweise gegen *Kippen* und zur *Begrenzung einer klaffenden Fuge* gehören dabei zu den Voraussetzungen für den vereinfachten Nachweis.

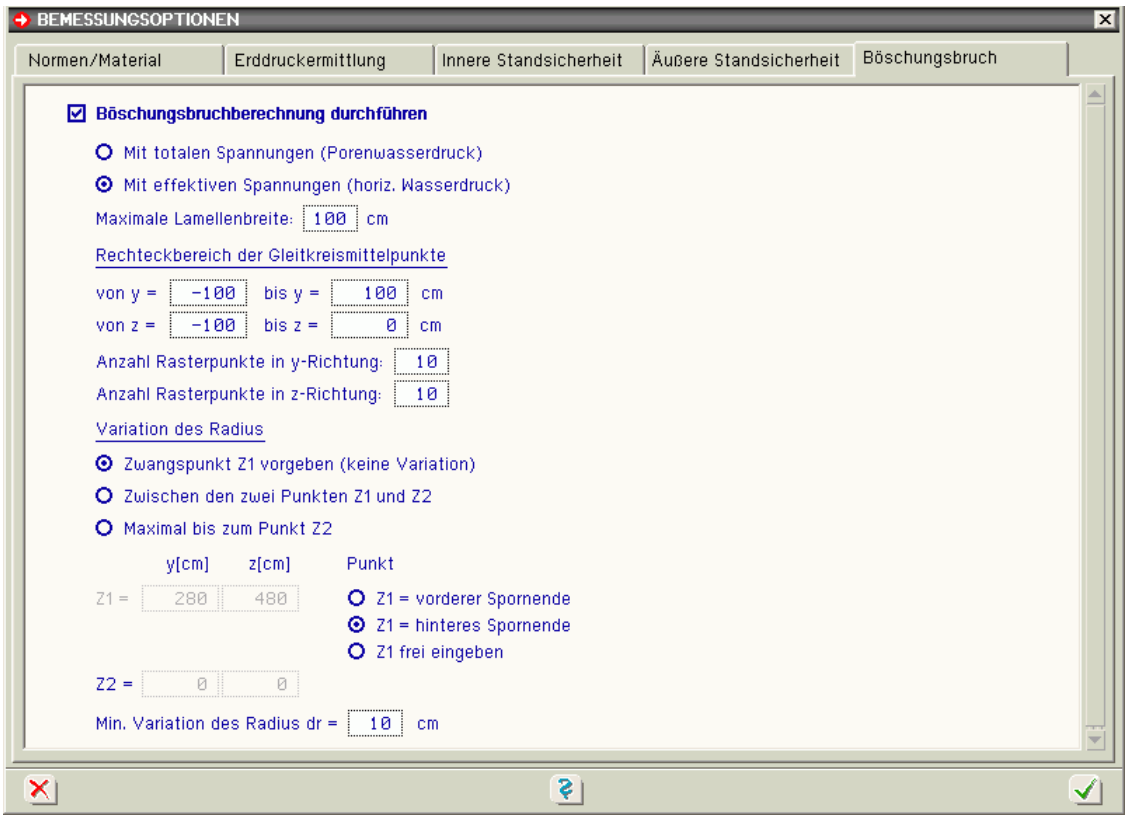


4.6.4.3 Böschungsbruch

Das Programm generiert verschiedene ***Gleitkreise*** und errechnet die zugehörigen Sicherheiten entspr. DIN 1054:2010-12 oder DIN 4084.

Zur Durchführung ist die Eingabe zusätzlicher Parameter erforderlich. So ist der Bereich möglicher Kreismittelpunkte vom Anwender vorzugeben. Der Radius kann zusätzlich durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2, die auf dem Kreisbogen liegen (entweder liegt Z1 oder Z2 auf dem Bogen) zwischen diesen beiden Bögen variiert werden. Hat der Anwender keine Vorstellung wie der maßgebende Gleitkreis aussieht, sollte in einem ersten Rechenlauf ein größerer Bereich mit Mittelpunkten und Radien, aber dafür mit grober Rasterung, eingegeben werden, um die Rechenzeit nicht unnötig zu verlängern. Danach kann man in dem Bereich mit der kleinsten Sicherheit nochmals, aber mit einer feineren Rasterung, rechnen, um sich so an den maßgebenden Gleitkreis heranzutasten. In den meisten Fällen ist jedoch der Endpunkt des hinteren Sporns ein maßgebender Zwangspunkt, was durch entsprechende Eingabeoption auch so gesetzt werden kann.

Das Eingabefenster zum Böschungsbruch wird über den ***DIN***-Button geöffnet und befindet sich dort im fünften Registerblatt.



Böschungsbruchberechnung durchführen — Der Nachweis der Untersuchung des Böschungsbruchs wird durch Anschalten des Optionsknopfs aktiviert.

Die einzelnen Eingabefelder haben folgende Bedeutungen

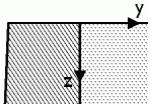
Mit totalen Spannungen (Porenwasserdruck) — bei aktiviertem Schalter wird der Porenwasserdruck je Lamelle angesetzt

Mit effektiven Spannungen (horiz. Wasserdruck) — … Schalter wird das Gewicht der Lamelle unter Auftrieb angesetzt

Maximale Lamellenbreite: 100 cm — legt die maximale Breite der automatisch vom Programm generierten Lamellen fest. Ein kleinerer Wert bewirkt eine höhere Genauigkeit, aber auch eine längere Rechenzeit. Ein sinnvolles Maß sind 100 cm.

Rechteckbereich der Gleitkreismittelpunkte
von y = -200 bis y = 50 cm
von z = -100 bis z = 100 cm

das Fenster, in dem die Mittelpunkte der untersuchten Gleitkreise liegen, wird durch die hier eingegebenen Bereiche markiert. Der Ursprung des Bezugskoordinatensystems liegt an der erdseitigen Ecke des Wandkopfs. Die positive y-Koordinate zeigt nach rechts, die z-Koordinate nach unten.



Anzahl Rasterpunkte in y-Richtung: 10
Anzahl Rasterpunkte in z-Richtung: 10

legt die Anzahl der zu untersuchenden Mittelpunkte in y- bzw. z-Richtung fest

Variation des Radius

hier werden die Angaben zur Variation des Radius vorgenommen. Folgende Optionen stehen zur Auswahl

Zwangspunkt Z1 vorgeben (keine Variation)

der Radius wird nicht variiert. Alle Gleitkreise verlaufen durch den Zwangspunkt Z1

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	-80	480

die Koordinaten von Z1 werden über die Eingabefelder eingegeben

Z1 = vorderes Spornende
Z1 = hinteres Spornende
Z1 frei eingeben

die Wahl der Option ***Z1 = vorderes Spornende*** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des vorderen Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden

Die Wahl der Option ***Z1 = hinteres Spornende*** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des hinteren Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden. Dies ist i.d.R. die sinnvollste Einstellung.

Ist die Option ***Z1 frei eingeben*** aktiv, werden die Eingabefelder für die Koordinaten freigeschaltet und es kann ein freier Punkt gewählt werden.

Zwischen den zwei Punkten Z1 und Z2

durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2 wird der Bereich festgelegt, zwischen dem die Radien variiert werden

Maximal bis zum Punkt Z2

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	-80	480
Z2 =	280	700

die innere Grenze der Radiusvariation wird durch den Baukörper der Winkelstützwand begrenzt. Die äußere Grenze ist durch den Punkt Z2 festgelegt. Die Koordinaten von Z2 werden über die Eingabefelder eingegeben.

Min. Variation des Radius dr = 10 cm

das Eingabefeld legt die Schrittweite der Radiusvariation fest

4.6.4.4 vereinfachter Nachweis in Regelfällen

Bei einfachen Verhältnissen bzgl. Baugrund und Beanspruchung kann der Nachweis der Sohldruckbeanspruchung mit Hilfe von Tabellenwerten n. DIN 1054:2010, Abs. A 6.10, geführt werden.

Voraussetzung ist eine ausreichende Baugrunderkundung, damit die Baugrundverhältnisse unter den im Abs. A 6.10 genannten Bedingungen für die Anwendung der Tabellenwerte eingeordnet werden können.

Für die Gültigkeit des Verfahrens müssen u.A. folgende Voraussetzungen vorliegen

- die Belastung muss überwiegend oder regelmäßig statisch sein (nur LF 1)
- der Kippnachweis und der Nachweis der zulässigen Ausmitte müssen erfüllt sein*
- Mindesteinbindetiefe von 0.8 m bzw. frostfreie Sohle*
- die Abmessungen sind begrenzt*
- der Baugrund muss aus häufig vorkommenden, typischen Bodenarten bestehen (nähere Angaben s. DIN 1054)
- der Baugrund muss bis $z = 2 \cdot b$ annähernd gleichmäßig sein
- Begrenzung des Verhältnisses von Horizontal- zu Vertikallast*

Die mit * gekennzeichneten Bedingungen werden vom Programm überprüft. Inwieweit die Regelmäßigkeit der ***Bodenverhältnisse*** gegeben ist, ist dagegen vom Anwender zu beurteilen.

In Abhängigkeit der Einbindetiefe und der Beschaffenheit des Baugrunds wird aus Tabellenwerten ein aufnehmbarer Sohldruck (bzw. eine Bodenpressung) ermittelt, der ggf. nochmals in Abhängigkeit von den Plattenabmessungen und dem Grundwasserstand mit dem Faktor f erhöht oder verkleinert wird.

$$\sigma_{R,d} = f \cdot \sigma_{Tab}$$

Dieser *zulässige Sohldruck* wird dem *vorhandenen Sohldruck* gegenübergestellt. Der vorhandene Sohldruck wird dabei im Grenzzustand GEO-2 ermittelt und ergibt sich aus

$$\sigma_{E,d} = N_{0,E,d} / A'$$

Die Ersatzfläche A' (s. Abs. 4.6.4.10, S. 45) resultiert dabei aus der Abminderung der Gründungsfläche infolge einer außermittigen Belastung. Ist die Ausnutzung

$$\mu = \sigma_{E,d} / \sigma_{R,d} < 1.0$$

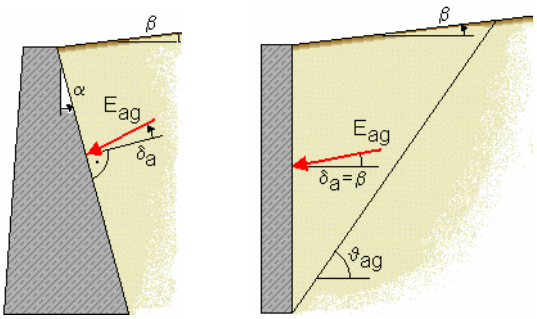
ist der Nachweis erfüllt.

Unterschiede bei Berechnung n. DIN 1054:2005 und DIN 1054:1976

Vorgehensweise und Voraussetzungen für den Nachweis entsprechen dem bekannten Tabellenverfahren aus DIN 1054:2005, Abs. 7.7, (bzw. nach DIN 1054:1976, Abs. 4.3).

Einziger und wichtiger Unterschied ist, dass in den alten Normen der Nachweis auf Gebrauchstauglichkeitsniveau (1.0-fach) geführt wurde, während nach Eurocode die Schnittgrößen im Grenzzustand GEO 2 ermittelt werden.
Die Tabellenwerte sind daher bei DIN 1054:2010 um den Faktor 1.4 höher als in den alten Normen.

4.6.4.5 Erddruckermittlung



aktiver Erddruck (erdseitig)

Die Berechnung des Erddrücke erfolgt nach der Theorie von Coulomb und dem Ansatz nach Müller-Breslau.

Die Erddrücke werden wie folgt errechnet.

- horizontaler Erddruck aus Bodeneigengewicht

$$e_{agh} = \gamma \cdot z \cdot K_{agh} \quad \text{... mit ...}$$

$$K_{agh} = \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos\alpha \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}}\right)} \right)^2$$

- horizontaler Erddruck aus breiter Flächenauflast

$$e_{aph} = p \cdot K_{agh}$$

- horizontaler Erddruck aus schmaler Auflast

$$e_{aph} = \frac{2 \cdot p \cdot b \cdot K_{aph}}{h} \quad \text{... mit ...}$$

$$K_{aph} = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta_a)}$$

$$\vartheta_a = \varphi + \operatorname{arc\,cot}\left(\tan(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \cdot \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha - \beta) \cdot \cos(\varphi + \delta_a)}} \right)$$

- Erddruckanteil infolge Kohäsion

$$e_{ach} = -K_{ach} \cdot c \quad \text{... mit ...}$$

$$K_{ach} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos\varphi \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\left(1 + \sin(\varphi + \alpha + \delta_a - \beta)\right) \cdot \cos\alpha}$$

Erdruhedruck

$$e_{0gh} = \gamma \cdot z \cdot K_{0gh} \quad \text{... mit ...}$$

$$K_{0gh} = k_1 \cdot f \cdot \frac{1 + \tan\alpha_1 \cdot \tan\beta}{1 + \tan\alpha_1 \cdot \tan\delta_0}$$

$$k_1 = \frac{\sin\varphi - \sin^2\varphi}{\sin\varphi - \sin^2\beta} \cdot \cos^2\beta$$

$$\tan\alpha_1 = \sqrt{\frac{1}{1/k_1 + \tan^2\beta}}$$

$$f = 1 - \left|\tan\alpha \cdot \tan\beta\right|$$

passiver Erddruck (luftseitig)

$$e_{pgh} = \gamma \cdot z \cdot K_{pgh}$$

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

Strömungsdruck n. Bent Hansen

Bei diesem Ansatz wird der Einfluss der Sickerströmung mittels modifizierter Wichten von Boden und Wasser wie folgt erfasst

$$\gamma_a = \gamma' + i_a \cdot \gamma_w$$
$$\gamma_p = \gamma' + i_p \cdot \gamma_w$$
$$\gamma_{wa} = (1 - i_a) \cdot \gamma_w$$
$$\gamma_{wp} = (1 - i_p) \cdot \gamma_w$$

$$i_a = \frac{0.7 \cdot h_{wü}}{h_1 + \sqrt{h_1 \cdot t}} \quad \text{... und ...} \quad i_p = \frac{-0.7 \cdot h_{wü}}{t + \sqrt{h_1 \cdot t}}$$

i_a	hydraulisches Gefälle auf der aktiven Seite
i_p	... auf der passiven Seite
$h_{wü}$	hydrostatische Überdruckhöhe
h_1	lotrechte Sickerlänge auf der aktiven Seite
t	... auf der passiven Seite
γ_a	Wichte des Bodens unter Strömungseinfluss auf der aktiven Seite
γ_p	... auf der passiven Seite
γ_w	Wichte des Wassers ohne Strömungseinfluss
γ_{wa}	... unter Strömungseinfluss auf der aktiven Seite
γ_{wp}	... unter Strömungseinfluss auf der passiven Seite

Der horizontale Sickerweg unter der Fundamentsohle wird in die Sickerlängen mit eingerechnet.

Der Ansatz entspricht einer einfachen Näherung, deren Zulässigkeit im Einzelfall zu prüfen ist.

4.6.4.6 Gleitsicherheit

Der Nachweis der Gleitsicherheit ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der n. EC 7 im Grenzzustand GEO-2 und n. DIN 1054:2005 im Grenzzustand 1B geführt wird.

Gleitwiderstand

Unter der Annahme konsolidierten Bodens berechnet sich der charakteristische Gleitwiderstand zu

$$R_{t,k} = N_{0,k} \cdot \tan \delta_s$$

$N_{0,k}$ charakteristische Normalkraft in der Bodenfuge
δ_s Sohlreibungswinkel

Der Sohlreibungswinkel ist im Eigenschaftsblatt der Bemessungsoptionen (s. Abs. 4.6.4, S. 35) vom Anwender vorzugeben.

Der Quotient aus charakteristischem Gleitwiderstand und Teilsicherheitsbeiwert ergibt den Bemessungswert

$$R_{t,k} = R_{t,d} / \gamma_{R,h}$$

Erdwiderstand

Der Erdwiderstand kann angesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind

- das Bauwerk kann ohne Gefahr eine hinreichende Verschiebung ausführen
- der beanspruchte Boden muss, wenn er nichtbindig ist, mindestens eine mitteldichte Lagerung, wenn er bindig ist, mindestens eine steife Konsistenz haben
- der Boden vor dem Bauwerk darf weder vorübergehend noch dauerhaft entfernt werden

Das Maß der für das Bauwerk verträglichen Mobilisierung muss vom Anwender im Eigenschaftsblatt für die Erddruckermittlung (s. Abs. 4.6.2, S. 23) vorgegeben werden.

Der Wert des mobilisierten Erdwiderstands wird zusätzlich durch den Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand im GEO-2 abgemindert. Dies ergibt den Bemessungswert des Erdwiderstands.

$$E_{p,d} = E_{p,k,mob} / \gamma_{R,e}$$

Die Wirkungsbreite für den Erdwiderstand wird bei zweiachsiger Belastung entsprechend den Horizontallastkomponenten der beiden Lastrichtungen gewichtet.

$$b_{eff} = (H_y \cdot b_x + H_x \cdot b_y) / H_{Res}$$

H_{Res} resultierende Horizontalkraft $H_{Res} = \sqrt{(H_x)^2 + (H_y)^2}$

Vom Programm wird zusätzlich sichergestellt, dass der angesetzte charakteristische Wert des mobilisierten Erdrucks nicht höher als der charakteristische Wert der resultierenden Horizontalkraft ist.

Ausnutzung

Um die Ergebnisse aller Lastkollektive vergleichen zu können, wird vom Programm eine Ausnutzung ermittelt.

$$\mu = (R_{td} + E_{p,d}) / H_{Res}$$

Damit der Nachweis erfüllt ist, müssen die Ausnutzungen für alle Lastkollektive < 1.0 bzw. die Sicherheiten > 1.0 sein.

Unterschiede zu DIN 1054 (11.76)

Die Vorgehensweise nach DIN 1054 (11.76) ist analog, nur dass dort keine Teilsicherheitsbeiwerte (γ_{Gl} bzw. γ_{Ep}) vorkommen und anstelle einer Ausnutzung die erreichte Sicherheit ermittelt wird, die wiederum je nach Bemessungssituation größer als eine geforderte Mindestsicherheit sein muss.

4.6.4.7 Grundbruch

Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der n. EC 7 im Grenzzustand GEO-2 und n. DIN 1054:2005 im Grenzzustand 1B geführt wird.

Grundbruchwiderstand

Der Grundbruchwiderstand wird n. DIN 4017:2006-03 ermittelt. Er setzt sich aus einem Breiten-, einem Tiefen- und einem Kohäsionsanteil zusammen und ergibt sich zu

$$R_{n,k} = a' \cdot b' \cdot (\gamma_2 \cdot b' \cdot N_{b0} \cdot \nu_b \cdot i_b + \gamma_1 \cdot t \cdot N_{d0} \cdot \nu_d \cdot i_d + c \cdot N_{c0} \cdot \nu_c \cdot i_c)$$

a', b' ..... Ersatzabmessungen
c ..... Kohäsion des Bodens unter der Sohle
γ_1, γ_2 ..... Wichte ober- und unterhalb der Sohle
N_{b0}, N_{d0}, N_{c0} Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte
ν_b, ν_d, ν_c ..... Formbeiwerte
i_b, i_d, i_c ..... Lastneigungsbeiwerte

Die Ersatzabmessungen (s. Abs. 4.6.4.10, S. 45) ergeben sich infolge einer außermittigen Belastung. Der Bemessungswert des Grundbruchwiderstands wird mit dem zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert ermittelt.

$$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{R,v}$$

Vorgehensweise bei geschichtetem Boden

Bei geschichtetem Boden werden die Rechenwerte für c, γ_1, γ_2 und φ über die Methode des gewogenen Mittels ermittelt; dabei wird der Boden nur bis zur Tiefe der Gleitscholle berücksichtigt.

Gleitscholle

Bei lotrechter Belastung, zentrisch oder auch außermittig, wird die Tiefe der Gleitscholle, die sich bei einem Grundbruch einstellen würde, wie folgt angenommen.

$$d_s = b' \cdot \sin\alpha \cdot e^{\alpha \cdot \tan\varphi} \quad \text{... und ...} \quad \alpha = 45^o + \frac{\varphi_{cal}}{2}$$

φ_{cal} Rechenwert für den Winkel der inneren Reibung

Bei schräger Belastung bzw. zusätzlicher horizontaler Last ergibt sich die rechnerische Tiefe der Gleitscholle aus

$$d_s = b' \cdot \sin\vartheta_2 \cdot e^{\alpha_1 \cdot \tan\varphi_{cal}}$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta_1 \approx \alpha_1 \;\ldots\ldots\; \tan\alpha_2 = \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \tan^2\vartheta_1} \;\ldots\ldots\; \alpha = \frac{1 - \tan^2\vartheta_1}{2 \cdot \tan\delta_s} \;\ldots\ldots\; \vartheta_1 = 45^o - \frac{\varphi_{cal}}{2}$$

δ_s Lastneigungswinkel (s. unten)

Da die Tiefe der Gleitscholle vom Rechenwert der inneren Reibung abhängig ist und dieser wiederum bei geschichtetem Boden von der Tiefe der Gleitscholle, sind diese beiden Werte iterativ zu ermitteln.

Tragfähigkeitsbeiwerte

Die Tragfähigkeitsbeiwerte werden nach Abschnitt 7.2.2 ermittelt und sind ausschließlich abhängig vom Winkel der inneren Reibung φ.

Formbeiwerte

Die Formbeiwerte berücksichtigen die Grundrissform und berechnen sich nach Tab. 2 der DIN 4017 für ein Rechteck wie folgt.

$$\nu_c(\varphi \neq 0) = \frac{\nu_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1} \;\ldots\ldots\; \nu_c(\varphi = 0) = 1 + 0.2 \cdot b'/a' \;\ldots\ldots\; \nu_d = 1 + (b'/a') \cdot \sin\varphi_{cal} \;\ldots\ldots\; \nu_b = 1 - 0.3 \cdot b'/a'$$

Lastneigungsbeiwerte

Bei horizontaler Belastung dienen Neigungsbeiwerte zur Berücksichtigung der zusätzlichen ho-

rizontalen Belastung.

Die Neigungsbeiwerte werden nach Tab. 3 der DIN 4017:2006 ermittelt und sind i.W. abhängig vom Neigungswinkel der resultierenden **charakteristischen** Last eines Lastkollektivs.

$$\tan \delta = H_k / N_k$$

Ausnutzung

Um die Ergebnisse aller Lastkollektive vergleichen zu können, wird vom Programm zusätzlich eine Ausnutzung ermittelt.

$$\mu = N_d / R_{n,d}$$

N_d Bemessungswert der Normalkraft in der Bodenfuge

Damit der Nachweis erfüllt ist, müssen die Ausnutzungen aller Lastkollektive < 1.0 sein.

Unterschiede zu Norm DIN 1054:1976

Nach zu DIN 1054:1976 zugehöriger "alter" DIN 4017 (8.79) kann die zulässige Belastung aus der Bruchlast wahlweise nach einem der beiden folgenden Verfahren ermittelt werden.

- Bezugsgröße Last

Die zulässige Belastung ergibt sich aus Division der Bruchlast durch die Globalsicherheit

$$\text{zul } V = \frac{V_b}{\eta_p}$$

- Bezugsgröße Scherbeiwerte

Die zulässige Belastung wird dadurch bestimmt, dass bei Berechnung der Bruchlast die mit den Teilsicherheitsbeiwerten reduzierten Scherbeiwerte verwendet werden.

$$\tan(\text{zul}\,\varphi) = \frac{\tan \varphi}{\eta_r} \;\ldots\ldots\; \text{zul } c = \frac{c}{\eta_c} \;\ldots\ldots\; \text{zul } V = V_b$$

Statt einer Ausnutzung wird die vorhandene Sicherheit berechnet, die größer sein muss als die erforderliche Sicherheit des Lastkollektivs. Die erforderliche Sicherheit ist abhängig von der Bemessungssituation.

4.6.4.8 Sicherheit gegen Kippen

Der Nachweis gegen Kippen ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der nach EC 7 im Grenzzustand EQU geführt wird.

Dabei wird für jede Kante die Summe der stabilisierenden und destabilisierenden Momente ermittelt. Bei Einhaltung der Bedingung

$$M,stb > M,dst$$

M,stb Summe der stabilisierenden Momente um die betrachtete Kante
M,dst Summe der destabilisierenden Momente um die betrachtete Kante

ist der Nachweis erfüllt.

Obwohl der Nachweis nicht Teil der DIN 1054:2005 ist, wird er vom Programm auch bei Berechung nach DIN geführt. Die Schnittgrößen werden dafür im Grenzzustand 1A ermittelt.

4.6.4.9 Begrenzung einer klaffenden Fuge

Der Nachweis zur Begrenzung einer klaffenden Fuge ist ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis, der nach DIN 1054:2010-12, Abs. A 6.6.5, geführt wird. Der Nachweis besteht aus zwei Teilen. Dabei ist nachzuweisen, dass

- unter ständigen Lasten keine klaffende Fuge auftritt und
- bei ständigen und veränderlichen Lasten (Gesamtlast) in der ungünstigsten Kombination maximal ein Klaffen bis zum Schwerpunkt auftritt.

Bei rechteckigen Gründungsflächen erfolgt der Nachweis über die Einhaltung von maximalen Ausmitten.

1. unter ständigen Lasten tritt keine klaffende Fuge auf, wenn für die Lage der Sohldruckresultierenden folgende Bedingung eingehalten ist

$$\frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6} \approx 0.167$$

e_x, e_y Lastexzentrizitäten und

b_x, b_y Abmessungen in den jeweiligen Achsrichtungen

2. unter Gesamtlast darf die klaffende Fuge bis maximal zum Schwerpunkt reichen. Dies ist nachgewiesen, wenn für die Lage der Sohldruckresultierenden folgende Bedingung eingehalten ist

$$\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2 \leq \frac{1}{9} \approx 0.111$$

Unterschiede bei der Berechnung nach DIN 1054:2005

In der Ausgabe der DIN 1054 von 2005 war der zweite Teil des Nachweises, der unter Gesamtlast zu führen ist, formal ein Tragfähigkeitsnachweis. Als Nachweis gegen Verlust der Lagesicherheit wurde er dort dem Grenzzustand 1A zugeordnet. Trotzdem war er ebenfalls mit 1.0-fachen Schnittgrößen zu führen.

Somit ergeben sich keine Änderungen in Last- und Sicherheitsniveau zwischen den Normgenerationen.

4.6.4.10 Ersatzfläche zur Berücksichtigung außermittiger Belastung

Bei den meisten Nachweisen der äußeren Standsicherheit wird die Ausmittigkeit der Last rechnerisch dadurch erfasst, dass die Gründungsfläche durch eine reduzierte Fläche ersetzt wird.

Diese Ersatzfläche entspricht der Teilfläche der Gründung, bei der die Resultierende der vertikalen Lasten im Schwerpunkt liegt.

Bei einer rechteckigen Gründungsfläche ergibt sich die Ersatzfläche zu

$$A' = a' \cdot b' \text{ ... mit ... } a' = a - 2 \cdot e_a \text{ ... und ... } b' = b - 2 \cdot e_b$$

a, b Abmessungen der Rechteckfläche

b bzw. b' die kleinere Seitenlänge bzw. Ersatzseitenlänge

e_a, e_b Lastexzentrizitäten parallel zu den entsprechenden Seiten

4.6.4.11 Verschiebung in der Sohlfläche

Bei diesem Nachweis handelt es sich um einen Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

Bei Berechnung n. EC 7 wird er gemäß DIN 1054:2010-12, Abs. 6.6.6, geführt. Damit soll sichergestellt werden, dass keine unzuträglichen Verschiebungen in horizontaler Richtung eintreten.

Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit (Abs. 4.6.4.6, S. 42) auf den Ansatz des Erdwiderstands verzichtet werden kann.

4.6.4.12 Setzungen

Der Nachweis der zulässigen Setzung ist ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

Für alle der drei wählbaren Normengenerationen wird die Setzungsberechnung unter Anwendung geschlossener Formeln entspr. DIN 4019, Teil 1:1979-04, und DIN 4019, Teil 2:1981-02, ausgeführt.

setzungserzeugende Spannung unter der Fundamentsohle

Die setzungserzeugende Spannung ergibt sich aus der Differenz von Sohlspannungen σ_0 aus

Bauwerkslasten und Spannungen σ_a infolge Aushublasten (welche nun nicht mehr vorhanden sind)

$$\sigma_0' = \sigma_0 - \sigma_a$$

Für den Fall, dass σ_0 nicht wesentlich größer als die Aushubentlastung ist,

$$2 \cdot \sigma_a > \sigma_0$$

wird jedoch der volle Wert der Bauwerkslasten als setzungserzeugend angesetzt

$$\sigma_0' = \sigma_0$$

Grenztiefe

Die in der Sohlfuge beginnende Grenztiefe ist die Tiefe, bis zu der die Setzungsanteile der Bodenschichten berücksichtigt werden.

Sofern die Grenztiefe d_s nicht vom Benutzer vorgegeben wird, ermittelt das Programm diese iterativ anhand der Bedingung, dass die setzungserzeugenden Spannungen unter dem kennzeichnenden Punkt in dieser Tiefe gleich 20 % der Überlagerungsspannungen aus der Eigenlast des Bodens sind.

$$\sigma_{0(z=d_s)}' = 0.2 \cdot \sigma_ü$$

$\sigma_{0(z=d_s)}'$ setzungserzeugende Spannung in der Tiefe
$\sigma_{0(z=d_s)}' = f_{(z=d_s)} \cdot \sigma_{0(z=0)}'$

f ..... Einflusswert für die lotrechte Spannung unter dem kennzeichnenden Punkt

$\sigma_ü$ ..... Überlagerungsspannung aus Bodeneigenlast

Eine Vorgabe der Grenztiefe durch den Anwender ist sinnvoll, wenn unterhalb der Fundamentsohle eine setzungsunempfindliche Schicht (z.B. Fels) in einer Tiefe ansteht, die geringer als die errechnete ist. Die zu berechnenden Setzungen wären dann geringer.

Unbedingt zu empfehlen ist es aber, wenn eine sehr weiche Schicht in dem Bereich ansteht, der als Grenztiefe vom Programm errechnet werden würde, die Grenztiefe manuell auf die untere Grenze dieser Schicht festzulegen.

Setzungsbeiwerte und Setzungsanteile

Beginnend unter der Fundamentsohle bis zur Grenztiefe werden für jede Kote, an der ein Schichtwechsel ansteht, die Setzungsbeiwerte und die sich daraus zu errechnenden Setzungsanteile der darüberliegenden Schichten ermittelt.

Die Setzungsanteile aus gleichmäßiger Last und aus Momentenbeanspruchung werden dabei getrennt betrachtet. Die Beiwerte f für die Setzung aus gleichmäßiger Last unter dem kennzeichnenden Punkt werden nach Kany, M. (Berechnung von Flächengründungen, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 2. Aufl., 1974, Band 2), Tab. 4, die Beiwerte f_x und f_y für die Schiefstellung aus Momentenbelastung nach Sherif, G. und König, G. (Platten und Balken auf nachgiebigem Baugrund, Springer 1975) ermittelt.

Der Setzungsanteil aus mittiger Last für den Bereich zwischen i-ter und i-1-ter Kote errechnet sich zu

$$s_{m,i} = \sigma_0' \cdot b_y \cdot \left(f_i - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_j\right) / E_{m,i}$$

σ_0' setzungserzeugende Spannung unter der Fundamentsohle

b_y Fundamentbreite in y-Richtung

$\sum_{j=1}^{j=i-1} f_j$ Summe der Beiwerte bis zur i-1-ten Kote

$E_{m,i}$ mittlerer Zusammendrückungsmodul in der betroffenen Schicht

Der Setzungsanteil aus Schiefstellung um die y-Achse für den Bereich zwischen i-ter und i-1-ter Kote errechnet sich wie folgt.

$$s_{x,i} = \frac{b_x}{2} \cdot \frac{M_{0,y}}{E_{m,i} \cdot b_y \cdot b_x^2} \cdot \left(f_{x,i} - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_{x,j}\right)$$

Analog der Anteil aus Schiefstellung um die x-Achse

$$s_{y,i} = \frac{b_y}{2} \cdot \frac{M_{0,x}}{E_{m,i} \cdot b_x \cdot b_y^2} \cdot \left(f_{y,i} - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_{y,j}\right)$$

Durch Summierung aller Setzungsanteile können die resultierenden Setzungen in Plattenmitte und in den Eckpunkten berechnet werden. Aus den resultierenden Setzungen in den Eckpunkten können dann wiederum die resultierenden Schiefstellungen berechnet werden.

Vom Anwender sind im Eigenschaftsblatt für die Erddruckermittlung (s. Abs. 4.6.4.1, S. 35) eine zulässige maximale Setzung und jeweils eine zulässige Schiefstellung um die beiden Achsen vorzugeben. Werden diese für alle Lastkollektive eingehalten, gilt der Nachweis der Setzungen als erbracht.

Wegen vereinfachender Annahmen, Mittelungen und vielfältigen Einflüssen können die so erzielten Ergebnisse der Setzungsberechnung um bis zu 50 % von den tatsächlich eintretenden Setzungen abweichen. Sie dienen also lediglich der Abschätzung bzw. liefern nur eine Größenordnung der zu erwartenden Setzungen.

5 Berechnung

Nach Anklicken des nebenstehend dargestellten Symbols erfolgt die Berechnung der äußeren Standsicherheit

und über diesen Button wird die innere Standsicherheit berechnet.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden sofort im DTE®-Viewer auf dem Bildschirm präsentiert. Die Interaktionsmechanismen des DTE®-Viewers werden im Handbuch *DTE®- DeskTopEngineering* beschrieben.

6 Ergebnisvisualisierung der inneren Standsicherheit

Das Visualisierungsmodul zur Darstellung der Ergebnisse wird über den nebenstehenden Button aufgerufen.

Die nachfolgenden Erläuterungen sind als allgemeine Beschreibung der Ergebnisvisualisierung eines Stabwerks aufzufassen, wobei in ##-WINKEL nicht alle Funktionen enthalten sind.

Die Visualisierung umfasst linienorientierte Darstellungen sowie tabellarische Zusammenstellungen der Ergebnisse.

Die Grafiken können als Ebenendarstellungen und in der 3D-Ansicht erstellt werden. Überhöhte Deformationsbilder, farbige Konturflächen- und Grenzliniendarstellungen sowie Zahlenfähnchengrafiken gehören hierzu. Teilweise können die Darstellungsformen auch einander überlagert werden.

Die Tabellen liefern Zusammenstellungen der linienorientierten Ergebnisse. Hierbei können unterschiedliche Wertekombinationen abgerufen werden.

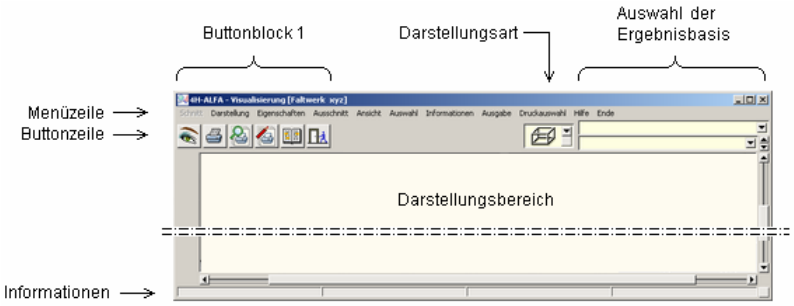
Die Verwendung der "Moving-Window-Technologie" gestattet einen direkten Zugriff auf den Vorrat des aktuellen Ergebnissatzes und stellt eine hohe Interaktionsgeschwindigkeit sicher. Durch Kurzwahlbuttons innerhalb der Auswahllisten und Erkennungsmechanismen der aktuellen Darstellung können z.B. gleichartige Darstellungen einzelner Lastfälle schnell aufgeblättert werden, so dass die letzte Darstellung quasi noch vor dem geistigen Auge steht und die neue somit in Relation gesetzt werden kann.

Über den ***Doppelklick*** werden auch hier Objekteigenschaften und -ergebnisse abgerufen. Die innerhalb einer Sitzung gewählten Darstellungen und ihre Einstellungen können beim Verlassen des Visualisierungsmoduls gespeichert werden, so dass bei neuerlichem Aufruf sofort an den letzten Status angeschlossen werden kann.

6.1 allgemeine Erläuterungen

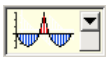
Das Ergebnisvisualisierungsmodul dient dazu, alle von ##-WINKEL berechneten Ergebnisse am Sichtgerät darzustellen. Da diese Ergebnisse sehr umfangreich und vielschichtig sind, bietet das Programm eine Vielzahl von Werkzeugen an, die die interessierenden Größen herausfiltern und in aussagekräftiger Form grafisch darstellen.

Das nachfolgende Bild zeigt schematisch das Fenster des Ergebnisvisualisierungsmoduls mit den unabhängig von der Darstellungsart angebotenen interaktiven Elementen.



Darstellungsart Drei unterschiedliche Darstellungsarten werden angeboten, die über eine symbolische Liste ausgewählt werden können.

Die ***3D-Darstellung*** ist die vom Umfang her mächtigste Darstellungsart und für die visuelle Präsentation von Ergebnissen am Gesamtsystem von entscheidender Bedeutung. Hier werden diverse Werkzeuge zur Visualisierung der Ergebnisse angeboten. In der 3D-Darstellung kann zudem in einzelne Ebenen umgeschaltet werden.



In der Darstellungsart ***Liniengrafiken*** werden Ergebnisse linienförmiger Objekte (Stäbe, Stabzüge) dargestellt. Die Ergebnisse werden hier in einem Funktionsdiagramm mit Abszisse und Ordinate angegeben.

In der Darstellungsart ***Tabellen*** werden die Ergebnisse numerisch in einer Tabelle ausgewiesen.

Ergebnisbasis Als Ergebnisbasen können ***Lastfälle***, ggf. ***Lastkollektive***, Ergebnisse von Extremalbildungen (***Extremierungen***) und ***Zusammenfassungen*** von Extremierungen (Extremierungen von Extremierungen) ausgewählt werden.

Jeder dieser Ergebnisbasen sind unterschiedliche Ergebnistypen zugeordnet. Während Lastfällen und Lastkollektiven die Ergebnistypen ***Schnittgrößen***, ***Verformungen*** und evtl. ***Bettungskräfte*** zuzuordnen sind, gibt bei Extremierungen der Nachweistyp die Ergebnistypen vor.

Bei Stahlbetonbemessungsaufgaben ist dies z.B. die erforderliche rechnerisch einzulegende Bewehrung, während bei Nachweisen im Stahlbau der Ausnutzungsgrad ein wesentlicher Ergebnistyp ist.

Buttonblock 1 Insbesondere in der 3D-Darstellungsart kann mit Hilfe des nebenstehend dargestellten Buttons die Darstellung des (ergebnisunabhängigen) Systems modifiziert werden. Es kann z.B. festgelegt werden, ob Stäbe mit oder ohne Nummern und/oder Bezeichnungen dargestellt werden sollen, ob Querschnittssymbole angetragen und mit Druckstabausfall behaftete Stäbe gesondert gekennzeichnet werden sollen. In der Tabellendarstellung kann der Inhalt der Tabellen in seiner Darstellungsart beeinflusst werden.

Der nebenstehend dargestellte Button dient dazu, die aktuelle Darstellung im Darstellungsfenster (unabhängig von der Darstellungsart) zur Ausgabe (auf einem Drucker) zu bringen. Zur Auswahl stehen

- direkte Ausgabe auf einem Drucker (Aufruf des Druckmanagers)
- die Ausgabe zur Drucklistenvorschau am Bildschirm (um das Layout der Grafik zu prüfen)
- das Einspeichern der Grafik in die spezielle Druckliste *ausgewählte Grafiken*

Sind in der Druckliste *ausgewählte Grafiken* Elemente (Druckansichten) gespeichert, können diese über den nebenstehend dargestellten Buttons direkt zur Anzeige gebracht werden. Hierzu wird eine Auswahlliste angeboten. Die gespeicherten Druckansichten werden unabhängig von der aktuell eingestellten Darstellungsart mit den bei der Speicherung gewählten Attributen dargestellt.

Durch Anklicken dieses Buttons erscheint ein Eigenschaftsblatt über das die Elemente der Druckliste *ausgewählte Grafiken* eingesehen und modifiziert werden können. Die *Druckansichten* genannten Elemente können in ihrer Reihenfolge umsortiert, hinsichtlich ihrer Darstellungsattribute bearbeitet, eingesehen, mit Überschriften versehen und gelöscht werden. Weitere Informationen zur Druckliste *ausgewählte Grafiken* s. unter *Verwaltung der Druckansichten* (Abs. 6.2, S. 50).

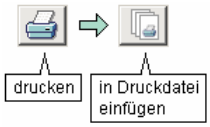
der nebenstehend dargestellte Button öffnet das Hilfedokument

Verlassen der Ergebnisvisualisierung

Menüzeile alle vom ##-WINKEL-Ergebnisvisualisierungsmodul angebotenen Funktionen können alternativ über die Menüzeile angesteuert werden.

Informationen die Informationszeile enthält Hinweise zum Bauteil und der aktuell ausgewählten Datenbasis.

6.2 Verwaltung der Druckansichten



Im Darstellungsbereich angezeigte Grafiken können in die Druckliste *ausgewählte Grafiken* gespeichert werden. Hierzu muss zunächst das ***Druckersymbol*** und danach in dem folgenden Menü der Button ***in Druckdatei speichern*** angeklickt werden. Der gespeicherten Druckansicht kann eine Bezeichnung zugewiesen werden.

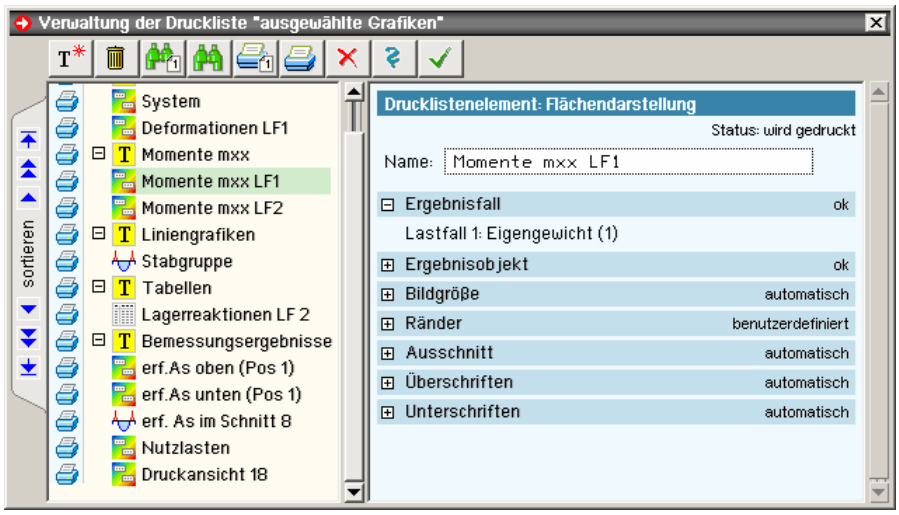
Derart abgespeicherte Druckansichten werden vom Visualisierungsmodul auch über die aktuelle Sitzung hinaus gespeichert. Wird zwischenzeitlich (etwa infolge Änderungen in der Belastungsstruktur) ein Neustart des Rechenlaufs erforderlich, werden die in den gespeicherten Druckansichten dargestellten Ergebnisse automatisch aktualisiert.

Der Anwender kann also sicher sein, dass die dargestellten Ergebnisse bei der Ausgabe der Druckliste *ausgewählte Grafiken* stets dem aktuellen Ergebnisstand entsprechen.

Selbst wenn eine besondere grafische Darstellung nicht in der Druckliste erscheinen soll, empfiehlt es sich u.U., die Grafik für einen direkten Zugriff in einer späteren Sitzung abzuspeichern.

Nach einem Klick auf den nebenstehend dargestellten Button erscheinen alle gespeicherten Druckansichten in einer Auswahlliste. Wird hierin eine bestimmte Druckansicht ausgewählt, schaltet die Anzeige im Darstellungsfenster direkt auf die Darstellung der gewählten Druckansicht um.

Dieser Button ruft das Fenster zur Verwaltung der Druckansichten auf. In der Verwaltung der Druckansichten werden die gespeicherten Druckansichten im linken Teil des Fensters aufgelistet. Die Listenelemente können per Mausklick ausgewählt werden. Die Eigenschaften der aktuell ausgewählten Druckansicht können im rechten Teil des Fensters eingesehen und ggf. geändert werden.



Den Buttons in der Kopfzeile sind die folgenden Funktionen zugeordnet.

erzeuge eine neue Überschrift

lösche die ausgewählte Druckansicht

stelle die ausgewählte Druckansicht im Drucklisten-Viewer dar

stelle die gesamte Liste *ausgewählte Grafiken* im Drucklisten-Viewer dar

drucke ausgewählte Druckansicht

drucke gesamte Liste *ausgewählte Grafiken*

ohne Übernahme der Änderungen abbrechen

rufe das Hilfedokument auf

beenden mit Übernahme der Änderungen

Am linken Rand des Fensters werden Schalttafeln angeboten, mit deren Hilfe die aktuell ausgewählte Druckansicht innerhalb der Liste nach oben bzw. nach unten verschoben werden kann.

	Sprung nach ganz oben		Sprung nach ganz unten
	mehrere Zeilen nach oben		mehrere Zeilen nach unten
	eine Zeile nach oben		eine Zeile nach unten

Jedem Listenelement ist i.d.R. ein kleines Druckersymbol vorangestellt. Hiermit wird ausgedrückt, dass die Druckansicht Teil der Druckliste *ausgewählte Grafiken* ist und beim Druck ausgegeben wird. Ist ein Ausdruck der Grafik nicht gewünscht, muss das Symbol angeklickt werden; die Darstellung ändert sich in ein rotes Kreuz. Listenelemente mit einem roten Kreuz dienen nur der Speicherung (und sorgen dadurch für einen schnellen Zugriff auf das Bild), werden aber im Rahmen der gesamten Druckausgabe nicht mit ausgegeben.

Die den Listenelementen zugeordneten Symbole haben folgende Bedeutungen

	Druckansicht von der Darstellungsart *3D*
	Druckansicht von der Darstellungsart *Liniengrafik*
	Druckansicht von der Darstellungsart *Tabelle*
	Überschrift

Überschriften dienen der Strukturierung der Druckliste *ausgewählte Grafiken*. Das Programm geht davon aus, dass die einer Überschrift folgenden Druckansichten thematisch zur Überschrift gehören.

Diesen Gedanken weiter verfolgend, bekommt eine Überschrift das zusätzliche Strukturierungselement ⊟, wie es aus den Baumansichten bekannt ist. Wird dieses Zeichen angeklickt, wandelt es sich in ein ⊞-Zeichen um und die zur Überschrift gehörenden Druckansichten verschwinden. Dies hat den Vorteil, dass die Liste überschaubarer wird.

Wird eine derart "zusammengeklappte" Überschrift mit Hilfe der Sortierbuttons innerhalb der Liste verschoben, nimmt die Überschrift die ihnen zugeordneten Druckansichten mit. Mit einem Klick auf das ⊞-Zeichen ("wieder aufklappen") lässt sich dies schnell überprüfen.

Im rechten Fenster sind die Eigenschaften der jeweils ausgewählten Druckansicht dargestellt. Diese Eigenschaften können insbesondere bei Elementen der Darstellungsart *3D* auch inhaltlich bearbeitet werden.

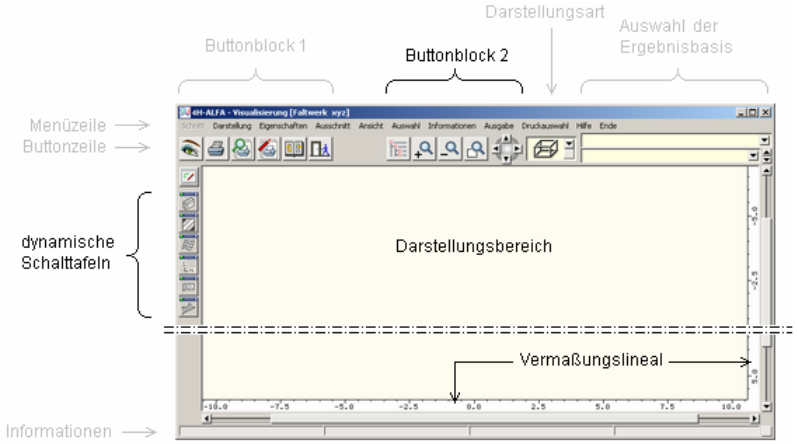
Da die Eigenschaften in Blöcken zusammengefasst sind, muss ein zu bearbeitender Block zuerst durch Anklicken des ⊞-Zeichens geöffnet werden.

Alle Blöcke verfügen über einen Schalter ***automatisch***. Diese Einstellung ist voreingestellt und bewirkt, dass das Programm die Eigenschaften selbständig festlegt. Nur in seltenen Fällen wird es notwendig sein, hier vom Standard abweichende Einstellungen vorzunehmen.

6.3 3D-Darstellung

Die ***3D-Darstellung*** ist die vom Umfang her mächtigste Darstellungsart und für die visuelle Präsentation von Ergebnissen am Gesamtsystem von entscheidender Bedeutung. Insbesondere werden hier Werkzeuge angeboten, die die Ergebnisse bearbeiten. In der 3D-Darstellung kann zudem in einzelne Ebenen umgeschaltet werden.

Das nachfolgende Bild zeigt schematisch das Fenster des Ergebnisvisualisierungsmoduls. Die blass dargestellten Interaktionselemente gehören zur Standardausrüstung des Visualisierungsmoduls und wurden bereits beschrieben (Abs. 6.1, S. 48). Die in der 3D-Darstellungsart zusätzlich angebotenen Interaktionselemente werden im Folgenden erläutert.



Buttonblock 2

Mit Hilfe des nebenstehend dargestellten Buttons können bestimmte ausgewählte Objekte von der Darstellung ausgenommen werden. Liegt insbesondere bei großen Systemen das Augenmerk auf einem Teilbereich der Gesamtkonstruktion, kann es passieren, dass im Vordergrund stehende Stäbe die Sicht verdecken. In diesen Fällen ermöglicht ein Klick auf den nebenstehend dargestellten Button die Ausschaltung aktuell nicht interessierender Objekte von der Darstellung.

Ausschnitt vergrößern: Der nebenstehend dargestellte Button dient dazu, in eine 3D- Darstellung hineinzuzoomen. Es erscheint ein Fadenkreuz auf dem Sichtgerät, mit dem ein rechteckförmiger Teilbereich des aktuell dargestellten Systems aufgezogen werden kann. Der so gewählte Teilbereich wird vergrößert dargestellt.

Ausschnitt verkleinern: Ein Klick auf den nebenstehend dargestellten Button macht die letzte Ausschnittvergrößerungsaktion rückgängig.

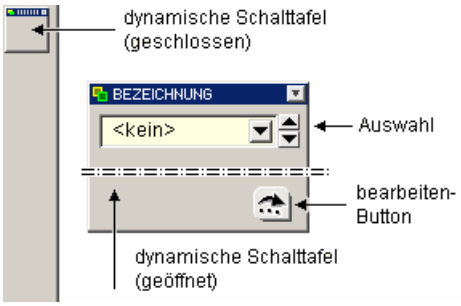
Ausschnitt zurücksetzen: Das Programm stellt hiermit sicher, dass alle aktuell dargestellten Objekte vollständig zu sehen sind.

Mit Hilfe der nebenstehend dargestellten Buttongruppe können Objekte in der 3D-Ansicht verdreht werden. Wird der Button ***nach rechts drehen*** gedrückt, rotieren die Objekte um eine vertikale Achse nach rechts. Wird der Button ***nach unten drehen*** gedrückt, rotieren die Objekte um eine horizontale Achse nach unten und die Darstellung dreht sich hin zur Vogelperspektive.

dynamische Schalttafeln Jede Ergebnisbasis verfügt über diverse Ergebnistypen, die teilweise als zweidimensionale Vektor- oder Skalarfelder - bestimmten Linien zuzuordnende eindimensionale Funktionen - oder auch nur als punktuell vorliegende Einzelergebnisse gegeben sind.

Für all diese Ergebnistypen bedarf es folglich unterschiedlicher Darstellungsformen, die dazu geeignet sind, bestimmte interessierende Sachverhalte unmittelbar begreifbar herauszustellen.

Die dynamischen Schalttafeln stellen hierzu das Angebot des grafischen Ergebnisvisualisierungsmoduls von ###-WINKEL dar. Jede dynamische Schalttafel ist hierbei für eine bestimmte Darstellungsform zuständig.



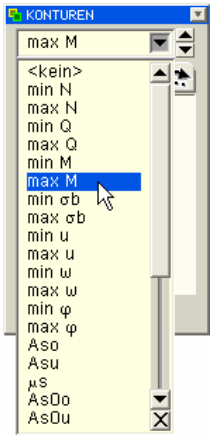
Im geschlossenen Zustand werden die dynamischen Schalttafeln am linken Fensterrand "geparkt". Durch einfaches Anklicken können sie geöffnet werden. Sie bieten dann ihre Interaktionsmöglichkeiten an. Die vorrangige Interaktion in allen dynamischen Schalttafeln ist die Auswahl des Ergebnistyps - also die der zu interessierenden physikalischen Größe. Alle zur gewählten Darstellungsform passenden Ergebnistypen werden hierzu in einer Auswahlliste angeboten. Jede dynamische Schalttafel besitzt einen ***bearbeiten-Button***, der ein Eigenschaftsblatt aufruft, in dem die Art der Darstellung individuell spezifiziert werden kann.

Eine dynamische Schalttafel wird durch Anklicken des ***Pfeil-runter-Buttons*** oben rechts im Bezeichnungsfeld oder Doppelklick im grauen Bereich wieder geschlossen.

Nachfolgend werden die dynamischen Schalttafeln und die ihnen zugeordneten Darstellungsformen beschrieben.

Konturen

Die Konturendarstellung bietet sich an, wenn Skalarfelder dargestellt werden sollen. Über die dynamische Schalttafel ***Konturendarstellungen*** wird in einer Listbox die darzustellende Ergebnisgröße ausgewählt.

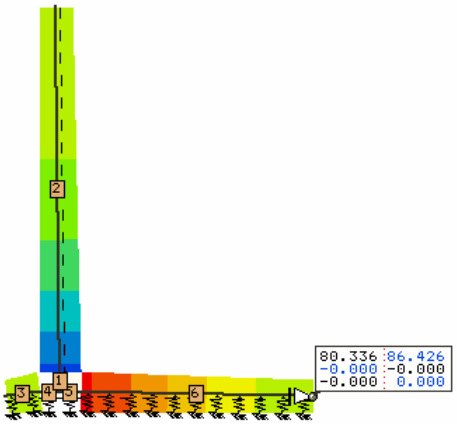


Zum Aufschlagen der Liste sind das ***Pfeilsymbol*** oder die Auswahlliste anzuklicken.

Weiterhin wird in dieser Schalttafel der Wertebereich der Farbzuordnungen protokolliert. Um die Wertebereiche zu ändern, muss der ***bearbeiten***-Button angeklickt werden. Im folgenden Eigenschaftsblatt sind die Modifikationen vorzunehmen.

Die Voreinstellung für die hier festzulegenden Eigenschaften ist ***automatisch-äquidistant***. Hierbei berechnet das Programm für jede betrachtete Größe eine sinnvolle Skalierung der Farbabstufungen. Wird der ***automatisch***-Button gelöst, kann die Farbskala bei äquidistanter Teilung durch Vorgabe eines Bezugswerts und eines Differenzwerts festgelegt werden.

Konturen Momente und Zahlenwerte Lager



Zahlenwerte

Zur Einblendung von Zahlenangaben dient die dynamische Schalttafel ***Zahlenwerte***. Hierin wird in gleicher Weise zunächst die gewünschte physikalische Größe ausgewählt und je nach Bedarf die Darstellungsart (durch Anklicken des ***bearbeiten***-Buttons) modifiziert.

Grenzlinien

Die im Bauwesen übliche Form zur Darstellung der Zustandsgrößen an linienförmigen Objekten sind die Grenzlinien.

Hier können die Normal- und Querkraftlinien, die Momentenlinien wie auch die Verformungskomponenten aus den einzelnen Lastfällen, aber auch Bemessungsergebnisse an Stäben angetragen werden.

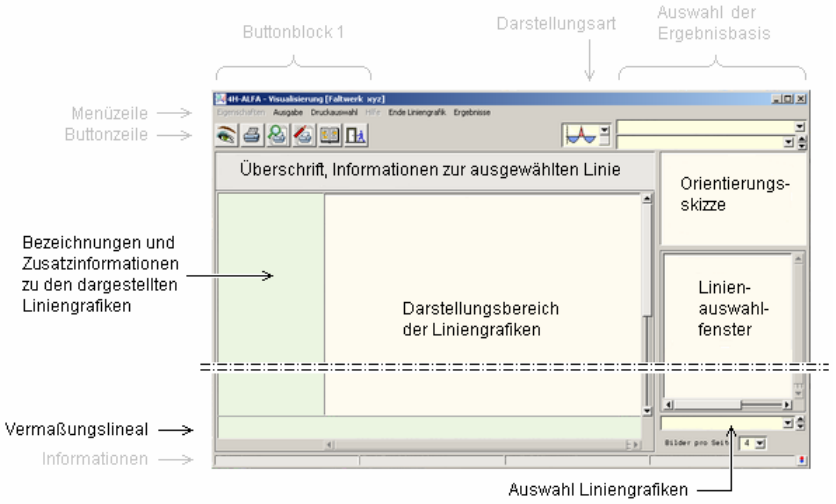
Die Auswahlliste ermöglicht das direkte Umschalten der gewünschten Zustandsgröße.

In dem Eigenschaftsblatt, das durch Anklicken des ***bearbeiten***-Buttons hervorgerufen wird, kann eine automatische oder numerisch vorgegebene Skalierung der Grenzlinienordinaten angewählt werden.

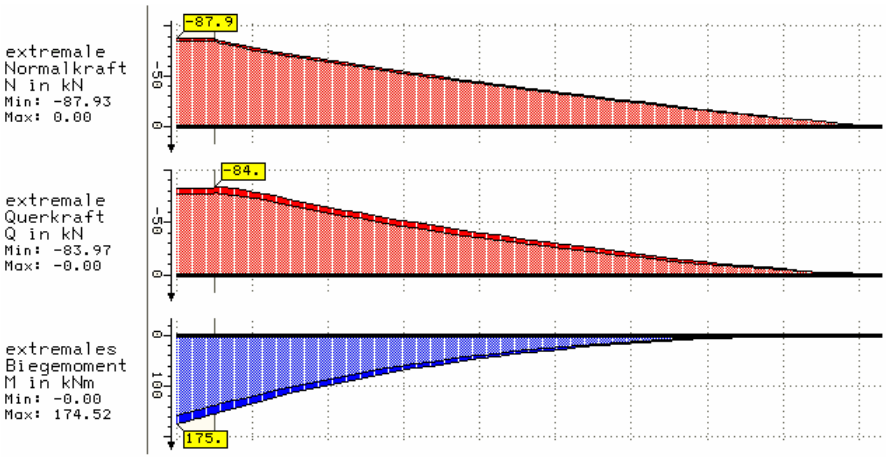
Der Schieberegler sorgt wiederum für die schnelle Feinjustierung. Wenn neben der Grafik auch Zahlenwerte ausgegeben werden sollen, können mit den hier zur Verfügung gestellten Eingabefeldern die Menge und die Art der Zahlenausgabe bestimmt werden.

6.4 Liniengrafiken

In der Darstellungsart *Liniengrafiken* werden Ergebnisse von linienförmigen Objekten dargestellt. Die Ergebnisse werden hierbei in einem Funktionsdiagramm mit Abszisse und Ordinate angegeben. Das nachfolgende Bild zeigt schematisch das Fenster des Ergebnisvisualisierungsmoduls. Die blass dargestellten Interaktionselemente gehören zur Standardausrüstung des Visualisierungsmoduls und wurden bereits beschrieben (s. Abs. 6.1, S. 48). Die in der Darstellungsart *Liniengrafiken* zusätzlich angebotenen Interaktionselemente werden im Folgenden erläutert.

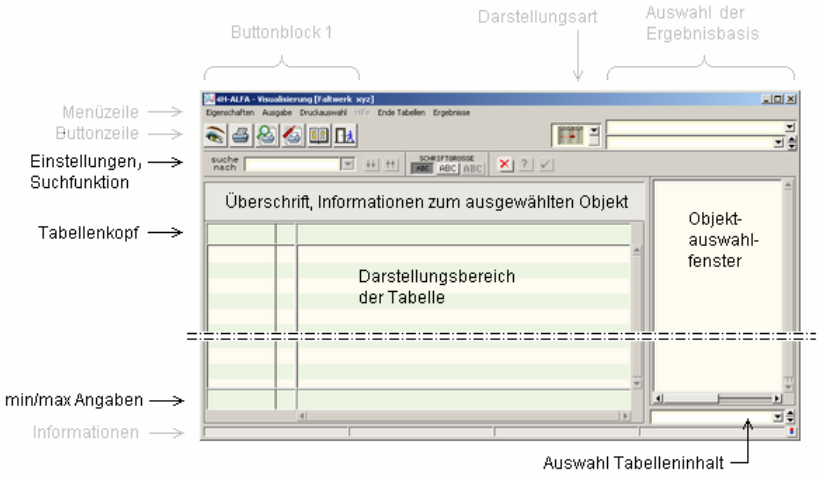


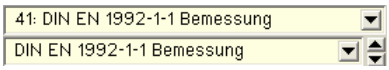
In diesem Modus können die ***Zustandslinien*** einzelner ausgewählter Stäbe bzw. Stabzüge eingesehen werden. Im Darstellungsfenster werden bis zu fünf Grenzlinien gleichzeitig eingeblendet, was für das Studium korrespondierender Zustände (wie Biegelinie, Biegemomentenlinie und Querkraftlinie) besonders gut geeignet ist. In einem Auswahlfenster kann zwischen verschiedenen Stäben bzw. Stabzügen hin- und hergeschaltet werden. Das Übersichtsfenster dient zur Orientierung am Gesamtsystem.



6.5 Tabellen

In der tabellarischen Darstellung können die Zahlenwerte der Ergebnisse am besten eingesehen werden. Ähnlich wie im Liniengrafik-Modus können einzelne Stäbe im Auswahlfenster aktiviert werden.

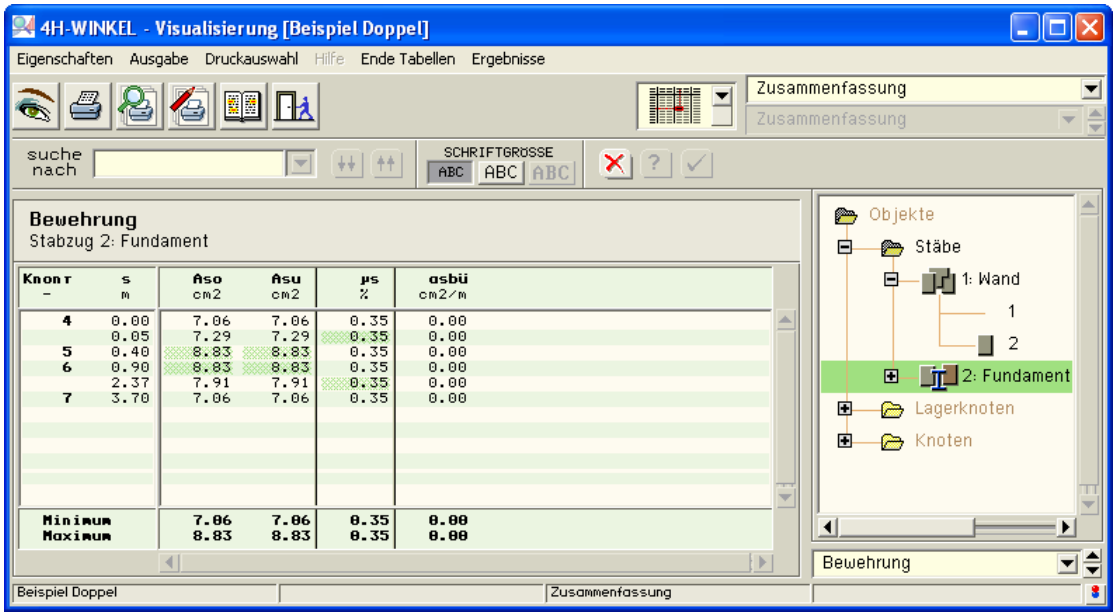




Über die beiden Auswahllisten, die sich in der rechten oberen Ecke befinden, kann die Ergebnisart ausgewählt werden. In der oberen der beiden Auswahllisten wird zwischen ***System***, ***Nachweisen*** und ***Zusammenfassung*** unterschieden.

In der unteren Auswahlliste wird der obere Auswahlpunkt quasi fein eingestellt. Ist in der oberen Auswahlliste *Lastfall* ausgewählt, kann in der unteren Auswahlliste die Lastfallnummer bestimmt werden. Ist in der oberen Auswahlliste ein definierter *Nachweis* ausgewählt, können in der unteren Auswahlliste eine *Extremierung* oder ein *Lastkollektiv* (oder beides) und eine zum Nachweis gehörende *Zusammenfassung* ausgewählt werden.

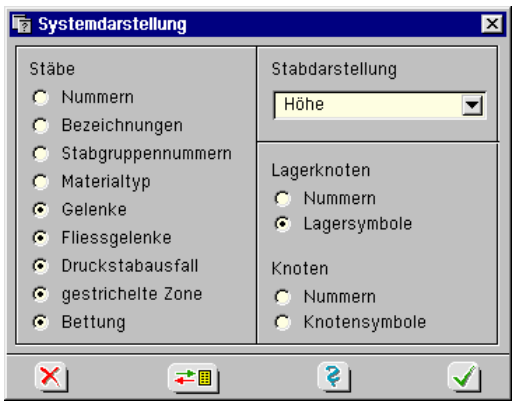
Die *Zusammenfassung* in der oberen Auswahlliste zeigt die Zusammenfassung über alle Nachweise an. Sie enthält die ungünstigsten Ausnutzungsgrade bzw. die maximalen Bemessungsergebnisse (erf. As), die sich nach Führen der Nachweise ergeben haben.



Alle Grafiken können in die Druckliste *ausgewählte Grafiken* gespeichert werden. Näheres s. Verwaltung der Druckansichten, Abs. 6.2, S. 50.

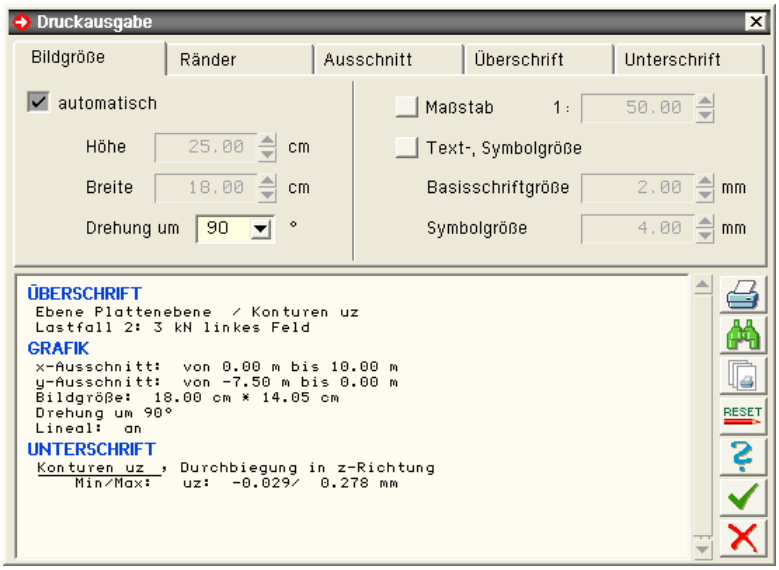
6.6 Funktionen der Steuerbuttons

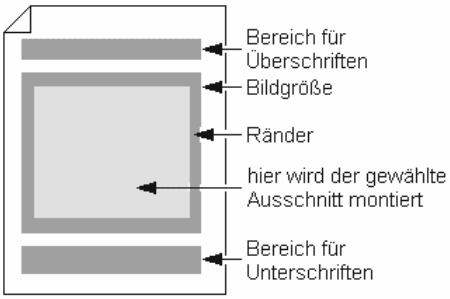
Systemdarstellung Über den Button ***Systemdarstellung*** können die Darstellungseigenschaften des lastfallunabhängigen Systems im 2D-Darstellungsfenster modifiziert werden. Hier wird festgelegt, welche Objektinformationen den Stäben und Punkten angeheftet werden sollen.



Die ***Darstellungseigenschaften*** können bauteilspezifisch oder schreibtischglobal gespeichert und wieder geladen werden.

Druckausgabe Die aktuell im Darstellungsfenster der Ergebnisvisualisierung eingeblendete Grafik kann in die Datenkategorie ***ausgewählte Grafiken****/Tabellen* aufgenommen oder direkt auf dem Drucker ausgegeben werden. Zur Verwaltung der Druckansichten s. Abs. 6.2, S. 50.





In diesem Eigenschaftsblatt kann alternativ zur automatischen oder über Abmessungen vorgegebenen Bildgröße eine maßstäbliche Druckausgabe der aktuellen Grafik angesteuert werden. Über die Eingabewerte ***Basisschrift-*** und ***Symbolgröße*** kann die Beschriftung und Symbolik der Druckausgabe manipuliert werden.

Im Register *Ausschnitt* kann ein Teilbereich der Gesamtgrafik für die Ausgabe bestimmt werden. Weiterhin kann ein umgebendes Lineal zur Vermaßung gesetzt und die Darstellung um 90° gedreht werden. Das Fenster protokolliert die aktuelle Auswahl.

Entsprechend der o.a. Skizze ergibt sich die ***Blattgestaltung*** unter Beachtung der in den weiteren Registern angegebenen Randabstände sowie der Über- und Unterschriften.

Steuerbuttons Die am rechten Bildrand der Druckausgabe angebotenen Buttons bewirken

die direkte Ausgabe des Bildes auf dem Drucker

Voransicht über den DTE®-Viewer

Einfügen des Bildes in die Druckliste *ausgewählte Grafiken*

Zurücksetzen auf Standardwerte

Aufruf des Hilfemanagers

Abspeichern der gewählten Einstellung

Abbruch der Aktion

Objekte

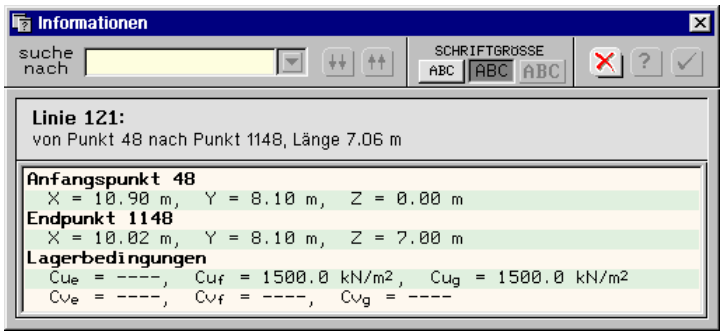
Über den gezeigten Button erscheint ein Objektbaum auf dem Sichtgerät, in dem alle dargestellten Objekte an- bzw. abgewählt werden können. Durch einfaches Anklicken der einzelnen Objekte werden diese von der Darstellung ausgeschlossen bzw. umgekehrt ihre Darstellung wieder aktiviert. Abgewählte Objekte werden auf dem Bildschirm nicht dargestellt.

Der ***Doppelklick*** auf ein Objekt liefert Informationen zu diesem Objekt.

Bei Doppelklick mit der Maus auf ein Objekt in der grafischen Darstellung werden Informationen zu diesem Objekt am Bildschirm angezeigt. Objekte sind hierbei Knoten und Stäbe.

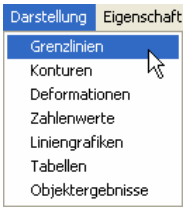
Wird beispielsweise Stab 14 angeklickt, erscheint das dargestellte Eigenschaftsblatt, von dem aus Informationen zum Stab abgerufen werden können.

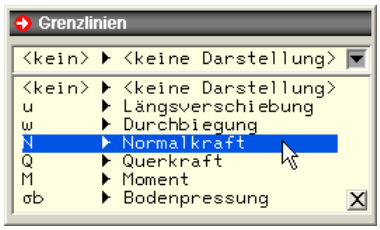
Darüber hinaus können Informationen und die Stabergebnisse im Liniengrafik- bzw. Tabellenmodus eingesehen werden.



Menüauswahlzeile Die Funktionalität der Ergebnisvisualisierung kann alternativ zu den gezeigten Buttonaufrufen auch über die Menüauswahlzeile gesteuert werden.

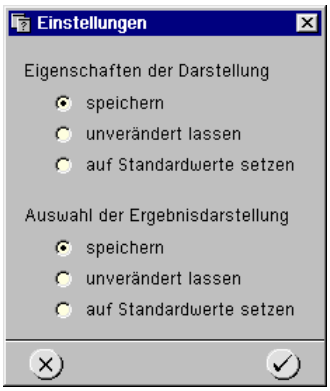
Darstellung Über den Menüaufruf *Darstellung* können die sich hinter den Kürzeln in den Moving-Windows verbergenden Inhalte mit einem ***erläuternden Text*** abgerufen werden.





Speichern Durch Anklicken des dargestellten Buttons wird die Visualisierung der Ergebnisse beendet.

Im abschließenden Eigenschaftsblatt können die aktuellen Einstellungen bzgl. der Darstellungseigenschaften wie auch zur Auswahl der Ergebnisdarstellung für die nächste Visualisierungssitzung gespeichert werden.



Der Abbruch des Programms über den ***Kreuzchen***-Button in der Kopfzeile hat "Eigenschaften der Darstellung unverändert lassen" als Voreinstellung.

6.6.1 darstellbare Ergebnisse

6.6.1.1 System

h	m	Höhe	b	m	Breite

6.6.1.2 Bemessungs- und Nachweisergebnisse

Konturengrafiken

min u	mm	min. Längsverschiebung	max u	mm	max. Längsverschiebung
min w	mm	minimale Durchbiegung	max w	mm	maximale Durchbiegung
min φ	‰	minimale Verdrehung	max φ	‰	maximale Verdrehung
min N	kN	minimale Normalkraft	max N	kN	maximale Normalkraft
min Q	kN	minimale Querkraft	max Q	kN	maximale Querkraft
min M	kNm	minimales Moment	max M	kNm	maximales Moment
min σ_b	kN/m^2	minimale Bodenpressung	max σ_b	kN/m^2	maximale Bodenpressung
A_{so}	cm^2	Bewehrung (oben)	A_{su}	cm^2	Bewehrung (unten)
μ_s	%	Bewehrungsgrad			
A_{s0o}	cm^2	Grundbewehrung des Nachweises (oben)	A_{s0u}	cm^2	Grundbewehrung des Nachweises (unten)
ΔA_{so}	cm^2	Zusatzbewehrung (oben)	ΔA_{su}	cm^2	Zusatzbewehrung (unten)
A_{sbo}	cm^2	erf. Bewehrung (oben)	A_{sbu}	cm^2	erf. Bewehrung (unten)
A_{sdo}	cm^2	Druckbewehrung (oben)	A_{sdu}	cm^2	Druckbewehrung (unten)
$a_{sbü}$	cm^2/m	Schubbewehrung			
v_{Ed}	kN/m	zug. Bemessungsquerkraft	AB		Ausnutzungsbereich
v_{Rdct}	kN/m	zug. Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit	v_{Rdmx}	kN/m	zug. Bemessungswert der max. Querkrafttragfähigkeit
τ	MN/m^2	max. Bemessungs-schubspannung	τ_0	MN/m^2	max. Schubspannung
			SB		max. Schubbereich
$\Delta\sigma_{so}$	MN/m^2	Schwingbreite (oben)	$\Delta\sigma_{su}$	MN/m^2	Schwingbreite (oben)
U_c		Betonausnutzung aus Ermüdung			
min σ_{so}	MN/m^2	min. Stahlspg. (oben)	max σ_{so}	MN/m^2	max. Stahlspg. (oben)
min σ_{su}	MN/m^2	min. Stahlspg. (unten)	max σ_{su}	MN/m^2	max. Stahlspg. (unten)
min σ_c	MN/m^2	min Betonspannung			
$A_{so,Min}$	cm^2	Mind.-Bew. (Rissn. oben)	$A_{su,Min}$	cm^2	Mind.-Bew. (Rissn. unten)
zul d_{sRo}	mm	zul. Grenzdurchm. (oben)	zul d_{sRu}	mm	zul. Grenzdurchm. (unten)

Grenzlinien, Liniengrafiken

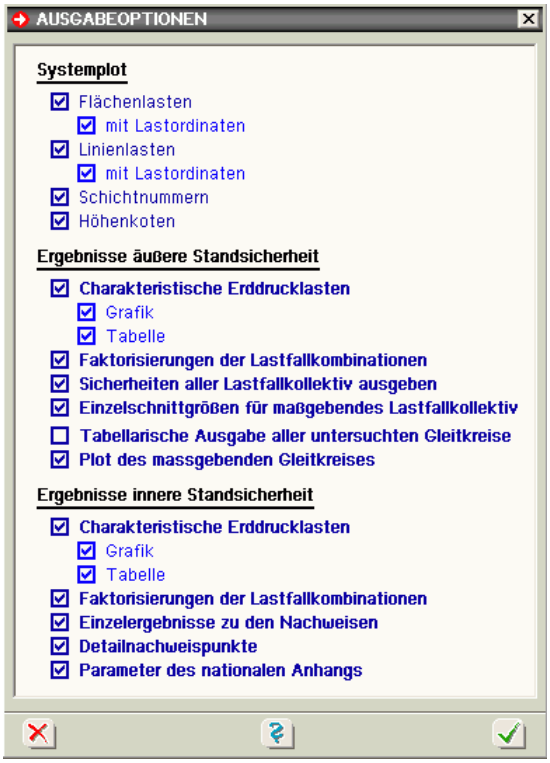
ext N	kN	extr. Normalkraft	ext Q	kN	extr. Querkraft
ext M	kNm	extr. Moment	ext σ_b	kN/m^2	extr. Bodenpressung
ext ε		extr. Stabkennzahl	ext u	mm	extr. Längsverschiebung
ext w	mm	extr. Durchbiegung			
A_s	cm^2	Bewehrung	μ_s	%	Bewehrungsgrad
A_{s0}	cm^2	Grundbewehrung des Nachweises	ΔA_s	cm^2	Zusatzbewehrung des Nachweises
A_{sb}	cm^2	Bewehrung (Biegebem.)	A_{sd}	cm^2	Druckbewehrung
$a_{sbü}$	cm^2/m	Schubbewehrung			
V_{Ed}/V_{Rdct}	kN	Bemessungsquerkraft / Querkrafttragfähigkeit			
V_{Rdmax}	kN	Bemessungswert der max. Querkrafttragfähigkeit	AB		Ausnutzungsbereich
$\Delta\sigma_s$	MN/m^2	Schwingbreite	U_c		Betonausnutzung aus Ermüdung
σ_{so}	MN/m^2	extr. Stahlspg. (oben)	σ_{su}	MN/m^2	extr. Stahlspg. (unten)
σ_c	MN/m^2	min. Betonspannung			
$A_{s,Min}$	cm^2	Mind.-Bew. Rissnachw.	zul d_{sR}	mm	zul. Grenzdurchmesser

Zahlenwerte

A_{Px}, A_{Pz}, A_M	kN, kNm	extr. Knotenlagerreaktionen

6.7 Druckeinstellungen

Das Eingabefenster zur Festlegung der Einstellungen bezüglich des Druckdokuments und des Umfangs der Ergebnislisten wird über den Button ***Drucklistenvorschau*** geöffnet.

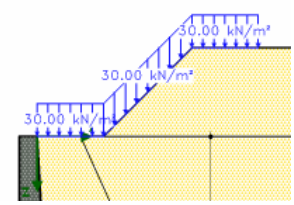


Die Optionsschalter haben folgende Funktionen.

Systemplot unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für den automatisch erzeugten Systemplot.

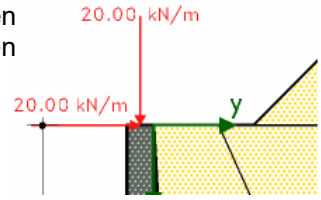
☑ Flächenlasten
☑ mit Lastordinaten

ist dieser Schalter aktiv, werden alle angreifenden Flächenlasten dargestellt. Ist der Schalter ***mit Lastordinaten*** aktiviert, werden zusätzlich die Lastordinaten ausgedruckt.



☑ Linienlasten
☑ mit Lastordinaten

ist dieser Schalter aktiv, werden alle angreifenden Linienlasten dargestellt. Ist der Schalter ***mit Lastordinaten*** aktiviert, werden zusätzlich die Lastordinaten ausgedruckt.



☑ Schichtnummern

der Schalter steuert die Ausgabe der Positionskreise mit den Schichtnummern unterhalb der Schichtgrenzen

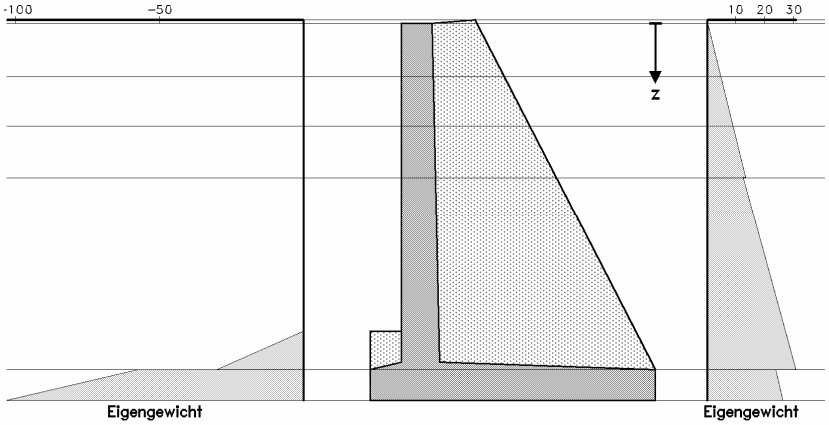
☑ Höhenkoten

der Schalter steuert die Ausgabe Höhenkoten an den Schichtgrenzen

Ergebnisse äußere Standsicherheit unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für die Ergebnislisten zur äußeren Standsicherheit

☑ **Charakteristische Erddrucklasten** ist dieser Knopf aktiv, werden die charakteristischen Erddrucklasten als Tabelle oder Grafik ausgegeben. Die Ausgabe erfolgt lastfallweise, zusätzlich werden die Überlagerungen angegeben.

☑ Grafik durch Aktivierung dieser Option erscheint eine grafische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung



☑ Tabelle … bewirkt die tabellarische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung

3.2.2. Erdseitige Erddrücke

Erddruck aus Eigengewicht

Nr	z cm	k_{gh} -	k_{ch} -	e_h kN/m²	e_v kN/m²	e_{res} kN/m²
1	-5	0.367	0.000	0.000	0.000	0.000
2	200	0.367	0.000	13.528	21.218	25.164
3	200	0.367	0.466	12.596	19.757	23.431
4	450	0.367	0.466	**30.955**	**48.554**	**57.582**
5	450	0.297	0.922	23.982	8.729	25.521
6	490	0.297	0.922	26.361	9.595	28.053

E_h = -78.35, z_s = 326, E_v = 110.77, y_s = 214, E_{res} = 135.68

☑ **Faktorisierungen der Lastfallkombinationen** ... gibt die Faktorisierung der durchgerechneten Lastfallkombinationen für alle verwendeten Grenzzustände aus

3.4. Protokoll der Faktorisierungen der Lastfallkombinationen

3.4.1. EQU

LK	BS	Faktorisierung
1	BS-P	0.9*(Lf1+Lf2)
2	BS-P	1.1*(Lf1+Lf2)
3	BS-P	0.9*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf101
4	BS-P	1.1*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf101
5	BS-P	0.9*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf102
6	BS-P	1.1*(Lf1+Lf2)+1.5*Lf102
7	BS-P	0.9*(Lf1+Lf2)+1.5*(Lf101+Lf102)
8	BS-P	1.1*(Lf1+Lf2)+1.5*(Lf101+Lf102)

☑ **Sicherheiten aller Lastfallkollektive ausgeben**

bei aktivem Schalter werden die Sicherheiten für alle durchgerechneten Lastfallkombinationen für alle Nachweise der äußeren Standsicherheit ausgegeben. Bei deaktiviertem Schalter erscheint nur die maßgebende Kombination.

Maßgebendes Lastkollektiv: GEO-2 LK 8
Abminderungsfaktor f_{red} für passiven (luftseitigen) Erddruck = 1.000
Alle Koordinaten beziehen sich auf den Punkt A am vorderen Sporn

Nr	Typ	Name	y_s cm	z_s cm	A,l m^2,m	γ,q,M [kN,m]	γ·V kN	γ·H kN	Σ γ·M kNm
1	Wand	Winkelstützwand	116	-152	3.670	25.00	123.86	---	144.17
2	Boden	Geländeabschluß	195	-492	0.071	18.00	1.72	---	3.37
3	Boden	GW , erdsei.	139	-374	2.114	18.00	51.36	---	71.58
4	Boden	SU , luftseit	19	-67	0.180	20.00	4.86	---	0.94
5	Boden	SU , erdsei.	197	-156	5.300	20.00	143.10	---	282.51
6	Auflast	q	108	-499	0.559	10.00	8.39	0.00	9.06
7	Erddruck	luftseit.	0	-25	---	---	-11.92	28.26	7.18
8	Erddruck	erdseit.	283	-190	---	---	178.62	-125.00	268.52
Σ							500.00	-96.74	787.32

LK	$V_{0,k}$ kN/m	$R_{t,k}$ kN	$\gamma_{R,h}$ -	$\gamma_{R,e}$ -	$R_{t,d}$ kN/m	$e_{p,d}$ kN/m	h_d kN/m	μ -
1	334.75	234.39	1.10	1.40	213.09	28.26	-78.35	0.32
2	334.75	234.39	1.10	1.40	213.09	28.26	-105.77	0.44
3	346.42	242.57	1.10	1.40	220.52	28.26	-84.17	0.34
4	346.42	242.57	1.10	1.40	220.52	28.26	-111.59	0.45
5	348.06	243.71	1.10	1.40	221.56	28.26	-91.76	0.37
6	348.06	243.71	1.10	1.40	221.56	28.26	-119.19	0.48
7	359.73	251.89	1.10	1.40	228.99	28.26	-97.58	0.38
8	359.73	251.89	1.10	1.40	228.99	28.26	-125.00	**0.49**

μ_{max} = 0.49 < 1.0 ⇒ **Gleitwiderstand ausreichend**

☑ **Einzelschnittgrößen für maßgebendes Lastfallkollektiv**

- ⊙ Momente um Punkt A
- ○ Momente um den Mittelpunkt der Sohlfuge
- ○ Momente um Punkt B

... gibt eine Tabelle mit der Berechnung der Einzellasten für die maßgebende Kombination aus

3.10. Nachweis der Grundbruchsicherheit
Maßgebendes Lastkollektiv: GEO-2 LK 8
Abminderungsfaktor f_{red} für passiven (luftseitigen) Erddruck = 0.500
Alle Koordinaten beziehen sich auf den Punkt A am vorderen Sporn

Nr	Typ	Name	y_s cm	z_s cm	A,l m^2,m	γ,q,M [kN,m]	γ·V kN	γ·H kN	Σ γ·M kNm
1	Wand	Winkelstützwand	116	-152	3.670	25.00	123.86	---	144.17
2	Boden	Geländeabschluß	195	-492	0.071	18.00	1.72	---	3.37
3	Boden	GW , erdsei.	139	-374	2.114	18.00	51.36	---	71.58
4	Boden	SU , luftseit	19	-67	0.180	20.00	4.86	---	0.94
5	Boden	SU , erdsei.	197	-156	5.300	20.00	143.10	---	282.51
6	Auflast	q	108	-499	0.559	10.00	8.39	0.00	9.06
7	Erddruck	luftseit.	0	-25	---	---	-8.35	19.78	5.03
8	Erddruck	erdseit.	283	-190	---	---	178.62	-125.00	268.52
Σ							503.57	-105.22	785.17

☑ **Tabellarische Ausgabe aller untersuchten Gleitkreise**

bei aktivierter Option wird eine Tabelle mit Mittelpunkts- und Radiusangaben und der errechneten Sicherheit aller berechneten Gleitkreise ausgegeben

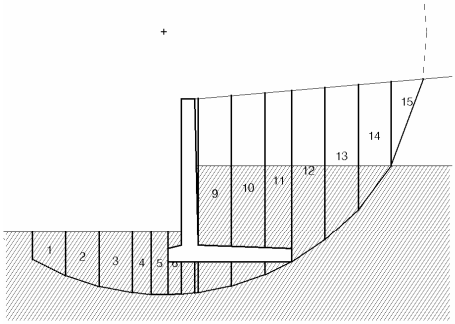
3.14. Berechnete Gleitkreise

Nr	y_m m	z_m m	r m	μ_{max} -
1	-2.00	-3.00	9.30	0.59
2	-1.92	-3.00	9.26	0.60
3	-1.85	-3.00	9.22	0.60
4	-1.77	-3.00	9.18	0.60
5	-1.69	-3.00	9.14	0.60
6	-1.62	-3.00	9.10	0.61
7	-1.54	-3.00	9.06	0.61
8	-1.46	-3.00	9.02	0.61
9	-1.38	-3.00	8.99	0.61

☑ **Plot des massgebenden Gleitkreises** diese Option bewirkt die Darstellung des maßgebenden Gleitkreises und einer Tabelle mit der zugehörigen Lamelleneinteilung

3.16. Maßgebende Gleitkreise

3.16.1. LF1



Mittelpunkt
y_m = -0.92 m
z_m = -2.00 m

Radius
r = 7.89 m

Anfang/Ende
y_a = -4.87 m
y_e = 6.84 m

Unterster Punkt
y_u = -0.80 m
z_u = 5.89 m

Rechenwerte der Lamellen aus Eigenlast

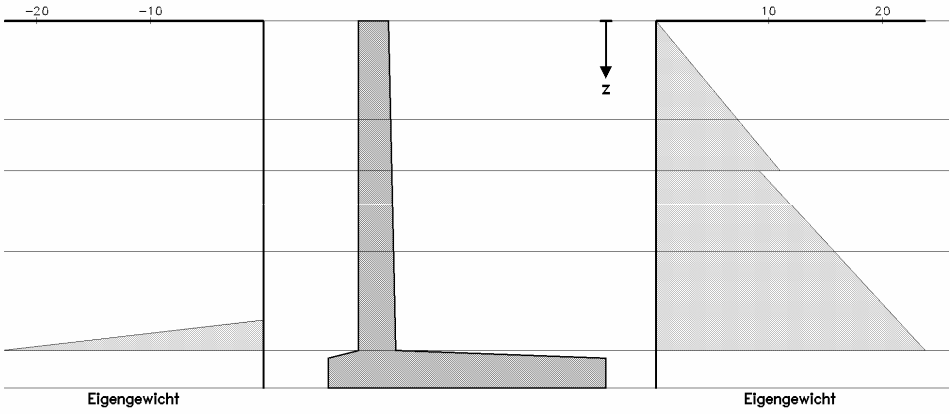
$T_G = ([G_{Boden}+G_{Bk}]\cdot\tan(\varphi)+c\cdot b)/(\cos(\vartheta)+\mu\cdot\tan\varphi\cdot\sin(\vartheta))$

Nr.	y m	z m	h_{Boden} m	b m	G_{Boden} kN/m	G_{Bk} kN/m	φ_{cal} °	c_{cal} kN/m²	ϑ °	$G\cdot\sin\vartheta$ kN/m	T_G kN/m
1	-4.37	5.10	1.10	1.00	21.9	0.0	24.8	1.6	-25.9	-9.6	15.2
2	-3.37	5.50	1.50	1.00	30.0	0.0	24.8	1.6	-18.0	-9.3	18.0
3	-2.37	5.76	1.76	1.00	35.1	0.0	24.8	1.6	-10.5	-6.4	19.2
4	-1.58	5.86	1.86	0.57	21.1	0.0	24.8	1.6	-4.8	-1.8	11.0
5	-1.05	5.89	1.89	0.50	18.9	0.0	24.8	1.6	-0.9	-0.3	9.6
6	-0.60	5.88	0.98	0.40	11.5	4.5	24.8	1.6	2.3	0.7	7.9
7	-0.20	5.86	0.96	0.40	7.6	49.0	24.8	1.6	5.3	5.2	26.2
8	0.05	5.83	0.93	0.10	5.9	6.8	24.8	1.6	7.1	1.6	5.8
9	0.60	5.74	0.84	1.00	102.1	12.1	24.8	1.6	11.1	22.0	52.4
10	1.60	5.47	0.57	1.00	99.1	11.2	24.8	1.6	18.7	35.3	50.5
11	2.50	5.11	0.21	0.80	75.0	8.3	24.8	1.6	25.7	36.2	38.7
12	3.40	4.60	4.90	1.00	93.3	0.0	24.8	1.6	33.2	51.1	44.9
13	4.40	3.82	4.21	1.00	79.4	0.0	24.8	1.6	42.4	53.6	40.9
14	5.39	2.73	3.20	0.98	57.7	0.0	24.8	1.6	53.1	46.2	33.9
15	6.20	1.40	1.94	0.96	33.6	0.0	24.8	0.0	64.5	30.3	22.4
Σ				11.71	692.2	91.8				254.7	396.3

Ergebnisse innere Standsicherheit unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für die Ergebnislisten zur inneren Standsicherheit

☑ **Charakteristische Erddrucklasten** ist dieser Knopf aktiv, werden die charakteristischen Erddrucklasten als Tabelle oder Grafik ausgegeben. Die Ausgabe erfolgt lastfallweise, zusätzlich wird die Überlagerung angegeben.

☑ Grafik wird diese Option aktiviert, erscheint eine grafische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung



☑ Tabelle bewirkt die tabellarische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung

4.2.2. Erdseitige Erddrücke

Erddruck aus Eigengewicht

Nr	z cm	k_{gh} -	k_{ch} -	e_h kN/m²	e_v kN/m²	e_{res} kN/m²
1	-5	0.304	0.000	0.000	0.000	0.000
2	195	0.304	0.000	10.961	4.274	11.765
3	195	0.304	0.906	9.148	3.567	9.819
4	435	0.304	0.906	**23.762**	**9.266**	**25.505**

E_h = -50.45, z_s = 293, E_v = 19.67, y_s = 287, E_{res} = 54.15

4.3.1. DIN EN 1992-1 Bemessung

LK	LF	Faktorisierung
1	LF1	1.35*(Lf1+Lf2)+1.5*(Lf101+Lf102)
2	LF1	1.35*(Lf1+Lf2)+0.7*1.5*(Lf101+Lf102)

☑ **Faktorisierungen der Lastfallkombinationen** … gibt für alle Nachweise die Faktorisierung der durchgerechneten Lastfallkombinationen aus

☑ **Einzelergebnisse zu den Nachweisen** gibt für jeden Einzelnachweis (z.B. Bemessung, Rissnachweis, Spannungsnachweis ...) detaillierte Ergebnisse mit den Bemessungsschnittgrößen und der jeweils erforderlichen Bewehrung aus. Ist dieser Schalter nicht aktiviert, wird lediglich die Zusammenfassung mit der erforderlichen Bewehrung aus allen Nachweisen ausgegeben.

☑ **Detailnachweispunkte** ... gibt die Liste mit den Detailnachweispunktergebnissen aus, sofern Detailnachweispunkte definiert worden sind

DETAILNACHWEISPUNKT 1: STAB 2 BEI S = 0.30 M

Querschnittsbeschreibung

Rechteck: b = 100.0 cm, h = 49.9 cm
Stahlrandabstände: oben = 4.0 cm, unten = 6.0 cm
Maximaler (rechnerischer) Bewehrungsgrad: max ρ = 8.0 %

Nachweis 41: DIN EN 1992-1-1 Bemessung

DIN EN 1992-1-1 (EC 2, Hochbau, 1.11)
Material: C40/50, BSt 500 (A) (für Biegung+Schub)
Biegebemessung: Bewehrungstyp Z, Mindestbewehrung (Träger/Stütze)
Grundbewehrung: A_{s0o} = 0.00 cm², A_{s0u} = 0.00 cm²
Schubbemessung: mit Mindestbewehrung, gewählter Druckstrebenwinkel Θ = 0°
$z = 0.9\ d \leq d - 2\ c_{v,D}$, Annahme: $c_{v,D}$ = 3.0 cm (nur NA-DE)
Der Mindestwert von V_{Rdct} soll eingehalten werden.

Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	N kN	Q kN	M kNm	σ_b MN/m²	Faktorisierung
Extremierung 1: standard					
min N	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
max N	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2
min Q	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
max Q	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2

Typ	N kN	Q kN	M kNm	σ_b MN/m²	Faktorisierung
min M	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2
max M	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
min σ_b	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
max σ_b	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1

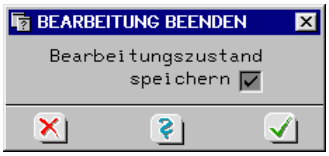
6.8 Drucken, Online-Hilfe und Bearbeitung beenden

Nach Anklicken des Buttons ***Ergebnisse drucken*** wird ggf. die Berechnung nochmals durchgeführt. Anschließend erscheint der **pcae**-Druckmanager.

Die Funktionen des DTE®-Druckmanagers werden im Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering* erläutert.

Die Online-Hilfe kann entweder über den Button ***Hilfe*** oder die im jeweiligen Eigenschaftsblatt lokalisierten ***Hilfe***-Buttons aufgerufen werden.

Die Eingabesitzung wird über den ***Ende***-Button geschlossen. Über ein abschließendes Eigenschaftsblatt können die Daten gespeichert oder verworfen werden.



7 Literaturverzeichnis

Normen Stahlbetonbemessung

/1/ DIN EN 1992-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1

/2/ DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang

/3/ DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Juli 2001

/4/ DIN 1045: Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, Juli 1988

Normen Standsicherheit

/5/ DIN EN 1997-1:2009-09: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik

/6/ DIN EN 1997-1/NA:2010-12 Nationaler Anhang

/7/ DIN 1054:2010-12: Baugrund- Sicherheitsnachweise im Grundbau

/8/ DIN 1054: Baugrund, Zulässige Belastung des Baugrunds, November 1976

/9/ DIN 1054: Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Januar 2005

/10/ DIN 4017 Teil 1: Baugrund, Grundbruchberechnung von lotrecht, mittig belasteten Flachgründungen, August 1979

/11/ DIN 4017 Teil 2: Baugrund, Grundbruchberechnung von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen, August 1979

/12/ DIN 4019 Teil 1: Baugrund, Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung, April 1979

/13/ DIN 4019 Teil 2: Baugrund, Setzungsberechnungen bei schräg und außermittig wirkender Belastung, Februar 1981

/14/ DIN 4085, Berechnung des Erddrucks, Februar 1987

/15/ E DIN 4085, Berechnung des Erddrucks, Dezember 2002

Veröffentlichungen innere Standsicherheit (Stahlbetonbemessung)

/16/ Avak, Stahlbeton in Beispielen, DIN 1045 und europäischen Normung, Teil 2, Bemessung von Flächentragwerken, Werner, 2. Aufl. 2002

/17/ DAfStb Heft 525, Erläuterungen zu DIN 1045-1, Beuth, 2003

/18/ Schießl, P., Grundlagen der Neuregelung zur Beschränkung der Rissbreite, Heft 400, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag GmbH, 1989

/19/ Noakowski, P., Verbundorientierte, kontinuierliche Theorie zur Ermittlung der Rissbreite, Beton- und Stahlbetonbau 80 (1985), Nr. 7+8

/20/ Deutscher Betonverein, Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045-1, Band 1, Ernst & Sohn, 2001

/21/ Zilch, K. / Rogge, A.
Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau, BK 2004, T.2, Ernst & Sohn

Veröffentlichungen äußere Standsicherheit

/22/ Dörken Dehne: Grundbau in Beispielen Teil 1, 2. Auflage, Werner Verlag 1999

/23/ 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.

/24/ Caquot, A., und Kérisel, J.: Tables de butée et de poussée, Gauthiers-Villars, Paris / Brüssel / Montreal 1973

/25/ Dörken Dehne: Grundbau in Beispielen Teil 2, 3. Auflage, Werner Verlag 2004

/26/ Kany, M.: Berechnung von Flächengründungen, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 2. Aufl. 1974

/27/ Lang, Huder, Amann: Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, 6. Auflage

/28/ Müller Breslau, H.: Erddruck auf Stützmauern, Verlag Kröner, 1906

/29/ Pregl, O. und Kristöfl, R.: Beiwerte für den passiven Erddruck und der Tragfähigkeit von Flachgründungen. Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Geotechnik H. 8, Wien 1983.

/30/ 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

/31/ Schneider Bautabellen Abschn. 11:Geotechnik, 15. Aufl., Werner, 2004

/32/ Sherif, G.; König, G.: Platten und Balken auf nachgiebigem Baugrund, Springer, 1975

/33/ Simmer, K.: Grundbau 1, 19. Auflage, B. G. Teubner, 1994

/34/ Spundwandhandbuch, Hoesch Spundwand und Profil

/35/ Ziegler, M.: Geotechnische Nachweise nach DIN 1054, Ernst & Sohn, 2004

8 Index

Abkürzungen 2
Ausnutzung 44
Baugrundart 36
Belastung 17
Bemessungsparameter 26
Bemessungsschubspannung 59
Berme 10, 16
Betongüte 21
Betonstahl 21
Bettungsmodul 21
Bewehrung 59
Bewehrungsanordnung 26
Bewehrungsgrad 59
Bewehrungswinkel 27, 30
Bezeichnung 7
Biegebemessung DIN 1045 33
Biegebemessung DIN 1045-1 30
Biegebemessung EC 2 26
blank 2
Blattgestaltung 56
Blocklast 22
Boden geschichteter 43
Bodenparameter 15
Bodenpressung maximale 59
Bodenpressung minimale 59
Bodenverhältnisse 39
Böschung 16
Böschungsbruch 37
Buttons 2, 13
Cursor 2
Darstellungseigenschaften 56
Datenaustausch 8
Datenkategorien 9
dekomprimieren 8
Detailnachweispunkt 64
DIN 1045 1, 21
DIN 1045-1 1, 21
DIN 1054 1, 21, 37
DIN 1054:2005 36
DIN 4084 37
DIN 4085 1, 22
DIN EN 1992 1, 21
DIN EN 1997 1, 21
Doppelklick 48, 57
Druckbewehrung 59
Druckeinstellungen 60
Drucklisten 9
Druckstrebenwinkel 27, 30
Durchbiegung maximale 59
Durchbiegung minimale 59
EC 2 1, 21
EC 7 1, 21
Einwirkung 2
e-Mail 6, 8
Erddruck aktiver 40
Erddruck passiver 40
Erdruhedruck 40
Erdwiderstand 11, 22, 42
Ergebnisdarstellung 59
Ergebnisvisualisierung 48
Ermüdung DIN 1045-1 32
Ermüdung EC 2 28
Ersatzfläche 11, 45
Extremalbildungsvorschrift 2
Fertigteil 33
Flächenlast 17
Fliehkraft 19
Formbeiwert 43
Fuge klaffende 12, 25
Fundamentlast 18
Gebrauchstauglichkeitsnachweise 35
Geländeneigung 16
Geländeoberfläche gebrochene 10
Geometrie 14
geschichteter Boden 43
Gleitkreis 37
Gleitscholle 43
Gleitsicherheit 42
Gleitwiderstand 42
Grafiken, ausgewählte 56

Grenzdurchmesser 31, 34, 59
Grenzlinien 53
Grenztiefe 46
Grundbewehrung 26, 59
Grundbruchsicherheit 43
Grundbruchwiderstand 43
Grundwasser 10
Hebelarm innerer 27, 30
Hilfe 65
Hydratationswärme 28, 31
Installation 5
Kippsicherheit 44
Kohäsion 11, 22
komprimieren 8
Kontextsensitivität 6
Konturendarstellung 53
kopieren 8
Kragplatte 10
laden 8
Längsverschiebung maximale 59
Längsverschiebung minimale 59
Lastbild 2
Lasten 17
Lastfall 2
Lastkollektiv 2
Lastneigungsbeiwert 44
Liniengrafiken 54
Linienlast 19
löschen 8
Material 20
Mindestbewehrung 26, 28, 30, 31, 33, 34
Mindesterddruck 22
Moment maximales 59
Moment minimales 59
Noakowski 31, 34
Normalkraft maximale 59
Normalkraft minimale 59
Normen 10
Objektauswahl 57
Online-Hilfe 65
Ordner 7
Paketdienst 8
Problemklasse 7
Querkraft maximale 59
Querkraft minimale 59
Regelfallbemessung 39
Rissnachweis 25
Rissnachweis DIN 1045 34
Rissnachweis DIN 1045-1 31
Rissnachweis EC 2 28
Scherbeiwert 44
Schießl 31, 34
Schleppplatte 10
Schnittgrößenberechnung 59
Schreibtisch 6
Schreibtischauswahl 5
Schubbemessung DIN 1045 33
Schubbemessung DIN 1045-1 30
Schubbemessung EC 2 27
Schubbewehrung 59
Schubmindestbewehrung 27
Schubnachweis 25
Schwingbreitennachweis DIN 1045 34
Seitenstoß 19
Setzung 35
Setzungsanteil 46
Setzungsberechnung 45
sichern 8
Sohldruckresultierende 45
Sohlreibungswinkel 35
Spannungsnachweis DIN 1045-1 32
Spannungsnachweis EC 2 29
Spannungsschwingbreite 29, 32
speichern 58
Stahlrandabstand 26
Stahlspannung 59
Standsicherheit äußere 10
Standsicherheit innere 12
Startsymbol 5
Steuerbutton 6, 13
Strömungsdruck 41
Stützwandgeometrie 14
Systemdarstellung 56
Tabelle 55
Teilung, äquidistant 53
Text erläuternder 58
Tragfähigkeitsbeiwert 43
Tragfähigkeitsnachweise 35
Verankerungslänge 27, 30
Verbundverhalten 28, 31
Verdrehung maximale 59
Verdrehung minimale 59
Verformungen 25
Visualisierung 48
Zahlenwerte 53
Zugfederausschaltung 12, 25
Zusatzbewehrung 59
Zustandslinie 54
Zwangsbeanspruchung 28, 34