

GGU-STABILITY Handbuch

Böschungsbruch, Bodenvernagelung und Bewehrte-Erde-Wände

Exported on 1.9.2026

Inhaltsverzeichnis

1 Vorab

2 Leistungsmerkmale

3 Lizenzschutz

4 Sprachwahl

5 Programmstart

6 Tipps und Tricks

6.1 "?"- und "Info"-Knöpfe

6.2 Funktionstasten

6.3 Tastatur und Maus

6.4 Rechenfunktionen in Eingabeboxen

6.5 Symbol "Bereich kopieren/drucken"

7 Beispiele

7.1 Beispiel 1 - Dateneingabe mit der Maus

- 7.1.1 Systembeschreibung (Bsp. 1)
- 7.1.2 Schritt 1: System einstellen (Bsp. 1)
- 7.1.3 Schritt 2: Bildkoordinaten anpassen (Bsp. 1)
- 7.1.4 Schritt 3: Raster definieren (Bsp. 1)
- 7.1.5 Schritt 4: Geländepunkte eingeben (Bsp. 1)
- 7.1.6 Schritt 5: Porenwasserdruckpunkte eingeben (Bsp. 1)
- 7.1.7 Schritt 6: Schichten eingeben (Bsp. 1)
- 7.1.8 Schritt 7: Wasserstände und Last eingeben (Bsp. 1)
- 7.1.9 Schritt 8: Bodenkennwerte eingeben (Bsp. 1)
- 7.1.10 Schritt 9: Bewehrte-Erde-Wand einstellen (Bsp. 1)
- 7.1.11 Schritt 10: Geosynthetics generieren (Bsp. 1)
- 7.1.12 Schritt 11: Gleitflächen generieren (Bsp. 1)
- 7.1.13 Schritt 11: Böschung berechnen (Bsp. 1)
- 7.1.14 Schritt 12: Auswerten und Darstellen der Ergebnisse (Bsp. 1)

7.2 Beispiel 2 - Dateneingabe von Hand

7.2.1 Schritt 1: System einstellen (Bsp. 2)

7.2.2 Schritt 2: Systemdaten eingeben (Bsp. 2)

7.2.2.1 Systemdaten eingeben - Zentrale Eingabebox (Bsp. 2)

7.2.2.2 Systemdaten eingeben - Geländepunkte (Bsp. 2)

7.2.2.3 Systemdaten eingeben - Bodenkennwerte (Bsp. 2)

7.2.2.4 Systemdaten eingeben - Bodenschichten (Bsp. 2)

7.2.2.5 Systemdaten eingeben - Porenwasserdruck (Bsp. 2)

7.2.3 Schritt 3: Systemdaten testen und sichern (Bsp. 2)

7.2.4 Schritt 4: Gleitkreise definieren (Bsp. 2)

7.2.4.1 Mittelpunkte festlegen (Bsp. 2)

7.2.4.2 Suchbereich definieren (Bsp. 2)

7.2.5 Schritt 5: Böschung mit Kreisgleitflächen berechnen (Bsp. 2)

7.2.6 Schritt 6: Auswerten und Darstellen der Ergebnisse (Bsp. 2)

7.2.7 Schritt 7: Polygonale Gleitflächen definieren (Bsp. 2)

7.2.7.1 Berechnungsverfahren einstellen (Bsp. 2)

7.2.7.2 Gleitkörper mit Maus definieren (Bsp. 2)

7.2.7.3 Gleitkörper über Editor definieren (Bsp. 2)

7.2.8 Schritt 8: Böschung mit polygonalen Gleitflächen berechnen (Bsp. 2)

8 Theoretische Grundlagen

8.1 DIN 4084:2009 und GGU-STABILITY

8.2 Allgemeines zu Janbu und Bishop

8.3 Allgemeines zu Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode

8.4 Konsolidationstheorie

8.5 Sicherheitsdefinitionen

8.6 Passiver Erddruck

8.7 Mehrere Gleitkörper

8.8 Nagelwand bzw. Bewehrte-Erde-Wand

8.8.1 Nagelwand - Allgemeine Hinweise zur Berechnung

8.8.2 Nagelwand - Bezeichnungen

8.8.3 Nagelwand - Nachweis der inneren Sicherheit

8.8.4 Nagelwand - Nachweis der Gleitsicherheit

8.8.5 Nagelwand - Nachweis der Kippsicherheit

8.8.6 Nagelwand - Nachweis der Grundbruchsicherheit

8.8.7 Nagelwand - Nachweis der Geländebruchsicherheit

8.8.8 Nagelwand - Nachweis der Betonschale

8.8.9 Nagelwand - Maximale Nagelkräfte und Durchstanznachweis

8.8.10 Nagelwand - Bauzustände

8.9 Allgemeines zur Berechnung mit Faserkohäsion

9 Menütitel Datei

9.1 Menüeintrag "Neu"

9.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Laden"

9.3 Menüeintrag "Speichern"

9.4 Menüeintrag "Speichern unter"

9.5 Menüeintrag "Mittelpunkte laden"/"Gleitkörperdaten laden"

9.6 Menüeintrag "Mittelpunkte speichern"/"Gleitkörperdaten speichern"

9.7 Menüeintrag "Drucker einstellen"

9.8 Menüeintrag "Drucken"

9.9 Menüeintrag "Mehrere Dateien drucken"

9.10 Menüeintrag "Protokoll ausgeben"

9.10.1 Wahl des Ausgabeformates (Protokoll)

9.10.2 Knopf "Ausgabe als Grafik" (Protokoll)

9.10.3 Knopf "Ausgabe als ASCII" (Protokoll)

9.11 Menüeintrag "Beenden"

9.12 Menüeinträge "1,2,3,4"

10 Menütitel Editor 1

10.1 Menüeintrag "System einstellen"

10.2 Menüeintrag "eingeben"

10.2.1 Eingeben - Zentrale Eingabebox

10.2.2 Eingeben - Knopf "Geländepunkte"

10.2.3 Eingeben - Knopf "Bodenkennwerte"

10.2.4 Eingeben - Knopf "Bodenschichten"

10.2.5 Eingeben - Knopf "Porenwasserdruck"

10.2.6 Eingeben - Knopf "Ständige Lasten + Verkehrslasten"

10.2.7 Eingeben - Knopf "Einzelkräfte"

10.2.8 Eingeben - Knopf "Arteser"

10.2.9 Eingeben - Knopf "Erdbeben"

10.2.10 Eingeben - Knopf "Erddübel"

10.2.11 Eingeben - Knopf "StS"

10.2.12 Eingeben - Knopf "Geosynthetics"

10.2.13 Eingeben - Knopf "Stahlbänder"

10.2.14 Eingeben - Knopf "Zugglieder"

10.2.15 Eingeben - Knopf "Hor. Flächenlasten"

10.3 Menüeintrag "Konsolidationsschichten"

10.4 Menüeintrag "Bauteile / Bodensäulen"

10.4.1 Eingabe von Bauteilen

10.4.2 Eingabe von Bodensäulen

10.5 Menüeintrag "Teilsicherheiten, ..."

10.6 Menüeintrag "Datensatzbezeichnung"

10.7 Menüeintrag "Geosynthetics Tabellenwerte"

10.8 Menüeintrag "System testen"

10.9 Menüeintrag "System spiegeln"

10.10 Menüeintrag "Gängige Systeme"

10.11 Menüeintrag "Einstellung Graphik"

10.12 Menüeintrag "Legende Allgemein"

10.13 Menüeintrag "Bodenkennwerte"

10.14 Menüeintrag "Messlatte"

10.15 Menüeintrag "Objekte verschieben"

10.16 Menüeintrag "Bezeichnungen Zugglieder usw."

10.17 Menüeintrag "Fundament"

11 Menütitel Editor 2

- 11.1 Menüeintrag "Raster"
- 11.2 Menüeintrag "Gelände"
- 11.3 Menüeintrag "Porenwasserdruck"
- 11.4 Menüeintrag "Schichten"
- 11.5 Menüeintrag "Lasten/Einzelkräfte"
- 11.6 Menüeintrag " Erddübel/StS/Geosyn./Stahlbänder/Zugglieder"
- 11.7 Menüeintrag "Arteser"
- 11.8 Menüeintrag "Wasserstände"
- 11.9 Menüeintrag "Konsolidationsschichten" (Editor 2)
- 11.10 Menüeintrag "Bauteile / Bodensäulen" (Editor 2)
- 11.11 Menüeintrag "Neigungen"
- 11.12 Menüeintrag "Koordinaten"
- 11.13 Menüeintrag "Spannungen"
- 11.14 Menüeintrag "Rückgängig"
- 11.15 Menüeintrag "Wiederherstellen"
- 11.16 Menüeintrag "Einstellen"

12 Menütitel Porenwasserdrucknetz (PW-Netz)

- 12.1 Grundlagen PW-Netz
- 12.2 Menüeintrag "ASCII-Datei"
- 12.3 Menüeintrag "vorh Pkte zu Netz"
- 12.4 Menüeintrag "Isolinien" (PW-Netz)
- 12.5 Menüeintrag "PW ermitteln"
- 12.6 Menüeintrag "Knoten setzen"
- 12.7 Menüeintrag "ändern"
- 12.8 Menüeintrag "verschieben"
- 12.9 Menüeintrag "editieren" (PW-Netz)
- 12.10 Menüeintrag "Netz von Hand"
- 12.11 Menüeintrag "automatisch"
- 12.12 Menüeintrag "entspitzen"
- 12.13 Menüeintrag "löschen"
- 12.14 Menüeintrag "einzeln verdichten"
- 12.15 Menüeintrag "Ausschnitt"
- 12.16 Menüeintrag "alle"

13 Menütitel Mittelpunkte (nur bei Gleitkreisen)

13.1 Menüeintrag "im Viereck festlegen"

13.2 Menüeintrag "im Rechteck"

13.3 Menüeintrag "einzeln (graphisch)"

13.4 Menüeintrag " einzeln (Editor)"

13.5 Menüeintrag "verdichten"

13.6 Menüeintrag "Info" (Mittelpunkte)

13.7 Menüeintrag "Suchbereich definieren"

13.7.1 Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 1)

13.7.2 Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 2)

13.7.3 Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 3)

13.7.4 Suchbereich "Anfangs- und Endradius" (Winkelstützmauer)

13.8 Menüeintrag "halbautomatisch"

13.9 Menüeintrag "einzelne löschen" (Mittelpunkte)

13.10 Menüeintrag "alle löschen" (Mittelpunkte)

13.11 Menüeintrag "darstellen" (Gleitkreise)

14 Menütitel Gleitkörper (nur bei Gleitpolygonen)

14.1 Menüeintrag "Info" (Gleitkörper)

14.2 Menüeintrag "neuen definieren"

14.3 Menüeintrag "alten ändern"

14.4 Menüeintrag "duplizieren"

14.5 Menüeintrag "editieren" (Gleitkörper)

14.6 Menüeintrag "darstellen" (Gleitkörper)

14.7 Menüeintrag "einzelnen löschen" (Gleitkörper)

14.8 Menüeintrag "alle löschen" (Gleitkörper)

14.9 Menüeintrag "logarithmische Spirale"

14.10 Menüeintrag "Animation" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)

14.11 Menüeintrag "Gleitkörper bewegen" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)

15 Menütitel Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitkreisen)

- 15.1 Allgemeiner Hinweis (Gleitkreise)
- 15.2 Menüeintrag "berechnen" (Gleitkreise)
- 15.3 Menüeintrag "zeigen/Details"
- 15.4 Menüeintrag "Einstellung" (Gleitkreise)
- 15.5 Menüeintrag "ungünstigsten Gleitkreis darstellen"
- 15.6 Menüeintrag "bestimmen"
- 15.7 Menüeintrag "alle" (Gleitkreise darstellen)
- 15.8 Menüeintrag "Isolinien" (Gleitkreise)
- 15.9 Menüeintrag "farbig"

16 Menütitel Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitpolygonen)

- 16.1 Allgemeiner Hinweis (polygonale Gleitflächen)
- 16.2 Menüeintrag "Gleitkörper berechnen"
- 16.3 Menüeintrag "einzelnen Gleitkörper darstellen"
- 16.4 Menüeintrag "alle" (Gleitkörper darstellen)
- 16.5 Menüeintrag "Ergebnisse sehen"
- 16.6 Menüeintrag "Zwischengleitkörper berechnen"
- 16.7 Menüeintrag "zeigen"
- 16.8 Menüeintrag "Gleitkörper über Linien, Recht-/Vierecke definieren"
- 16.9 Menüeintrag "Gleitkörper ... berechnen"
- 16.10 Menüeintrag "Gleitkörper ... darstellen"
- 16.11 Menüeintrag "Gleitkörper ... laden/speichern"
- 16.12 Menüeintrag "Einstellung" (Gleitpolygone)
- 16.13 Menüeintrag "Krafteck" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)
- 16.14 Menüeintrag "Verschiebungsplan" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen)

17 Menütitel Ansicht

- 17.1 Menüeintrag "aktualisieren"
- 17.2 Menüeintrag "Lupe"
- 17.3 Menüeintrag "Stifte"
- 17.4 Menüeintrag "Schriftart"
- 17.5 Menüeintrag "Mini-CAD und CAD für Kopfdaten"
- 17.6 Menüeintrag "Symbol- und Statusleiste"
- 17.7 Menüeintrag "Maßketten"
- 17.8 Menüeintrag "Einstellungen speichern"
- 17.9 Menüeintrag "Einstellungen laden"

18 Menütitel Blatt

- 18.1 Menüeintrag "Koordinaten neu berechnen"
- 18.2 Menüeintrag "von Hand"
- 18.3 Menüeintrag "zoomen"
- 18.4 Menüeintrag "graphisch"
- 18.5 Menüeintrag "Koordinaten speichern"
- 18.6 Menüeintrag "Koordinaten laden"
- 18.7 Menüeintrag "Blattformat"
- 18.8 Menüeintrag "Schriftgrößen"

19 Menütitel Nagelwand

- 19.1 Allgemeine Hinweise zur Nagelwandeingabe
- 19.2 Menüeintrag "einstellen" (Nagelwand)
- 19.3 Menüeintrag "Graphik"
- 19.4 Menüeintrag "Nachweise / Sicherheiten"
- 19.5 Menüeintrag "Legende Nagelwand"
- 19.6 Menüeintrag "Legende Nagelkräfte"
- 19.7 Menüeintrag "Nägel von Hand"
- 19.8 Menüeintrag "generieren"
- 19.9 Menüeintrag "manipulieren"
- 19.10 Menüeintrag "optimieren"
- 19.11 Menüeintrag "Gleitflächen generieren"
- 19.12 Menüeintrag "Gleiten, Kippen, Grundbruch"
- 19.13 Menüeintrag "Maximale Nagelkräfte"
- 19.14 Menüeintrag "Max. Nagelkräfte + Durchstanzen"
- 19.15 Menüeintrag "Erddruck + Gewicht berechnen"
- 19.16 Menüeintrag "nach GGU-SLAB exportieren"
- 19.17 Menüeintrag "Aktiver Erddruck nach Culmann"
- 19.18 Menüeintrag "Erdwiderstand nach Culmann"

20 Menütitel Info

- 20.1 Menüeintrag "Copyright"
- 20.2 Menüeintrag "Hilfe"
- 20.3 Menüeintrag "GGU-Homepage"
- 20.4 Menüeintrag "GGU-Support"
- 20.5 Menüeintrag "Was ist neu?"
- 20.6 Menüeintrag "Spracheinstellung"
- 20.7 Menüeintrag "Verfahren Kölsch einstellen"
- 20.8 Menüeintrag "Rüttelstopfverdichtung testen"

21 Literatur



Theorie. Und Praxis.

Geotechnische Softwarelösungen können so einfach sein. Denn Theorie und Praxis lassen sich mit **GGU-Software** und den neuen Angeboten der **civilserve Academy** prima kombinieren: Knackige theoretische Aufgaben lösen und als Sahnehäubchen Ihr

**Know-how durch
Praxisseminare
vertiefen!**

Civilserve GmbH
Exklusivvertrieb GGU-Software
Weuert 5 · D-49439 Steinfeld
Tel. +49(0)5492 6099996
info@ggu-software.com

Infos und Termine zu unseren Präsenz- und
Online-Seminaren jetzt unter

www.ggu-software.com

1 GGU-STABILITY: Vorab

Das Programmsystem **GGU-STABILITY** ermöglicht die Böschungsbruchuntersuchung nach DIN 4084:1981, DIN 4084:1996 und DIN 4084:2009 mit Kreisgleitflächen (Bishop) und polygonalen Gleitflächen (Janbu, Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode). Zudem ist die Untersuchung von Bodenvernagelungen und Bewehrte-Erde-Wänden möglich. Es werden die in DIN 4084 angegebenen Formeln und Beziehungen verwendet (siehe "**Theoretische Grundlagen**").

Die Grundlagen der Berechnung mit dem **Teilsicherheitskonzept** sind in EC 7/DIN 1054:2010 aufgeführt. Die DIN 4084 enthält die Rechenverfahren (Bishop, Janbu, Starrkörperbruchmechanismen, etc.).

Für die Biegebemessung der Betonschale nach EC 2 ist ein Export von Daten zum Programm **GGU-SLAB** vorhanden. Der Durchstanznachweis nach EC 2 ist im Programm implementiert.

Als Besonderheit können Porenwasserdrücke nicht nur über die allgemein übliche Porenwasserdrucklinie eingegeben werden, sondern auch über ein Porenwasserdrucknetz. Mit einem Porenwasserdrucknetz können komplizierte Strömungsverhältnisse in Böschungen exakt nachgebildet werden und bei der Standsicherheitsberechnung berücksichtigt werden. Eine Schnittstelle zum Grundwasserprogramm **GGU-2D-SSFLOW** ist vorhanden.

Für die Berechnung von Abfallböschungen hat Kölsch 1996 ein Stoffgesetz entwickelt (siehe

"*Der Einfluss der Faserbestandteile auf die Scherfestigkeit von Siedlungsabfall.*" Mitteilungen des Leichtweiß-Institutes für Wasserbau der TU Braunschweig, Heft 133/96). Dieses Stoffgesetz ist in **GGU-STABILITY** als "**Verfahren nach Kölsch**" implementiert und kann für eine entsprechende Berechnung aktiviert werden. Die theoretischen Grundlagen sind im Kapitel "**Theoretische Grundlagen: Allgemeines zur Berechnung mit Faserkohäsion**" erläutert, weitere Literaturhinweise finden Sie unter "**Literatur**".

Der Einfluss einer **Rüttelstopfverdichtung nach Priebe** kann untersucht werden. Die Berücksichtigung einer vorhandenen Klüftung ist ebenfalls möglich. Des Weiteren können Sie Ihr System mit **Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel** berechnen lassen.

Das Programm beinhaltet eine komfortable Dateneingabe. Das System wird permanent auf dem Bildschirm dargestellt. Jede Veränderung der Daten wird auf dem Bildschirm angezeigt, so dass eine optimale Kontrolle der Eingabedaten gewährleistet ist.

Zu vielen fachlichen und programmspezifischen Fragestellungen sind in den Dialogboxen "**?**"-Knöpfe und "**Info**"-Knöpfe vorhanden. Durch Anklicken der "**?**"- oder "**Info**"-Knöpfe erhalten Sie die notwendigen Informationen.

Die grafische Ausgabe unterstützt die von WINDOWS zur Verfügung gestellten True-Type-Fonts, so dass ein hervorragendes Layout gewährleistet ist. Farbige Ausgabe und zahlreiche Grafikformate (BMP, TIF, JPG etc.) werden unterstützt. Über das integrierte **Mini-CAD**-System können auch PDF- und DXF-Dateien importiert werden (siehe Handbuch "**Mini-CAD**").

Das Programm ist ausführlich getestet worden. Fehler sind dabei nicht festgestellt worden. Dennoch kann eine Garantie für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Programmsystems und des Handbuches sowie daraus resultierender Folgeschäden nicht übernommen werden.

2 GGU-STABILITY: Leistungsmerkmale

Das Programm **GGU-STABILITY** weist folgende Leistungsmerkmale auf (Maximalwerte):

- Geländelinie mit maximal 100 Geländepunkten
- 100 Porenwasserdruckpunkte
- 100 Schichten (keine Eingabe von Schichtpolygonen erforderlich !!!)
- 50 Erddübel
- 50 Geosynthetics, direkt als Firmenprodukte wählbar
- 150 Zugglieder
- 150 Stahlbänder
- 50 Böden
- 50 Einzelkräfte
- 40 Ständige und/oder Verkehrslasten
- 50 Horizontale Flächenlasten
- 1000 Lamellen
- 5000 Gleitkreismittelpunkte mit beliebig vielen Radien
- 2500 polygonale Gleitkörper mit maximal 200 Polygonzugpunkten
- Polygonale Gleitflächen nach Janbu, Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode
- Sicherheitsaussage nach dem Prinzip der virtuellen Verrückungen bei Starrkörperbruchmechanismen (Goldscheider und Gudehus)
- Variation zwischen zwei Grenzgleitkörpern bei polygonalen Gleitkörpern
- Exakte Berücksichtigung von Porenwasserdrücken über ein Porenwasserdrucknetz möglich (optional)
- Schnittstelle zum Grundwassermodell **GGU-2D-SSFLOW** zur automatischen Übernahme von Porenwasserdrucknetzen
- ASCII-Schnittstelle zur automatischen Übernahme von Porenwasserdrucknetzen aus anderen Grundwassermodellen
- Komplette Eingabe und Korrektur der Systemgeometrie mit der Maus möglich
- Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils (optional)
- Berücksichtigung konstruktiver Elemente
- Berücksichtigung von Rüttelstopfverdichtungen nach Priebe
- Berücksichtigung von Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel
- Berücksichtigung von Klüftungen
- Verwendung von beliebigen True-Type-Fonts, die ein hervorragendes Layout garantieren

- Farbige Darstellung nahezu aller Systemgeometrien. Die Farben können vom Benutzer beliebig verändert werden. Insbesondere können auch die Schichten farbig ausgefüllt werden. Die Farben können auch entsprechend den Konventionen der DIN 4022 eingestellt werden
- Lupenfunktion
- " **Mini-CAD**"-System (zusätzliche freie Beschriftung, Linien, Rechtecke, Kreise, Grafiken usw.)
- DXF-Import über " **Mini-CAD**"
- Das Programm arbeitet nach dem Prinzip ***What you see is what you get***. Das bedeutet, dass die Bildschirmdarstellung weitgehend der Darstellung auf dem Drucker entspricht. Das bedeutet weiterhin, dass Sie in jeder Bearbeitungssituation den Bildschirminhalt auf einem Drucker ausgeben können.

3 GGU-STABILITY: Lizenzschutz

Um die GGU-Software vor unberechtigtem Zugriff zu schützen, ist jedes GGU-Programm mit dem **Software-Schutzsystem CodeMeter** der Firma WIBU-Systems versehen. Dabei wird jedes GGU-Programm über eine Lizenz mit entsprechendem Productcode an einen sogenannten **CmContainer** gebunden.

Um die GGU-Lizenzen in einem CmContainer nutzen zu können, muss auf Ihrem Rechner über eine Treibersoftware eine Laufzeitumgebung, das **CodeMeter Runtime Kit**, installiert sein. Die aktuelle Version erhalten Sie auf <https://www.wibu.com/de/support/anwendersoftware/anwendersoftware.html> (CodeMeter User Runtime für Windows).

Auf Ihrem PC mit installiertem CodeMeter Runtime Kit (**CodeMeter-Lizenzserver**) können Sie mit folgenden CmContainer-Arten arbeiten:

- **CmStick**

Die Lizenz wird in einem USB-Dongle gespeichert.

- **CmActLicense** (Softlizenz, nicht für virtuelle PC/Server)

Die Lizenz befindet sich in einer Lizenzdatei, die an die Hardware eines Rechners gebunden ist.

- **CmCloudContainer**

Die Lizenz befindet sich auf einem CmCloud-Server der Firma WIBU-Systems und wird auf Ihren CodeMeter-Lizenzserver gespiegelt. Die Vorteile dieser Lizenzbindungsart sind auf folgender Webseite beschrieben: <https://www.ggu-software.com/geotechnik-software/lizenz-optionen/lizenzbindung>

Das GGU-Programm prüft beim Start und während der Laufzeit, ob eine Lizenz in einem CmContainer vorhanden ist.

4 GGU-STABILITY: Sprachwahl

Die GGU-Programme können in Deutsch und Englisch genutzt werden. Das Programm startet immer in der Sprache, in der es beendet wurde.

Ein Wechsel der Spracheinstellung ist jederzeit über den Menütitel " **Info**" Menüeintrag "

Spracheinstellung" (bei Einstellung Deutsch) bzw. Menüeintrag " **Language preferences**" (bei Einstellung Englisch) möglich.

5 GGU-STABILITY: Programmstart

Nach dem Programmstart sehen Sie auf dem Anfangsbildschirm am oberen Fensterrand zwei Menütitel :

- Datei
- Info

Nach dem Anklicken des Menütitels "**Datei**" können Sie entweder über den Menüeintrag "**Laden**" ein bereits bearbeitetes System laden oder über "**Neu**" ein neues System erstellen.

Das Programm erleichtert Ihnen die Systemeingabe, indem es Ihnen nach Klicken auf "**Neu**" die Möglichkeit anbietet, direkt zum Menüeintrag "**Editor 1 / Gängige Systeme**" zu springen. Die Dialogbox ist in diesem Fall etwas erweitert, so dass Sie hier bereits die anzuwendende Norm und das gewünschte Berechnungsverfahren ("**Bishop**", etc.) auswählen können.

Wenn Sie nicht mit der Dialogbox "**Gängige Systeme**" arbeiten möchten, klicken Sie in der Abfragebox auf "**nein**" oder in den späteren Boxen auf "**Abbruch**". Sie erhalten dann den Anfangsbildschirm. Voreingestellt ist bei Programmstart als anzuwendende Norm der "**EC 7**" und das Berechnungsverfahren mit Kreisgleitflächen nach "**Bishop**". Am oberen Fensterrand sehen Sie jetzt zehn Menütitel:

- Datei
- Editor 1
- Editor 2
- PW-Netz
- Mittelpunkte bzw. Gleitkörper
- Ausnutzungsgrade
- Ansicht
- Blatt
- Nagelwand
- Info

Nach dem Anklicken eines Menütitels werden die so genannten Menüeinträge angezeigt, über die Sie alle Programmfunktionen erreichen.

Das Programm arbeitet nach dem Prinzip **What you see is what you get**. Das bedeutet, dass die Bildschirmdarstellung weitgehend der Darstellung auf dem Drucker entspricht. Bei einer konsequenten Verwirklichung dieses Prinzips müsste nach jeder Änderung, die Sie vornehmen, vom Programm der Bildschirminhalt aktualisiert werden. Da das bei komplexem Bildschirminhalt jedoch einige Sekunden dauern kann, wird dieser Neuaufbau des Bildschirminhalts vom Programm aus Gründen der Effizienz nicht bei allen Änderungen vorgenommen.

Wenn Sie den Bildschirminhalt aktualisieren wollen, dann drücken Sie entweder die Taste [**F2**] oder die Taste [**Esc**]. Die Taste [**Esc**] setzt zusätzlich die Bildschirmdarstellung auf Ihren aktuellen Bildzoom zurück, der meist voreingestellt auf 1,0 steht, was in den meisten GGU-Programmen einem DIN A3- oder DIN A4-Blatt entspricht (siehe Menüeintrag “ **Ansicht / aktualisieren** ”).

6 Tipps und Tricks

6.1 GGU-STABILITY: "?"- und "Info"-Knöpfe

Auf das Lesen des Handbuchs kann größtenteils verzichtet werden, weil zu nahezu allen geotechnischen und programmspezifischen Fragestellungen in den Dialogboxen

"?"-Knöpfe oder "Info"-Knöpfe

vorhanden sind. Durch Anklicken der Knöpfe erhalten Sie die notwendigen Informationen in einer Infobox angezeigt.

6.2 GGU-STABILITY: Funktionstasten

Einige Funktionstasten sind mit Programmfunktionen belegt. Die Zuordnung ist hinter den entsprechenden Menüeinträgen vermerkt. Die nachfolgenden Funktionstasten können Sie in allen GGU-Programmen mit den beschriebenen Programmfunktionen verwenden:

- [Esc] aktualisiert den Bildschirminhalt und setzt den Bildschirmausschnitt auf Ihren aktuellen Bildzoom zurück, der voreingestellt auf 1,0 steht. Das ist z. B. dann interessant, wenn Sie mit der Lupenfunktion Teilausschnitte der Zeichnung auf dem Bildschirm dargestellt haben und schnell zur Gesamtübersicht zurückkehren wollen.
- [F1] ruft die Handbuch-Datei auf.
- [F2] aktualisiert den Bildschirm, ohne den Bildausschnitt zu verändern.
- [F11] ruft den Menüeintrag "Objekte verschieben" auf, der in den GGU-Programmen unter verschiedenen Menütiteln erscheint, z.B. unter "Blatt", "Ansicht" oder "Formblatt".

Im Programm **GGU-STABILITY** sind weiterhin folgende Funktionstasten mit Programmfunktionen belegt:

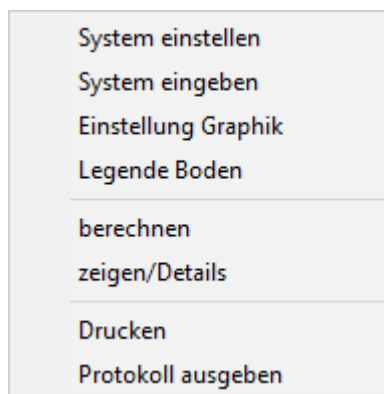
- [F3] ruft den Menüeintrag "Editor 2 / Gelände" auf.
- [F5] ruft den Menüeintrag "Ausnutzungsgrade / berechnen"

oder "Ausnutzungsgrade / Gleitkörper berechnen" auf.

- [F6] ruft den Menüeintrag "Editor 2 / Schichten" auf.
- [F7] ruft den Menüeintrag "Nagelwand / Gleiten, Kippen, Grundbruch" auf.
- [F8] ruft den Menüeintrag "Ausnutzungsgrade / bestimmten (Gleitkreis darstellen)" auf.
- [F9] ruft den Menüeintrag "Blatt / Koordinaten neu berechnen" auf.

6.3 GGU-STABILITY: Tastatur und Maus

Wenn Sie mit der rechten Maustaste an einer beliebigen Stelle auf dem Bildschirm klicken, erhalten Sie ein **Kontextmenü**, das die wichtigsten Menüeinträge beinhaltet.



Mit einem Doppelklick der linken Maustaste über Legenden, Diagrammen oder **Mini-CAD**-Objekten, springen Sie direkt in den Editor für das ausgewählte Objekt, um es z.B. weiter zu bearbeiten.

In den meisten Dialogboxen sind die Knöpfe zum Verlassen der Box oder Knöpfe für entscheidende Funktionen dick markiert und können durch Klicken der [**Enter**] bzw. [**Return**]-Taste erreicht werden.

In Dialogboxen, in denen Sie Eingaben machen müssen, z.B. Bodenkennwerte ändern, springen Sie am schnellsten mit der [**Tab**]-Taste in die nächste Eingabebox. Dabei wird der bisherige Wert markiert und kann direkt mit der neuen Eingabe überschrieben werden. Sie müssen die Box nicht mit der Maus anfahren und die alte Eingabe vorab löschen.

In Eingabeboxen für Zahlenwerte können Sie auch gängige Rechenoperationen benutzen, um Anpassungen vorzunehmen (siehe “ **Tipps und Tricks: Rechenfunktionen in Eingabeboxen** ”).

Mit den Cursortasten und den [**Bild auf**]- und [**Bild ab**]-Tasten können Sie ein Scrollen des Bildschirms über die Tastatur erreichen. Nach Aktivierung der Lupenfunktionen klicken Sie auf einen Bildschirmbereich, um die Darstellung um den Faktor 2 zu vergrößern oder zu verkleinern. Alternativ definieren Sie durch Klicken und Ziehen der Maus bei gedrückter [**Strg**]-Taste einen gewünschten Fensterausschnitt, der anschließend bildschirmfüllend dargestellt wird.

Um in die Bildschirmdarstellung rein- oder rauszuzoomen oder diese zu verschieben, können Sie auch das Mausrad nutzen. Für die Mausradbedienung ist standardmäßig die Einstellung nach Windows-Konventionen aktiviert:

- Mausrad hoch = Bildschirmausschnitt nach oben verschieben
- Mausrad runter = Bildschirmausschnitt nach unten verschieben
- [**Shift**] + Mausrad hoch = Bildschirmausschnitt nach rechts verschieben
- [**Shift**] + Mausrad runter = Bildschirmausschnitt nach links verschieben
- [**Strg**] + Mausrad hoch = Bildschirmausschnitt vergrößern (ins Bild zoomen)

- [**Strg**] + Mausrad runter = Bildschirmausschnitt verkleinern (aus Bild heraus zoomen)

Wenn Sie über das Mausrad die Systemkoordinaten und den Maßstab Ihres Systems verändern möchten, aktivieren Sie in der Dialogbox des Menüeintrags " **Ansicht / Lupe** " den Schalter " **Mausradbedienung mit Weltkoordinaten** ". Wenn Sie mit dieser Einstellung das Programm schließen, ist die Einstellung auch beim nächsten Start weiterhin aktiviert. Sie können jetzt folgende Mausradfunktionen zur Systemveränderung nutzen:

- [**Shift**] + Mausrad hoch = Systemgrafik nach oben verschieben
- [**Shift**] + Mausrad runter = Systemgrafik nach unten verschieben
- [**Shift**] + [**Strg**] + Mausrad hoch = Systemgrafik nach rechts verschieben
- [**Shift**] + [**Strg**] + Mausrad runter = Systemgrafik nach links verschieben
- [**Strg**] + Mausrad hoch = Systemgrafik vergrößern (Maßstabsänderung)
- [**Strg**] + Mausrad runter = Systemgrafik verkleinern (Maßstabsänderung)

Aus einer gezoomten Darstellung kommen Sie mit [**Esc**] wieder zurück zum Gesamtbildschirm. Eine Maßstabsänderung oder Veränderung der Systemkoordinaten machen Sie mit [**F9**] (= Menüeintrag " **Blatt / Koordinaten neu berechnen** ") wieder rückgängig.

Die geänderten Systemkoordinaten können Sie im Menüeintrag " **Blatt / von Hand** " anschauen und ggf. durch genauere Zahleneingabe manuell anpassen.

6.4 GGU-STABILITY: Rechenfunktionen in Eingabeboxen

In Eingabeboxen für Zahlenwerte können Sie die nachfolgenden Rechenoperationen (auch in Kombinationen) benutzen, um den gewünschten Wert zu ermitteln oder den vorhandenen Wert anzupassen. Nach Drücken der [**Return**]- oder [**Enter**]-Taste wird der ermittelte Wert eingefügt.

Öffnet Tabelle im VollbildmodusÖffnen

Aufgabe	Eingabe
Addieren:	
5 + 12,18	5 + 12,18
Subtrahieren:	
25,74 - 12,18	25,74 - 12,18

Multiplizieren:		
$5,23 \cdot 4,18$		$5,23*4,18$
$\pi \cdot 2,5^3$		$PI*2,5^3$
Dividieren:		
$5,23 / 4,18$		$5,23/4,18$ oder $5,23:4,18$
Potenzieren:		
25		2^5
Radizieren:		
Wurzel aus 27		$w(27)$ oder $27^{(1/2)}$
5. Wurzel aus 81,5		$81,5^{(1/5)}$
Sinus, Cosinus, Tangens usw.		
$\sin(32^\circ)$		$\sin(32)$
$\cos(5,23^\circ)$		$\cos(5,23)$
$\tan(45^\circ)$		$\tan(45)$
$\arctan(1,0)$		$\text{atan}(1,0) = 45^\circ$
Logarithmus naturalis		
$\ln(4,53)$		$\ln(4,53) = 1,5107$
Exponentialfunktion:		
$e^{1,5107}$		$\text{ep}(1,5107) = 4,53$

6.5 GGU-STABILITY: Symbol "Bereich kopieren/drucken"

Wenn Sie das Symbol "**Bereich kopieren/drucken**"

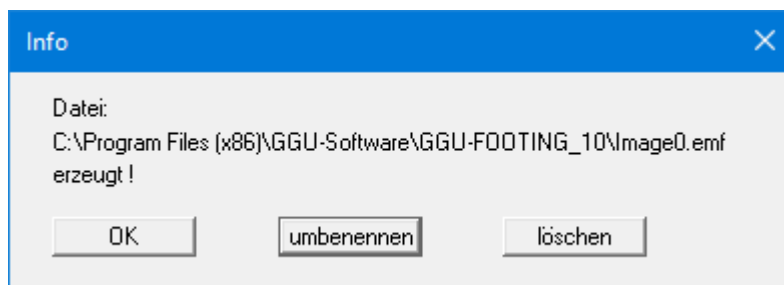


in der Symbolleiste für Menüeinträge anklicken, erhalten Sie eine Dialogbox, in der Ihnen die Möglichkeiten dieser Funktion erläutert werden. Sie können darüber Bereiche Ihrer Bildschirmgrafik entweder kopieren und z.B. in Ihren Berichtstext einfügen oder direkt auf einem Drucker ausgeben.

Sie wählen in der Dialogbox daher zunächst aus, wohin die Bereichskopie übergeben werden soll: "**Zwischenablage**", "**Datei**" oder "**Drucker**". Nach Verlassen der Dialogbox wird Ihr Cursor als Kreuz angezeigt und Sie können bei gedrückter linker Maustaste den gewünschten Bereich umfahren. Haben Sie den Bereich nicht nach Ihren Vorstellungen erfasst, brechen Sie kommende Boxen ab und rufen die Funktion durch erneutes Klicken auf das Symbol wieder auf.

Wenn Sie "**Zwischenablage**" gewählt hatten, wechseln Sie nach der Bereichserfassung z.B. in Ihr Word-Dokument und lassen dort über "**Bearbeiten / Einfügen**" den kopierten Bereich einfügen.

Wenn Sie "**Datei**" angewählt hatten, erscheint nach Festlegung des Bereiches die folgende Dialogbox, hier beispielhaft für das Programm **GGU-FOOTING** dargestellt:



Die Datei wird standardmäßig in dem Ordner gespeichert, in dem Sie das jeweilige Programm starten (hier: GGU-FOOTING_10), und erhält den Dateinamen "**Image0.emf**" mit fortlaufender Nummerierung, wenn Sie mehrere Dateien erstellen. Wenn Sie in der Dialogbox auf den Knopf "**umbenennen**" klicken, erhalten Sie eine Dateiauswahlbox und können die Bereichskopie unter einem anderen Dateinamen in das von Ihnen gewünschte Dateiverzeichnis speichern lassen. Über den Knopf "**löschen**" brechen Sie den Speichervorgang ab.

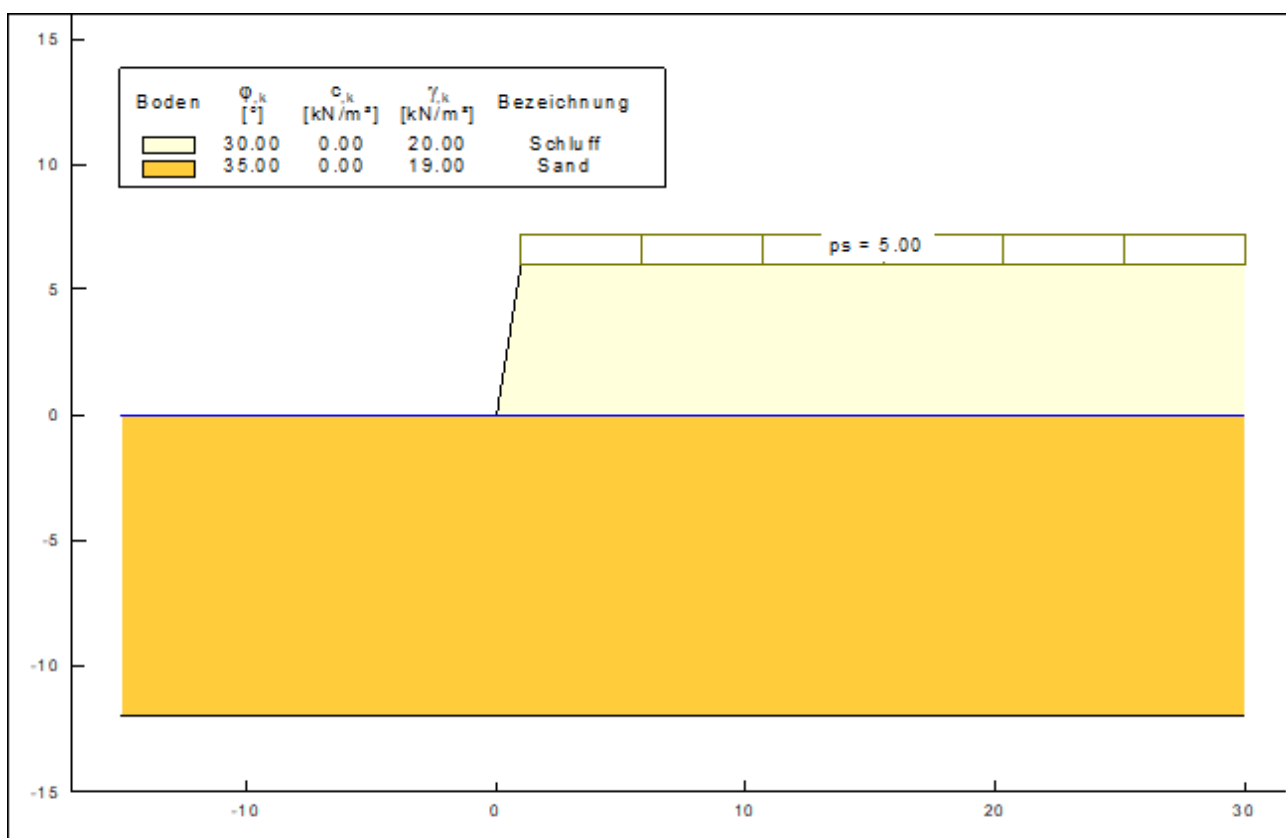
Wenn Sie in der ersten Dialogbox den Knopf "**Drucker**" ausgewählt hatten, erscheint nach der Bereichserfassung eine Dialogbox, in der Sie die Druckereinstellungen festlegen können. Anschließend erscheint eine Dialogbox, mit der Sie die Bildeinstellungen für die Ausgabe festlegen. Nach Bestätigung Ihrer Einstellungen wird der definierte Bereich auf dem ausgewählten Drucker ausgegeben.

7 Beispiele

7.1 Beispiel 1 - Dateneingabe mit der Maus

7.1.1 GGU-STABILITY: Systembeschreibung (Bsp. 1)

Folgende einfache Böschung soll mit dem Verfahren nach "Janbu" berechnet werden:



Es handelt sich um eine 6,0 m hohe Böschung, die mit Geosynthetics bewehrt werden soll. Der Grundwasserstand liegt auf Höhe des Geländes. Das System besitzt zwei unterschiedliche Böden. Die Bodenkennwerte sind in der Legende angegeben. Auf der Böschung ist eine ständige Last von 5 kN/m² zu berücksichtigen.

Grundsätzlich kann die Systemeingabe manuell über direkte Zahleneingabe oder mit der Maus am Bildschirm oder auch gemischt erfolgen. Die direkte Zahleneingabe eines Systems ist im " **Beispiel 2 - Dateneingabe von Hand**" beschrieben. Alle weiteren Erläuterungen zur manuellen Systemeingabe finden Sie unter Menüeintrag " **Editor 1 / eingeben**".

Nachfolgend wird die Eingabe über Maus erläutert.

7.1.2 GGU-STABILITY: Schritt 1: System einstellen (Bsp. 1)

Nach dem Anstarten des Programms erscheint zunächst das Programmlogo. Wählen Sie den Menüeintrag "**Datei / Neu**" und verlassen Sie die Abfragebox "**Gängige Systeme**" mit "**nein**". Sie erhalten die Dialogbox "**System einstellen**", die Sie ansonsten über den Menütitel "**Editor 1**" aufrufen können.

The screenshot shows the 'System einstellen' dialog box with the following settings:

- Norm:** ☒ EC 7, ☐ DIN 4084:2009, ☐ DIN 4084:1996, ☐ DIN 4084:1981
- Berechnung von:** ☒ Böschungsbruch, ☐ Grundbruch
- Verfahren:** ☐ Bishop (Kreise / Lamellen), ☐ Krey (Kreise / Lamellen), ☒ Janbu (Polygone / Lamellen), ☐ Starkkörperbruchmechanismen, ☐ Blockgleitmethode
- Porenwasserdruckansatz:** ☒ Porenwasserdruck-Linie, ☐ Porenwasserdruck-Netz
- Geosynthetics:**
 - ☒ Geosynthetics über Firmenprodukte (with a '?' button)
 - Firma: HUESKER: Fortrac T (dropdown menu)
 - ☒ Firmenprodukte in Datensatz speichern
- Stahlbänder:** ☐ Stahlbänder verwenden, ☐ fi* nach Tabelle 6 M SASE
- Drahtgeflechte:** ☐ Drahtgeflechte verwenden (with a '?' button)
- Rüttelstopfverdichtung RSV:** ☐ RSV vorhanden
- Kapillarkohäsion:** ☐ mit Kapillarkohäsion (with a '?' button)
- Klüftung:** ☐ Klüftung vorhanden
- Stabilisierungssäulen (StS):** ☐ StS vorhanden
- Konstruktive Elemente:** ☐ Aktivierte Kraft durch eta teilen (with a '?' button)

Buttons at the bottom: OK, Abbruch

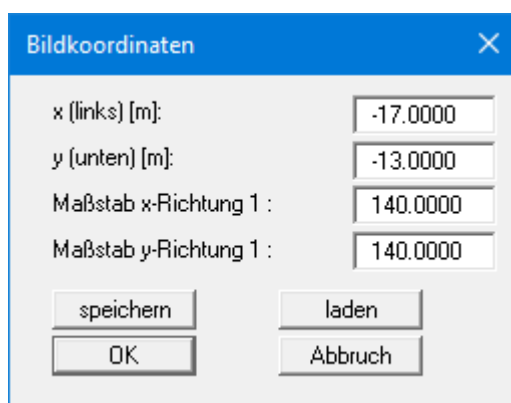
Voreingestellt ist für das System "**EC 7**" und das Verfahren nach "**Bishop (Kreise / Lamellen)**".

Wählen Sie für das Beispielsystem als Verfahren "**Janbu (Polygone / Lamellen)**" aus. Da später Geosynthetics der Firma HUESKER verwendet werden sollen, wählen Sie im Bereich "**Geosynthetics**" im Auswahlménü "**Firma:**" aus der Liste der angezeigten Geosynthetics-Hersteller und ihren Produktbereichen "**HUESKER: Fortrac T**" aus.

Nach Bestätigen der Änderung mit "**OK**" erhalten Sie eine Dialogbox für die Eingabe der Teilsicherheitsbeiwerte (siehe auch Menüeintrag "**Editor 1 / Teilsicherheiten, ...**"). Im Bereich "**Standardwerte**" können Sie über den Knopf "**nach DIN 1054:2010**" die Teilsicherheiten für die verschiedenen Lastfälle in die Dialogbox übernehmen lassen. Für dieses Beispiel sollen die Teilsicherheitsbeiwerte für **BS-P** verwendet werden, die standardmäßig voreingestellt sind.

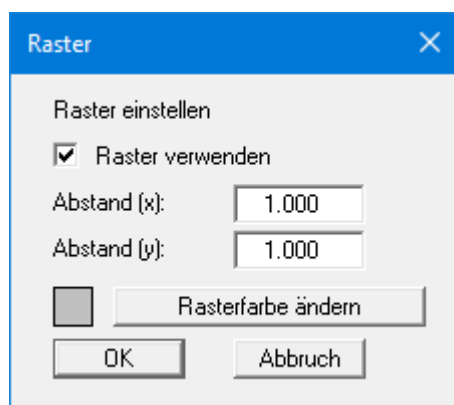
7.1.3 GGU-STABILITY: Schritt 2: Bildkoordinaten anpassen (Bsp. 1)

Die vorgegebenen Koordinaten passen nicht zu dem System und sollen vorab geändert werden. Wählen Sie aus dem Menütitel "**Blatt**" den Menüeintrag "**von Hand**" und geben die Werte der nachfolgenden Dialogbox ein.



7.1.4 GGU-STABILITY: Schritt 3: Raster definieren (Bsp. 1)

Wählen Sie aus dem Menütitel "**Editor 2**" den Menüeintrag "**Raster**".



Aktivieren Sie den Schalter "**Raster verwenden**". Dadurch wird gewährleistet, dass bei nachfolgenden Eingaben mit der Maus das Fadenkreuz auf diese Punkte einrastet. Das erleichtert die Eingabe der Böschungsgeometrie. Falls eine Geometrie vorliegt, die sich nicht in ein solches Raster zwängen lässt, verzichten Sie auf die Aktivierung des Schalters. Verlassen Sie die Dialogbox mit "**OK**".

Das Raster wird erst dargestellt, wenn Sie einen der folgenden Menüeinträge anwählen!

Falls Sie einen Scanner besitzen, können Sie damit von dem zu bearbeitenden System eine Bitmap-Datei erstellen. Diese Bitmap-Datei kann über "**Ansicht / Mini-CAD**" (siehe Handbuch "**Mini-CAD**") eingeblendet werden. Sie können damit die Eingabe des Systems noch weiter vereinfachen.

7.1.5 GGU-STABILITY: Schritt 4: Geländepunkte eingeben (Bsp. 1)

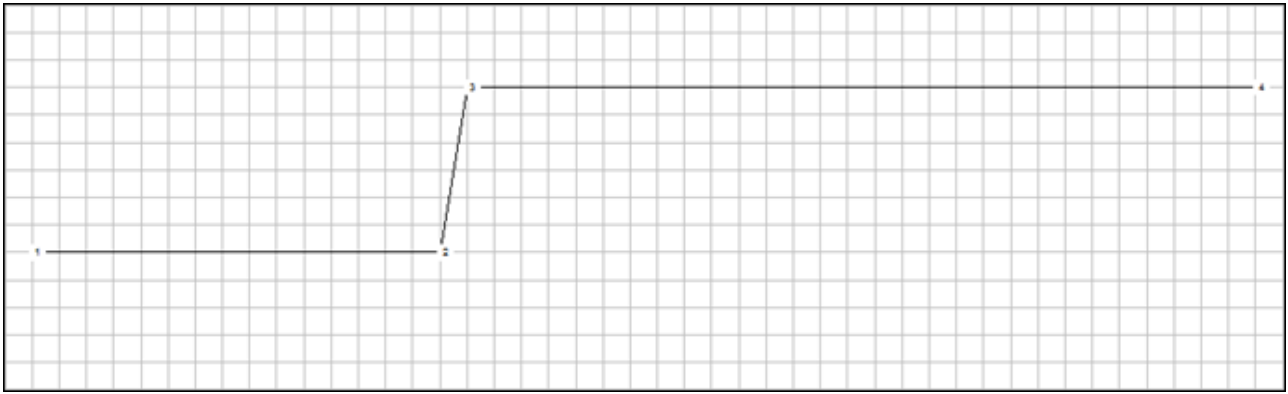
Wählen Sie aus dem Menütitel "**Editor 2**" den Menüeintrag "**Gelände**". Sie erhalten zunächst eine Infobox über die Möglichkeiten der Eingabe der Geländegeometrie. Klicken Sie anschließend mit der linken Maustaste die Koordinaten der Geländelinie an. Die Koordinaten werden am unteren linken Bildschirmrand angezeigt. Die Geländepunkte werden fortlaufend von links nach rechts durchnummeriert. Eine Fehleingabe kann durch Klicken mit der rechten Maustaste korrigiert oder durch Betätigen der [**Backspace**]-Taste rückgängig gemacht werden.

Klicken Sie für dieses Beispiel die folgenden vier Koordinatenpaare für die Geländepunkte an:

Öffnet Tabelle im VollbildmodusÖffnen

x [m]	y [m]
-15,0	0,0
0,0	0,0
1,0	6,0
30,0	6,0

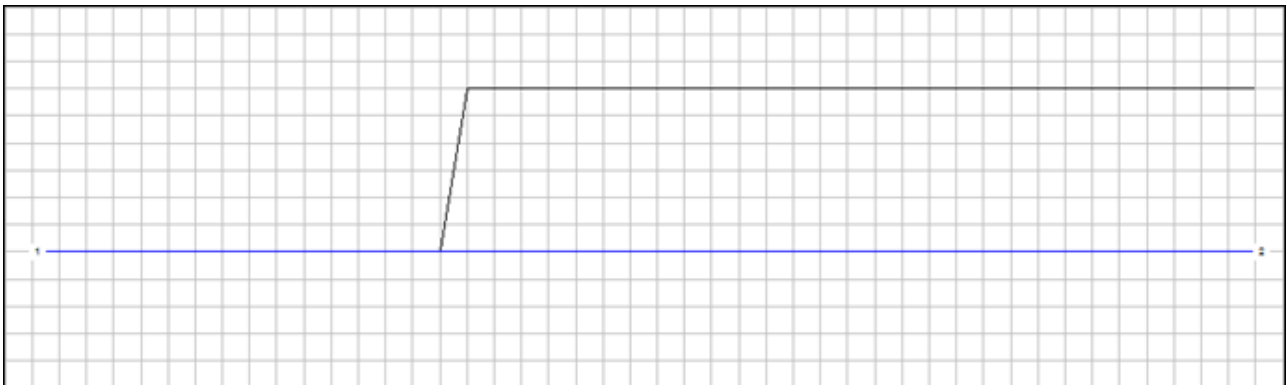
Das sollte auf Ihrem Bildschirm so aussehen:



7.1.6 GGU-STABILITY: Schritt 5: Porenwasserdruckpunkte eingeben (Bsp. 1)

Wählen Sie aus dem Menütitel "**Editor 2**" den Menüeintrag "**Porenwasserdruck**". Geben Sie analog zu den Geländepunkten die Porenwasserdrucklinie ein. Aus der Differenz zwischen einem Lamellenfußpunkt und der Lage der über diesem Fußpunkt vorhandenen Höhe der Porenwasserdrucklinie berechnet das Programm später den Porenwasserdruck auf die Lamelle.

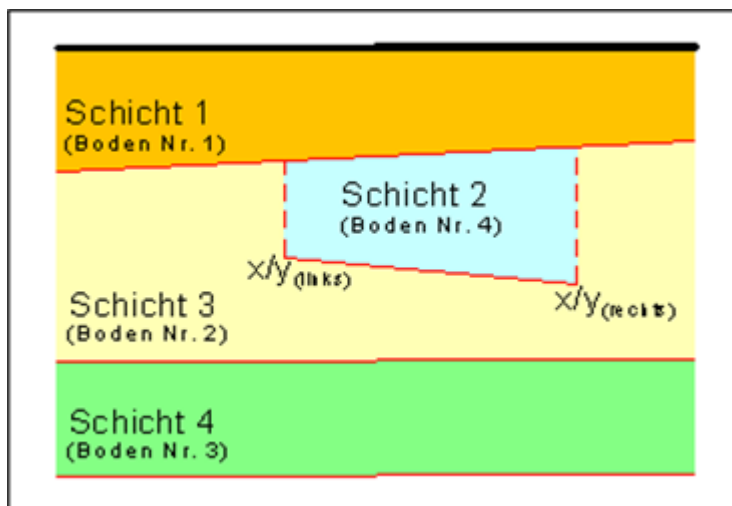
Wählen Sie für dieses Beispiel eine horizontal auf 0,0 m liegende Porenwasserdrucklinie, die bei $x = -15$ m beginnt und bei $x = +30$ m endet und somit nur aus zwei Punkten besteht. Auf Ihrem Bildschirm wird die Porenwasserdrucklinie nun blau dargestellt:



7.1.7 GGU-STABILITY: Schritt 6: Schichten eingeben (Bsp. 1)

Wählen Sie aus dem Menütitel "**Editor 2**" den Menüeintrag "**Schichten**". Eine Schicht wird als **Bodensäule** definiert, indem Sie die Unterkante der Säule (= Schicht) über zwei Koordinatenpaare festlegen. Nach oben hin wird die Bodenschicht so weit verlängert, bis sie auf die Geländelinie oder auf eine darüberliegende Bodenschicht trifft. Abweichend von vielen anderen Programmen ist es bei **GGU-STABILITY** nicht erforderlich, einen Polygonzug über die gesamte Breite des Systems einzugeben.

Zu einer Schicht (= Bodensäule) gehört eine Bodennummer, über die die Bodenkennwerte beschrieben werden (siehe zweite Dialogbox in “**Schritt 7: Bodenkennwerte eingeben (Bsp. 1)**”). Die Schichten werden nach der Eingabe automatisch nach Tiefe sortiert und nummeriert. Die einer Schicht zugewiesene Bodennummer bleibt von der Schichtnummerierung unberührt (siehe nachfolgende Abbildung zur Schichten- und Bodennummerierung).



Bei der Eingabe der Schichten ist zu beachten, dass sich Schichtlinien nicht kreuzen dürfen. Ein Schnittpunkt mit dem Gelände ist ebenfalls nicht zulässig. Beide Bedingungen werden unmittelbar nach der Eingabe einer Schicht vom Programm geprüft. Fehleingaben werden korrigiert oder mit Fehlerhinweis verworfen.

Wählen Sie für dieses Beispiel zwei Schichten mit den Koordinaten:

- Schicht 1 mit der Bodennummer 1

x/y (links) = 0,0/0,0

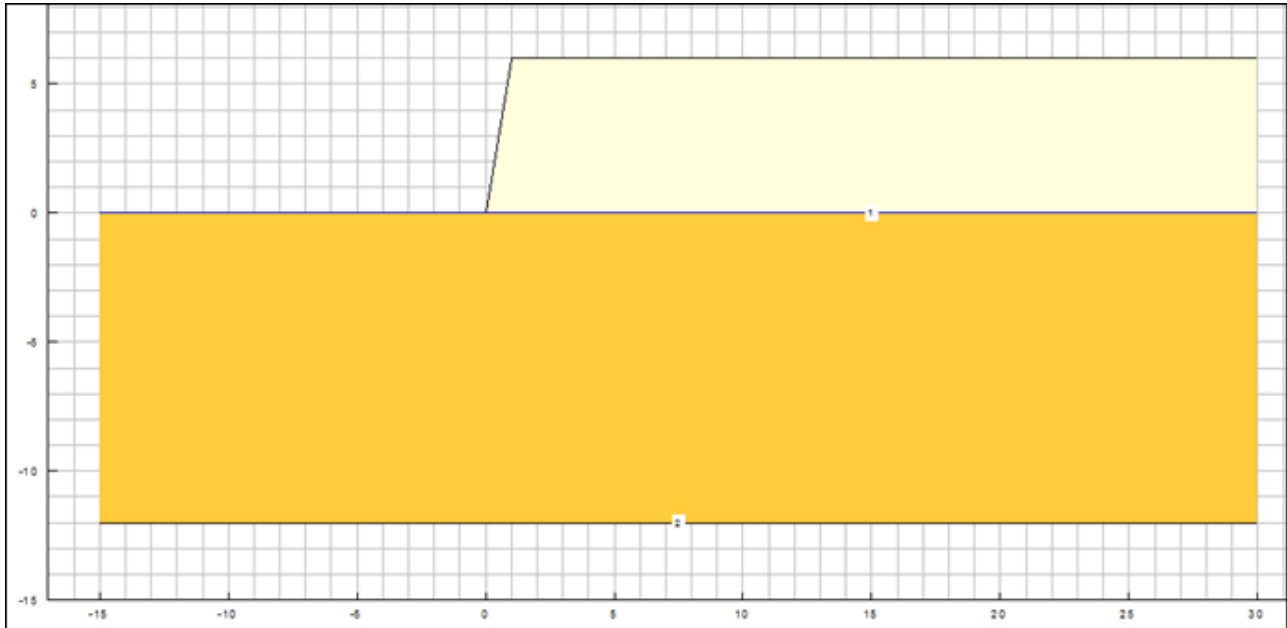
x/y (rechts) = 30,0/0,0

- Schicht 2 mit der Bodennummer 2

x/y (links) = -15,0/-12,0

x/y (rechts) = 30,0/-12,0

Sie erhalten folgendes System dargestellt:



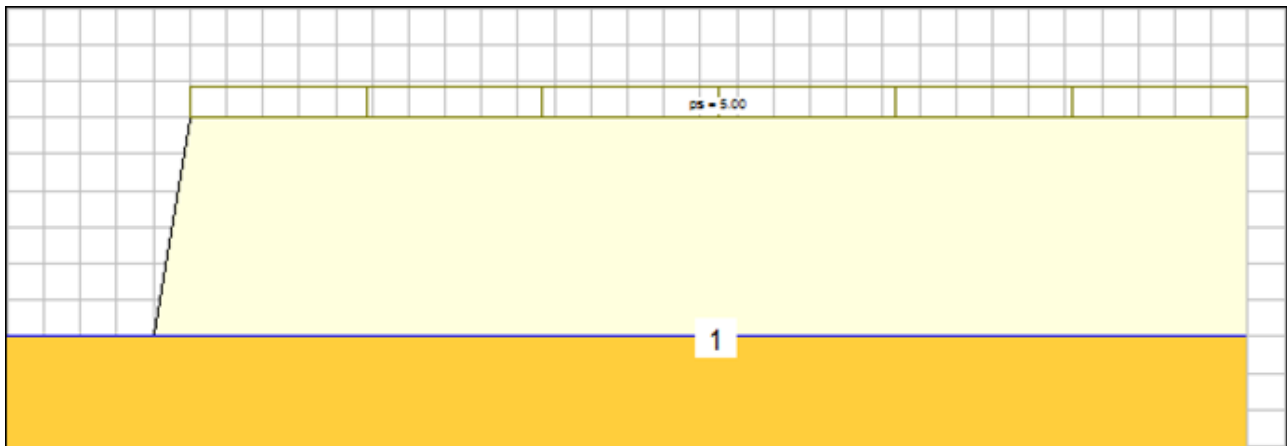
Die Bodenfarben können Sie über die Legende der Bodenkennwerte ändern. Klicken Sie mit der linken Maustaste in die Legende und in der sich öffnenden Editorbox auf den Knopf "**Farben**" (siehe Menüeintrag "**Editor 1 / Legende Bodenkennwerte**").

7.1.8 GGU-STABILITY: Schritt 7: Wasserstände und Last eingeben (Bsp. 1)

Zur Berechnung des horizontalen und des vertikalen Wasserdrucks oberhalb von Böschungsbereichen benötigt das Programm weiterhin die Wasserstände vor der Böschung links und rechts. Beim Programmstart sind hier Werte von jeweils 0,0 m voreingestellt (siehe erste Dialogbox in "**Schritt 7: Bodenkennwerte eingeben (Bsp. 1)**"). Wasserstände können über den Menüeintrag "**Editor 2 / Wasserstände**" mit der linken bzw. rechten Maustaste gesetzt werden. Das Beispiel beinhaltet eine Böschung ohne Wassereinstau, so dass diese Werte nicht verändert werden müssen.

Die ständige Last von 5 kN/m² in unserem Beispielsystem wird über den Menüeintrag "**Editor 2 / Lasten/Einzelkräfte**" mit der Maus in Analogie zu den vorherigen Eingaben definiert. Sie entscheiden in einer Dialogbox zunächst über die Art der Last. Für das Beispiel klicken Sie auf den Knopf "**Ständige Lasten**". Anschließend erhalten Sie die Info zur Durchführung und klicken danach den linken und rechten oberen Böschungspunkt an. In der folgenden Dialogbox geben Sie als Größe der Last für beide Seiten **5 kN/m²** ein.

Die Last wird auf der Böschung eingezeichnet:



7.1.9 GGU-STABILITY: Schritt 8: Bodenkennwerte eingeben (Bsp. 1)

Damit ist die Böschungsgeometrie beschrieben. Sie müssen jetzt nur noch die Bodenkennwerte eingeben. Wählen Sie unter dem Menütitel "**Editor 1**" den Menüeintrag "**eingeben**". Sie erhalten die Dialogbox zur Eingabe der Systemwerte per Hand. Die jeweils hinter den Bezeichnungen angegebenen Zahlen in Klammern zeigen Ihnen, wie viele Punkte, Schichten, etc. definiert sind.

System eingeben

☒ Bildkoordinaten neu nach "fertig"

Gleitkörperbewegung nach ☒ links ☐ rechts

Wasserstand vor der Böschung links [m]:

Wasserstand vor der Böschung rechts [m]:

gamma Wasser [kN/m³]:

Anzahl Lamellen:

Geländepunkte [4] Bodenkennwerte [1]

Bodenschichten [2] Porenwasserdruck [2]

Ständige Lasten [1] + Verkehrslasten [0]

Einzelkräfte [0] Arteser

Erdbeben Erddübel [0]

Geosynthetics [6] Zugglieder [0]

Hor. Flächenlasten [0]

fertig

Wählen Sie den Knopf "**Bodenkennwerte [1]**" und klicken Sie in der Dialogbox zunächst auf den Knopf "**1 Böden ändern**". Geben Sie für die Anzahl der Böden eine "**2**" ein und bestätigen Sie mit "**OK**". Ändern Sie nun die Bodenkennwerte entsprechend der folgenden Dialogbox.

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	Bezeichnung	dränert
1	30.00	0.00	20.00	75.00	85.00	Schluff	☒
2	35.00	0.00	19.00	75.00	85.00	Sand	☒

Verlassen Sie diese und die vorherige Box nach der Eingabe über den Knopf "**fertig**".

7.1.10 GGU-STABILITY: Schritt 9: Bewehrte-Erde-Wand einstellen (Bsp. 1)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**" und aktivieren Sie den Knopf "**Wand berechnen**". Wählen Sie im Bereich "**Wand besteht aus:**" als Vernagelungselement "**Geosynthetics**" aus.

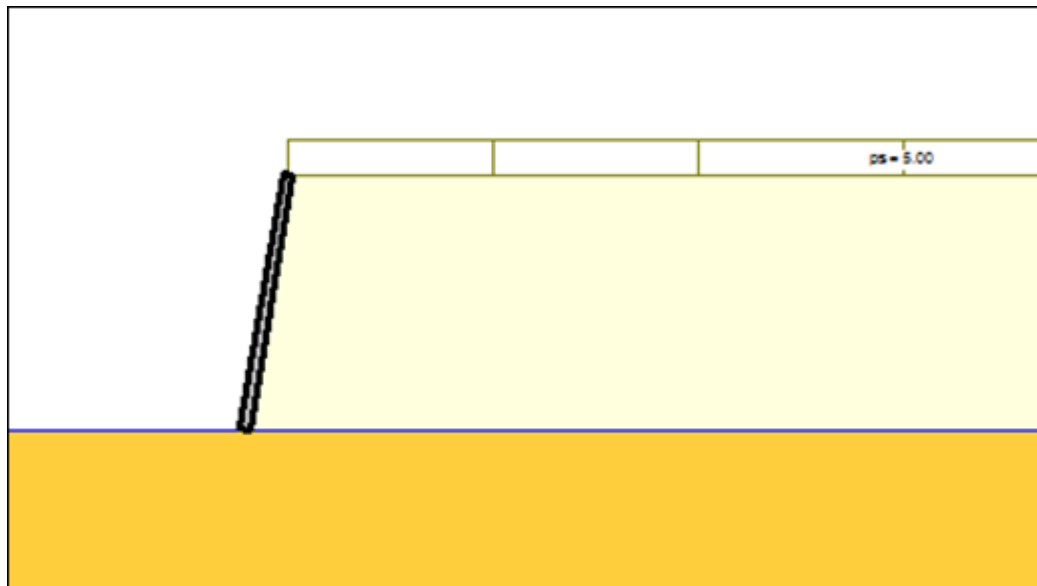
Wand einstellen

Wandberechnung
☒ Wand berechnen

Wand besteht aus:
 Geosynthetics

Kantendefinition
 Anzahl Kanten: 1
 Kante 1: 2 Kante 4:

Die Kanten sind die Abschnitte des definierten Geländepolygonzuges. Sie werden von links nach rechts durchnummeriert. Durch die Zuweisung der (Kanten-)Nummer definieren Sie, welcher Abschnitt des Geländepolygonzuges die bewehrte Böschungskante ist (siehe auch Abbildung zur Kantenummerierung im Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**"). Weisen Sie der "**Kante 1**" die Nummer **2** zu, da dies die bewehrte Böschungskante im Beispielsystem ist. Übernehmen Sie die sonstigen Voreinstellungen mit "**OK**". Die bewehrte Böschungskante wird hervorgehoben.



7.1.11 GGU-STABILITY: Schritt 10: Geosynthetics generieren (Bsp. 1)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Nagelwand / generieren**". Sie erhalten die folgende Dialogbox. Wenn bereits Geosynthetics generiert wurden, aktivieren Sie den Schalter "**Vorhandene Geosynthetics löschen**".

EC 7
×

Geosynthetic

Fortrac 55/30-20 T
▼

Fk [kN/m] = 55.00
Rd [kN/m] = 23.02
 μ [-] = 0.90

A1 (Kriechen)

120 Jahre
▼

A1 [-] = 1.52

A2 (Transport, Einbau und Verdichtung)

d90<2mm
▼

A2 [-] = 1.09

A3 (Fugen, Überlappungen, Nähte und Anschlüsse)

A3 [-] = 1.00

A4 (Umgebungseinflüsse)

pH 4-9
▼

A4 [-] = 1.03

OK

Abbruch

☒ Vorhandene Geosynthetics löschen

☐ Verkehrslasten berücksichtigen

Geometrie
 1. Geos. unten [m]:

0.500

(in m über UK Wand)
 Vertikalabstand [m]:

1.000

 Länge unten [m]:

6.000

 Länge oben [m]:

6.000

 Neigung [°]:

0.000

 R0 [kN/m]:

0.000

 Rückschlag oben [m]:

0.100

(in m unter OK Wand)

?

 Teilsicherheit (Geos.) [-]: 1.400

Übernehmen Sie die obigen Einstellungen mit "OK". Es werden 6 neue Geosynthetics erzeugt. Nach Bestätigung einer entsprechenden Meldung öffnet sich sofort eine Abfragebox. Beantworten Sie die Frage "**Gleitflächen neu generieren?**" mit "**nein**", werden die neuen Geosynthetics im System dargestellt und die eingestellten Werte in einer Tabelle in der "**Legende Nagelkräfte**" aufgeführt.

Im Normalfall und auch für unser Beispiel beantworten Sie die Abfrage nach der Gleitflächengenerierung mit "**ja**". Lassen Sie einen Schnittpunkt erzeugen, falls die Ansatzpunkte der Geosynthetics nicht im Bereich der Wand liegen.

7.1.12 GGU-STABILITY: Schritt 11: Gleitflächen generieren (Bsp. 1)

Nach Beantwortung der Frage "**Gleitflächen neu generieren?**" mit "**ja**" erhalten Sie dieselbe Dialogbox, die Sie auch über den Menüeintrag "**Nagelwand / Gleitflächen generieren**" aufrufen können. Es werden Gleitflächen mit 2 Polygonabschnitten erzeugt (Zweikörperbruchmechanismus).

The screenshot shows a dialog box titled "Gleitflächen generieren" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following settings:

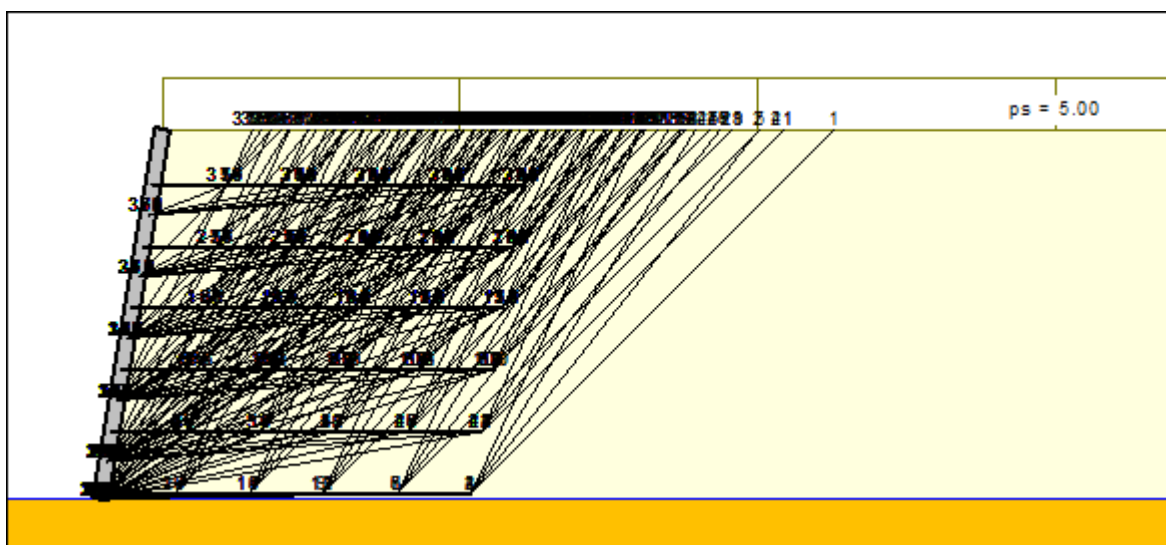
- ☒ vorhandene Gleitflächen löschen
- aktiver Erddruckkeil
 - min. Neigung [°]: 45.0
 - max. Neigung [°]: 65.0
 - Anzahl Unterteilungen: 2
- Gleitflächen
 - ☐ nur vom untersten Nagel
 - Ansatzpunkt unter Nagelkopf [m]: 0.50
 - ☐ Ansatzpunkt auch für untersten Nagel verwenden (sonst Ansatzpunkt = UK Wand)
 - Anzahl Schnittpunkte auf Nagel: 5
 - ☒ nur einsinnig gekrümmte erzeugen
 - ☐ Engmaschige Generierung der Gleitflächen

At the bottom, there are two buttons: "OK" and "Abbruch".

Im oberen Bereich der Dialogbox definieren Sie die Neigungen der hinteren Gleitlinie, die für den aktiven Erddruck auf das System zuständig ist. Es werden die beiden angegebenen Neigungen als Grenzwerte verwendet. Zwischen diesen wird, wenn der Wert "**Anzahl Unterteilungen**" > 0 ist, entsprechend häufig unterteilt.

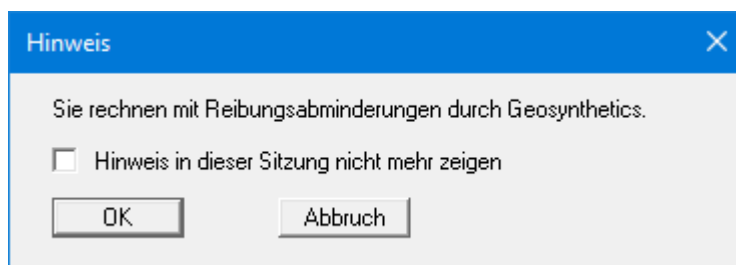
Im unteren Bereich der Dialogbox definieren Sie die Lage der vorderen Gleitlinie. Wenn der Schalter "**nur vom untersten Nagel**" ausgeschaltet ist, werden zusätzlich Gleitlinien von den darüber liegenden Geosynthetics erzeugt. Diese beginnen am jeweiligen Geosynthetic-Kopf bzw. in einer bestimmten Entfernung darunter, die Sie hinter "**Ansatzpunkt unter Nagelkopf [m]**" eingeben können. Die Gleitlinien enden am Geosynthetic-Fuß, wenn die Gleitlinie eine positive Neigung aufweist, ansonsten wird die Gleitlinie verworfen (gilt nicht für unterstes Geosynthetic). Wenn der Wert "**Anzahl Schnittpunkte auf Nagel**" > 0 ist, werden zusätzliche Gleitflächen erzeugt, die das jeweilige Geosynthetic schneiden.

In einer Infobox wird die Anzahl der neu generierten Gleitflächen angezeigt. Nach Verlassen der Box werden auf dem Bildschirm die Gleitflächen im System dargestellt.



7.1.13 GGU-STABILITY: Schritt 11: Böschung berechnen (Bsp. 1)

Nach der Definition der Gleitkörper können Sie das System berechnen. Wählen Sie im Menütitel "**Ausnutzungsgrade**" den Menüeintrag "**Gleitkörper berechnen**". Es erscheint zunächst der folgende Hinweis:



Wenn die Gleitfuge auf einem Geosynthetic verläuft, wird der Tangens des Reibungswinkels mit dem Abminderungswert μ des Geosynthetics multipliziert und entsprechend in die Berechnung eingesetzt. Nach Bestätigung des Hinweises erhalten Sie die folgende Dialogbox:

Berechnung nach Janbu starten

☐ Graphik während der Berechnung

Gleitkörperbewegung nach ☒ links ☐ rechts

☒ Passiven Erddruckkeil prüfen

Anzahl Lamellen:

Welchen Gleitkörper ?

Alle	Abbruch	vor	zurück					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27

Verändern Sie die Lamellenanzahl entsprechend Ihren Vorstellungen. Wenn der Schalter "**Passiven Erddruckkeil prüfen**" aktiviert ist, prüft das Programm, ob im Erdwiderstandsbereich des jeweiligen Gleitkörpers Neigungen auftreten, die steiler sind als $45^\circ - \varphi/2$. Entsprechende Gleitkörper werden nicht untersucht. Geben Sie eine Gleitkörperbewegung nach "**links**" vor. Starten Sie die Berechnung für alle Gleitkörper mit dem Knopf "**Alle**". Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie eine Statistik über den Rechenlauf.

Neben der Standsicherheit werden jetzt auch die maximalen Geosynthetic-Kräfte aus der Gleitkörpervariation bestimmt. Nach Bestätigen mit "**OK**" wird der Gleitkörper mit der geringsten Sicherheit dargestellt. Wählen Sie im Menütitel "**Ausnutungsgrade**" den Menüeintrag "**einzelnen Gleitkörper darstellen**" oder "**alle**", um gegebenenfalls andere Gleitkörper oder alle Gleitkörper darzustellen.

7.1.14 GGU-STABILITY: Schritt 12: Auswerten und Darstellen der Ergebnisse (Bsp. 1)

Falls gewünscht können Sie jetzt Gleitsicherheit, Kippsicherheit und Grundbruchsicherheit berechnen (Menüeintrag "**Nagelwand / Gleiten, Kippen, Grundbruch**"). Es wird dann der aktive Erddruck auf die Bewehrte-Erde-Wand auch mit Kohäsion berechnet, der für die drei Nachweise erforderlich ist.

Eine weitere Auswertung führen Sie über die Menüeinträge "**Nagelwand / Maximale Nagelkräfte**" und "**Nagelwand / Erddruck + Gewicht berechnen**" durch.

Auf dem Ausgabeblatt werden Legenden mit den Berechnungsgrundlagen und -ergebnissen dargestellt. Positionieren Sie die Legenden nach eigenem Belieben über den Menüeintrag "**Editor 1 / Objekte verschieben**" oder nach Drücken der [**F11**]-Taste mit der Maus. Eine Bearbeitung der Legenden führen Sie am schnellsten durch, indem Sie mit einem Doppelklick der linken Maustaste daraufklicken und anschließend in den Editorboxen Ihre Einstellungen eingeben.

Fügen Sie einen Firmenkopf ein. Dazu aktivieren Sie das "**CAD für Kopfdaten**" durch Klicken auf "**Ansicht / CAD für Kopfdaten**" und laden im Popupmenü über das Smarticon "**laden**" den Beispielkopf "**GGU-STABILITY-d.KPF**". Speichern Sie die Anlage, wenn gewünscht, auf Ihre Festplatte (Menüeintrag "**Datei / Speichern unter**").

7.2 Beispiel 2 - Dateneingabe von Hand

7.2.1 GGU-STABILITY: Schritt 1: System einstellen (Bsp. 2)

Die Dateneingabe "**von Hand**" wird aus eigener Erfahrung meist nur noch zur Korrektur von Geometrien benutzt, die mit der Maus eingegeben wurden. Dennoch soll diese Eingabeform nachfolgend an einem etwas komplizierteren Beispiel erläutert werden. Zum besseren Verständnis sollten Sie die nachfolgende Beschreibung parallel am Rechner nachvollziehen.

Nach dem Anstarten des Programms erscheint zunächst das Programmlogo. Wählen Sie den Menüeintrag "**Datei / Neu**" und verlassen Sie die Abfragebox "**Gängige Systeme**" mit "**nein**". Sie erhalten die Dialogbox "**System einstellen**", die Sie ansonsten über den Menütitel "**Editor 1**" aufrufen können. Voreingestellt ist für das System der "**EC 7**" und das Verfahren nach "**Bishop (Kreise / Lamellen)**".

Nach Bestätigen der Einstellungen mit "**OK**" erhalten Sie eine Dialogbox für die Eingabe der Teilsicherheitsbeiwerte. Über den Knopf "**nach DIN 1054:2010**" im Bereich "**Standardwerte**" können Sie die im EC 7 enthaltenen Teilsicherheiten für die verschiedenen Lastfälle in die Dialogbox übernehmen lassen. Für dieses Beispiel sollen die Teilsicherheitsbeiwerte für den Lastfall **BS-P** verwendet werden.

Haben Sie bereits mit dem Programm gearbeitet, kontrollieren und aktivieren Sie gegebenenfalls die oben genannten Schalter im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**".

7.2.2 Schritt 2: Systemdaten eingeben (Bsp. 2)

7.2.2.1 GGU-STABILITY: Systemdaten eingeben - Zentrale Eingabebox (Bsp. 2)

Wählen Sie aus dem Menütitel "**Editor 1**" den Menüeintrag "**eingeben**". Sie erhalten danach die zentrale Eingabebox für das zu bearbeitende System. Geben Sie die dargestellten Werte für den Wasserstand ein. Zur weiteren Eingabe Ihres Systems klicken Sie auf die relevanten Knöpfe und geben in den jeweiligen Dialogboxen Ihre Werte ein. In den folgenden Abschnitten finden Sie nähere Erläuterungen zu den einzelnen Knöpfen. Nach Abschluss Ihrer Eingaben wählen Sie den Knopf "**fertig**".

System eingeben

☒ Bildkoordinaten neu nach "fertig"

Gleitkörperbewegung nach ☒ links ☐ rechts

Wasserstand vor der Böschung links [m]: 70.000

Wasserstand vor der Böschung rechts [m]: 74.500

gamma Wasser [kN/m³]: 10.000

Anzahl Lamellen: 100

Geländepunkte [0] Bodenkennwerte [1]

Bodenschichten [0] Porenwasserdruck [0]

Ständige Lasten [0] + Verkehrslasten [0]

Einzelkräfte [0] Arteser

Erdbeben Erddübel [0]

Geosynthetics [0] Zugglieder [0]

Hor. Flächenlasten [0]

fertig

Für noch nicht so erfahrene Anwender ist es sinnvoll, dass die durchgeführten Eingaben und Einstellungen direkt nach Verlassen der obigen Dialogbox auf dem Bildschirm dargestellt werden. Der Schalter "**Bildkoordinaten neu nach "fertig"**" ist daher in der Grundeinstellung des Programms aktiviert. Nach der Einarbeitung kann dieser stete Neuaufbau des Bildschirms erfahreneren Anwendern lästig werden, die diesen Schalter dann deaktivieren. Das Programm **GGU-STABILITY** startet beim nächsten Mal mit der zuletzt gemachten Einstellung, unabhängig davon, ob eine Datei geladen wird oder eine Neueingabe erfolgt.

Bei einer Wandberechnung (siehe Menütitel "**Nagelwand**") ist zurzeit nur die Wahl nach links brechender Böschungen möglich.

Hinweis zu Wasserständen:

Aus diesen Wasserständen berechnet das Programm die Wasserauflast im Bereich einer Lamelle und die horizontale Beanspruchung der Böschung infolge des Wasserdrucks. Liegt ein Wasserstand unterhalb der Geländelinie, so ist dieser Wasserstand ohne Bedeutung für die Berechnung.

Hinweis zur Lamellenanzahl:

Kleine Lamellenanzahl bedeutet geringe Rechenzeit und verminderte Genauigkeit. Große Lamellenanzahl bedeutet entsprechend hohe Rechenzeit mit erhöhter Genauigkeit. Die minimal erforderliche Lamellenanzahl ist weiterhin auch von der Komplexität der Böschung abhängig. So erfordert eine Böschung mit stark geschichtetem Aufbau eine höhere Lamellenanzahl als eine homogene Böschung. Empfehlenswert ist eine Berechnung mit einer Lamellenanzahl von mindestens 50.

7.2.2.2 GGU-STABILITY: Systemdaten eingeben - Geländepunkte (Bsp. 2)

Als nächstes müssen die Koordinaten der Geländepunkte eingegeben werden. Wählen Sie dazu den Knopf "Geländepunkte".

Das Beispielsystem besitzt 8 Geländepunkte. Um die Anzahl der Geländepunkte zu verändern, wählen Sie nun "0 Geländepunkte ändern". Geben Sie anschließend **8** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "OK". Sie können nun die 8 Koordinatenpaare (x/y) eingeben. Das Beispiel erfordert die Eingabe von folgenden Werten:

Nr	x [m]	y [m]
1	0.0000	70.0000
2	6.0000	70.0000
3	16.0000	75.0000
4	21.0000	75.0000
5	36.0000	70.0000
6	44.0000	70.0000
7	53.0000	67.0000
8	60.0000	67.0000

Hinweis zu Geländepunkten:

Nach dem Verlassen der Dialogbox über den Knopf "fertig" werden die Koordinatenpaare nach aufsteigenden x-Werten sortiert. Dadurch ist ein einfaches Löschen von Geländepunkten bzw. Einfügen von Geländepunkten möglich. Das Löschen eines Punktes können Sie durch Eingabe eines großen x-Wertes und anschließender Reduzierung der Anzahl der Geländepunkte um 1 erreichen. Das Einfügen eines Punktes wird durch Erhöhung der Anzahl der Geländepunkte um 1 und der anschließenden Eingabe des Koordinatenpaares am Ende der Tabelle bewirkt. Noch einfacher können Sie **überflüssige** Geländepunkte mit der Maus ändern (siehe "Beispiel 1- Dateneingabe mit der Maus", "Schritt 4: Geländepunkte eingeben (Bsp. 1)").

In der Dialogbox werden parallel maximal 32 Wertepaare dargestellt. Wenn das System mehr als 32 Wertepaare besitzt, dann können Sie mit den Knöpfen "**vor**" und "**zurück**" in der Tabelle blättern.

Noch einfacher können Sie Geländepunkte über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die x-/y-Koordinaten Ihrer Geländepunkte beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die beiden Spalten mit den Werten in die Zwischenablage ("**Bearbeiten / Kopieren**") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf "**Klemmbrett lesen**" in der obigen Dialogbox einfügen.

7.2.2.3 GGU-STABILITY: Systemdaten eingeben - Bodenkennwerte (Bsp. 2)

Als nächstes müssen die Bodenkennwerte des Systems eingegeben werden. Klicken Sie dazu auf den Knopf "**Bodenkennwerte**" in der zentralen Dialogbox. Sie erhalten die folgende Dialogbox:

The dialog box 'Bodenkennwerte' has a blue title bar with a close button. It contains several buttons at the top: 'vor', 'zurück', 'Abbruch', 'fertig', 'Böden tauschen', 'Gängige Böden', 'speichern', and 'laden'. Below these are buttons for '1 Böden ändern', '?', '?', '?', and '?'. The main area is a table with the following columns: 'Nr', 'phi [°]', 'c [kN/m²]', 'gamma [kN/m³]', 'qs,k [kN/m²]', 'max psi(A) [°]', 'Bezeichnung', and 'dräniert'. The first row shows data for 'Sand' with values: phi=32.50, c=0.00, gamma=20.00, qs,k=75.00, max psi(A)=85.00, and 'dräniert' is checked.

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	Bezeichnung	dräniert
1	32.50	0.00	20.00	75.00	85.00	Sand	☒

Für jeden Boden ist die Angabe von Reibungswinkel, Kohäsion, Wichte und Porenwasserdruckbeiwert erforderlich.

In gesättigten Bereichen geben Sie die Wichte des gesättigten Bodens ein. In nicht gesättigten Bereichen wird die Wichte des feuchten Bodens eingegeben.

Als Wichte darf unter keinen Umständen die Wichte des Bodens unter Auftrieb eingegeben werden, da das Programm vertikale Wasserdrücke über Porenwasserdrücke berücksichtigt und damit den genauesten Ansatz enthält.

Das Beispielsystem besitzt 3 unterschiedliche Böden. Um die Anzahl der Böden zu verändern, wählen Sie den Knopf "**1 Böden ändern**". Geben Sie eine **3** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "**OK**". Geben Sie nun die Bodenkennwerte für das Beispiel 2 gemäß der folgenden Dialogbox ein:

The dialog box 'Bodenkennwerte' is the same as in the previous screenshot, but the '1 Böden ändern' button is replaced by '3 Böden ändern'. The table now contains three rows of data for different soil types.

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	Bezeichnung	dräniert
1	32.50	0.00	19.00	50.00	85.00	Sand	☒
2	20.00	20.00	20.00	50.00	85.00	Ton	☒
3	15.00	5.00	16.00	50.00	85.00	Klei	☒

7.2.2.4 GGU-STABILITY: Systemdaten eingeben - Bodenschichten (Bsp. 2)

Jetzt wird die Lage der Bodenschichten eingegeben. Mit den Bodenschichten wird die Schichtung der Böschung beschrieben. Eine Bodenschicht wird über eine Polygonlinie mit zwei x-/y-Koordinatenpaaren als Unterkante einer darüberliegenden Bodensäule definiert. Der Bereich über diesen beiden Koordinatenpaaren erhält die Bodenkennwerte des ebenfalls anzugebenden Bodens (als Nummer gemäß der Nummerierung in der Dialogbox Knopf "**Bodenkennwerte**"). Die Bodenschichten (Säulen) verlängern sich nach oben bis zur Geländelinie bzw. bis zur Unterkante einer eventuell darüber liegenden Bodenschicht. Die Eingabe der Bodenschichten muss derart erfolgen, dass in allen denkbaren vertikalen Schnitten immer die Bodenschicht, die über einer anderen liegt, die niedrigere Schichtnummer (Schichtnummer: nicht verwechseln mit Bodennummer!!) aufweist. Diese Bedingung wird vom Programm überprüft. Ist die Bedingung nicht eingehalten, erfolgt eine Fehlermeldung mit der Angabe der entsprechenden Schichtnummer und der Möglichkeit der Korrektur. Fehleingaben sind damit ausgeschlossen.

Das Beispielsystem besitzt 10 Bodenschichten. Wählen Sie zunächst den Knopf "**Bodenschichten**". Um die Anzahl der Bodenschichten zu verändern, wählen Sie nun "**0 Schichten ändern**". Geben Sie anschließend **10** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "**OK**". Das Beispiel erfordert die Eingabe von folgenden Werten:

Mark.	Nr	x(links) [m]	y(links) [m]	x(rechts) [m]	y(rechts) [m]	Boden-Nr
☐	1	17.8400	75.0000	34.8400	69.0000	2
☐	2	34.8400	69.0000	42.8400	69.0000	2
☐	3	42.8400	69.0000	51.8400	66.0000	2
☐	4	51.7400	66.0000	60.0000	66.0000	2
☐	5	8.0000	67.0000	20.0000	68.0000	1
☐	6	20.0000	68.0000	35.0000	66.5000	1
☐	7	8.0000	67.0000	19.0000	65.0000	3
☐	8	19.0000	65.0000	27.0000	65.0000	3
☐	9	27.0000	65.0000	35.0000	66.5000	3
☐	10	0.0000	60.0000	60.0000	60.0000	1

Die Dialogbox für die Bodenschichten enthält gegenüber den entsprechenden Boxen für die Geländepunkte bzw. Bodenkennwerte zwei zusätzliche Knöpfe

- "**ausschneiden**" und

- "einfügen".

Weiterhin sind vor den einzelnen Schichtwerten Auswahlschalter angeordnet. Um eine Schicht zu löschen, müssen Sie den Schalter der zu löschenden Schicht anklicken und anschließend den Knopf "**ausschneiden**" anwählen. Die Schicht wird daraufhin gelöscht. Die Werte der Schicht werden in einen internen Puffer kopiert und bei einem eventuell erforderlichen "**einfügen**" als neue Werte für die eingefügte Schicht übernommen. Damit ist ein einfaches Umordnen von Schichten möglich. Das Einfügen von Schichten läuft analog zum Ausschneiden ab. Die neue Schicht wird vor der markierten Schicht eingefügt. Das korrekte Sortieren kann auch dem Programm überlassen werden, indem Sie im Menütitel "**Editor 1**" den Menüeintrag "**System testen**" anwählen. Das Programm findet entsprechende Unstimmigkeiten und bietet eine Korrekturmöglichkeit an.

Noch einfacher können Sie Bodenschichten über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die Angaben zu den Bodenschichten beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die entsprechenden Spalten in die Windows-Zwischenablage ("*Bearbeiten / Kopieren*") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf "**Klemmbrett lesen**" in der obigen Dialogbox einlesen.

BodenNr. 2		BodenNr. 1		BodenNr. 3		BodenNr. 1	
x	y	x	y	x	y	x	y
17,85	75	8	67	8	67	0	60
34,84	69	20	68	19	65	60	60
42,84	69	35	66,5	27	65		
51,84	66			35	66,5		
60	60						

Bei zusammenhängenden Bodenschichten wird automatisch der Endpunkt der ersten Linie als Startpunkt der neuen Linie übernommen. Beim Einlesen von Koordinatenpaaren wird Ihnen in einer Dialogbox jeweils angezeigt, wie viele Schichten Sie damit definieren. Sie ordnen hier auch gleich die Bodennummer zu, so dass die Bodenkennwerte für diese Bodenschicht definiert sind.

Wenn Sie aus der obigen Exceltabelle die Koordinaten für die Schichten kopieren, die die BodenNr. 2 haben sollen, und auf "**Klemmbrett lesen**" klicken, erscheint daher folgende Dialogbox. Die Schichten sollen den bereits definierten Schichten hinzugefügt werden, daher ist der Schalter "**Hinzu lesen**" aktiviert.

Bestätigen

4 Schichten vorhanden
Neue Schichten erhalten folgende Boden-Nr.

Boden-Nr:

☒ Hinzu lesen

OK Abbruch

Vor dem Einlesen der Koordinaten wählen Sie die Bodennummer aus, für die Sie die Schichtdaten einfügen. Bei einem ganz neuen System werden die Schichten (Bodensäulen) in die obige Dialogbox übernommen und wie nachfolgend dargestellt:

Schichten [X]

Mark.	Nr	x(links) [m]	y(links) [m]	x(rechts) [m]	y(rechts) [m]	Boden-Nr
☐	1	17.8500	75.0000	34.8400	69.0000	2
☐	2	34.8400	69.0000	42.8400	69.0000	2
☐	3	42.8400	69.0000	51.8400	66.0000	2
☐	4	51.8400	66.0000	60.0000	60.0000	2

7.2.2.5 GGU-STABILITY: Systemdaten eingeben - Porenwasserdruck (Bsp. 2)

Jetzt werden die Koordinaten der Porenwasserdrucklinie als Polygonzug eingegeben. Die x-Werte des Polygonzuges müssen von links nach rechts zunehmen. Aus dem vertikalen Abstand zwischen dem jeweiligen Lamellenfußpunkt und dem darüber befindlichen Punkt der Porenwasserdrucklinie berechnet das Programm den für die entsprechende Lamelle gültigen Porenwasserdruck (u). Liegt die Porenwasserdrucklinie unter dem Lamellenfußpunkt, so wird der Porenwasserdruck zu Null gesetzt.

Die Porenwasserdrucklinie muss den gesamten Bereich erfassen, der bei der späteren Berechnung mit Gleitkörpern untersucht werden soll. Sind Porenwasserdrücke nicht vorhanden, so kann einfach eine Porenwasserdrucklinie definiert werden, die aus zwei Punkten besteht und unterhalb möglicher y-Werte von Lamellenfußpunkten liegt.

Ist in der Böschung eine Sickerlinie vorhanden, so ist diese Sickerlinie im Allgemeinen eine Porenwasserdrucklinie.

Das Beispielsystem besitzt 5 Porenwasserdruck-Punkte. Wählen Sie zunächst den Knopf "**Porenwasserdruck**" in der zentralen Dialogbox und ändern Sie die Anzahl der Porenwasserdruckpunkte über den Knopf "**0 PW-Pkte ändern**" auf **5**. Geben Sie die Werte der folgenden Dialogbox ein:

Porenwasserdruck-Punkte [X]

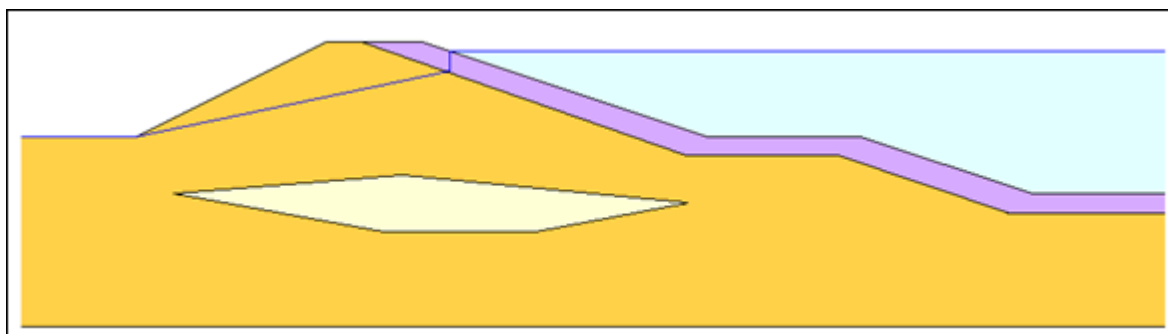
Nr	x [m]	y [m]
1	0.0000	70.0000
2	6.0000	70.0000
3	22.4900	73.4500
4	22.5000	74.5000
5	60.0000	74.5000

Hinsichtlich Löschen und Einfügen von Porenwasserdruck-Punkten siehe Hinweis unter "**Systemdaten eingeben - Geländepunkte (Bsp. 2)**".

Auch die Porenwasserdruckpunkte können Sie über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die x-/y-Koordinaten Ihrer Porenwasserdruckpunkte beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die beiden Spalten mit den Werten in die Windows-Zwischenablage ("*Bearbeiten / Kopieren*") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf "**Klemmbrett lesen**" in der obigen Dialogbox einfügen.

7.2.3 GGU-STABILITY: Schritt 3: Systemdaten testen und sichern (Bsp. 2)

Nach Abschluss der Eingabe können Sie im Menütitel "**Editor 1**" den Menüeintrag "**System testen**" wählen und die Korrektheit Ihrer Systemeingabe vom Programm überprüfen lassen. Wenn Fehler festgestellt werden, erfolgt eine Fehlermeldung mit Hinweis auf den fehlerhaften Teil des Datensatzes. Das Programm bietet dann zu allen Fehleingaben eine Korrekturmöglichkeit an. Auf dem Bildschirm wird folgendes System dargestellt:



Sie können nun den erstellten Datensatz abspeichern, um ihn für eine spätere Sitzung wieder verfügbar zu haben. Wählen Sie dazu im Menütitel "**Datei**" den Menüeintrag "**Speichern unter**". Es erscheint die Dateiauswahlbox. Geben Sie den gewünschten Namen der Datei an. Wenn Sie dem Namen keine Endung geben (sinnvoll), dann wird automatisch die Endung "**.boe**" vergeben. Sie sollten grundsätzlich die voreingestellte Endung wählen, da beim Laden von Dateien immer der Filter "**.boe**" gewählt wird. Dadurch wird die Übersichtlichkeit der Dateiauswahlbox erheblich gesteigert.

7.2.4 Schritt 4: Gleitkreise definieren (Bsp. 2)

7.2.4.1 GGU-STABILITY: Mittelpunkte festlegen (Bsp. 2)

Da die Eingabe des Systems abgeschlossen ist, müssen Sie nun die Geometrie der Gleitkreise beschreiben. Zunächst erfolgt die Festlegung der Mittelpunkte. Dafür stehen Ihnen die folgenden Menüeinträge des Menütitels "**Mittelpunkte**" zur Verfügung:

- " **im Viereck festlegen** "

Sie klicken mit der Maus vier Eckpunkte eines Vierecks an. Anschließend können Sie eine Rasterteilung wählen. Entsprechend mit der Größe des Vierecks werden die Mittelpunkte gesetzt (siehe auch Menüeintrag " **Mittelpunkte / im Viereck festlegen** ").

- " **im Rechteck** "

Sie klicken zwei diagonal gegenüberliegende Punkte eines Rechtecks an und geben eine Rasterteilung vor. Entsprechend mit der Größe des Rechtecks werden die Mittelpunkte gesetzt (siehe auch Menüeintrag " **Mittelpunkte / im Rechteck** ").

- " **einzel (graphisch)** "

Sie legen durch Klicken mit der linken Maustaste einzelne Mittelpunkte fest (siehe auch Menüeintrag " **Mittelpunkte / einzeln (graphisch)** ").

- " **einzel (Editor)** "

Sie geben die Koordinaten einzelner Mittelpunkte direkt über die Tastatur ein (siehe auch Menüeintrag " **Mittelpunkte / einzeln (Editor)** ").

Sie können ein vorhandenes Raster jederzeit ergänzen und verfeinern. Sie können dazu auch die oben beschriebenen Verfahren wechseln. Insgesamt können 5000 Gleitkreismittelpunkte eingegeben werden.

Der mit der Maus **anklickbare** Bereich oberhalb der Böschung ist etwas klein. Wählen Sie daher zunächst im Menütitel " **Blatt** " den Menüeintrag " **zoomen** ". Bestätigen Sie den vorgegebenen Zoomfaktor von 0,8 mit " **OK** ". Noch einfacher können Sie mit dem Mausrad in das System zoomen oder es hin- und herschieben (siehe " **Tipps und Tricks: Tastatur und Maus** "). Wählen Sie nun im Menüeintrag " **Mittelpunkte** " den Menüeintrag " **einzel (graphisch)** " und klicken anschließend einige Mittelpunkte vor der Böschung mit der linken Maustaste an. Es bleibt Ihnen freigestellt, jetzt auch einmal eines der anderen Verfahren zur Mittelpunktdefinition zu benutzen.

7.2.4.2 GGU-STABILITY: Suchbereich definieren (Bsp. 2)

Nach Abschluss der Mittelpunktdefinition muss der Suchbereich festgelegt werden. Wählen Sie dazu im Menütitel " **Mittelpunkte** " den Menüeintrag " **Suchbereich definieren** ". Sie erhalten die folgende Dialogbox:

Suchbereich definieren

Allgemein

Suchbereich mit Maus definieren. Berechnete μ werden gelöscht!

☒ auf vorhandene Linien-Endpunkte einrasten

☒ Kreise darstellen

☒ Radien darstellen

Variation von Gleitkreisradien

☒ verwenden von Hand definieren

☐ nur ersten und letzten Kreis darstellen

Anzahl Radien:

☐ Anfangs- und Endradius

☒ Horizontale Tangenten

☐ Vertikale Tangenten

☐ "Senkrechte" Tangenten

Variation über Rechteck- oder Viereckbereiche

☒ verwenden

☒ Linie ☐ 2 Linien

☐ Rechteckiger Suchkasten ☐ 2 rechteckige Suchkästen

☐ Viereckiger Suchkasten ☐ 2 viereckige Suchkästen

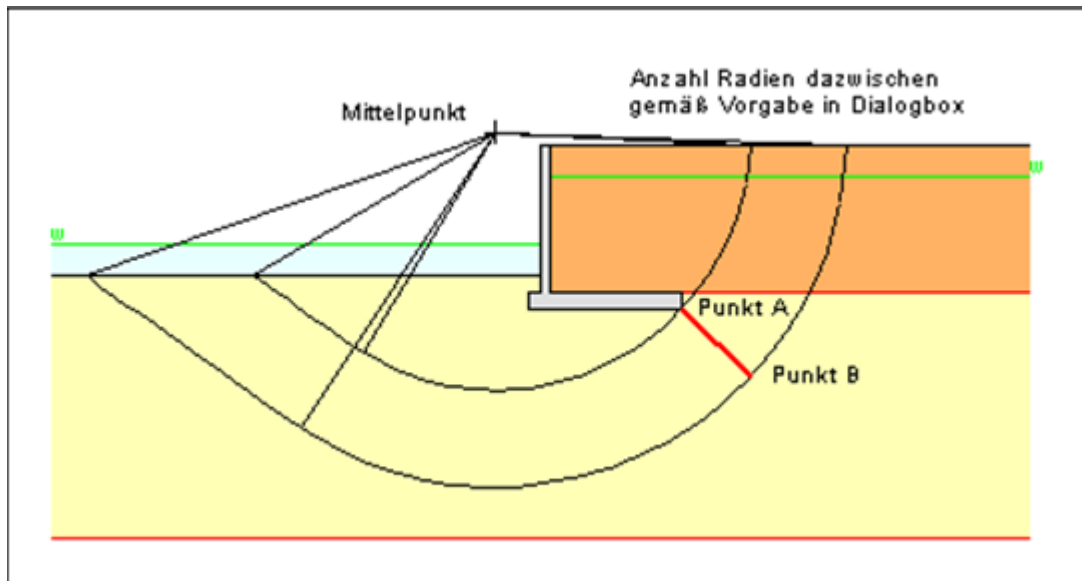
OK Abbruch

Im Bereich "**Allgemein**" haben Sie die Möglichkeit, die Darstellung zu beeinflussen (s. u.). In den beiden anderen Eingabebereichen können Sie den Suchbereich über Gleitkreisradien oder über Rechteck- und Viereckbereiche variieren lassen. Aktivieren Sie dazu den Knopf "**verwenden**" im gewünschten Variations-Bereich. Neben den nachfolgenden Erläuterungen finden Sie weitere Beispiele für die Festlegung des Suchbereiches unter dem Menüeintrag "**Mittelpunkte / Suchbereich definieren**".

Bei der "**Variation über Gleitkreisradien**" wird der Suchbereich durch zwei Punkte A und B gekennzeichnet, die Sie mit der Maus anklicken müssen. Es gibt vier unterschiedliche Formen der Definition:

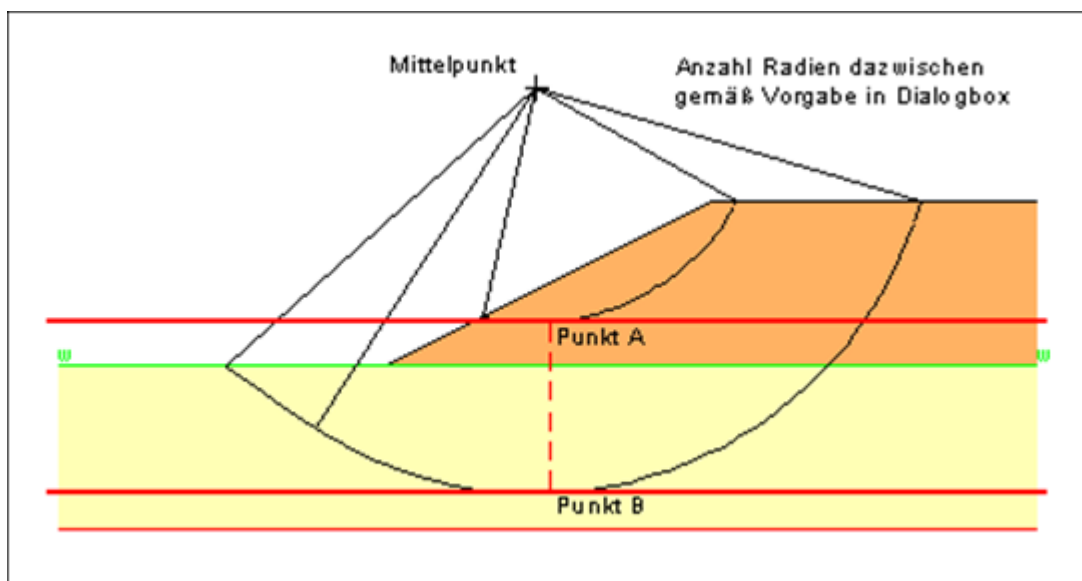
- "**Anfangs- und Endradius**"

Alle Radien gehen durch den Punkt A und den Punkt B. Dazwischen wird entsprechend der von Ihnen vorgegebenen "Anzahl Radien" unterteilt, d.h. es werden entsprechend viele Gleitkreise definiert.



- "Horizontale Tangenten"

Alle Radian berühren eine horizontale Tangente, die durch den Punkt A bzw. den Punkt B festgelegt ist. Dazwischen wird entsprechend der von Ihnen vorgegebenen "Anzahl Radian" unterteilt, d.h. es werden entsprechend viele Gleitkreise definiert.



Wenn die Lage des maßgebenden Suchbereichs aus dem System nicht eindeutig erkennbar ist, ist es sinnvoll, hier für die Punkte A und B **OK Böschung** und **UK System** vorzugeben.

- "Vertikale Tangenten"

Alle Radian berühren eine vertikale Tangente, die durch den Punkt A bzw. den Punkt B festgelegt ist. Dazwischen wird entsprechend der von Ihnen vorgegebenen Anzahl von Radian unterteilt. Dieses Verfahren ist von untergeordneter Bedeutung.

- "Senkrechte Tangenten"

Alle Radien berühren eine Tangente, deren Steigung senkrecht zur Verbindung der Punkte A und den Punkt B festgelegt ist. Dazwischen wird entsprechend der von Ihnen vorgegebenen Anzahl von Radien unterteilt. Dieses Verfahren ist von untergeordneter Bedeutung.

Nach Bestätigen mit " **OK**" klicken Sie zwei Punkte (A und B) innerhalb der Böschung an. Anschließend werden die Grenzradien dargestellt. Falls Sie mit Ihrer Wahl nicht zufrieden sind, können Sie anschließend sofort zwei neue Punkte anklicken.

Hinweis:

Bei einer Grundbruchberechnung mit einem Fundament in der Böschung ist eine Definition des Suchbereichs nicht erforderlich. Es erscheint der Hinweis, dass der Suchbereich automatisch festgelegt wird. Je nach Gleitkörperbewegung wird die linke oder rechte Fundamentkante als Suchradius definiert.

Bei der " **Variation über Rechteck- oder Viereckbereiche**" haben Sie ebenfalls die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Verfahren zu wählen. Nach der Wahl des Verfahrens und Angabe der Unterteilung in einer Dialogbox wird auf dem Bildschirm zunächst das gewählte Element (Linie, rechteckiger Suchkasten, etc.) dargestellt. Auf diese Weise erhalten Sie ein Beispiel für die Anwendung der einzelnen Verfahren und können anschließend analog Ihre eigenen Definitionen treffen.

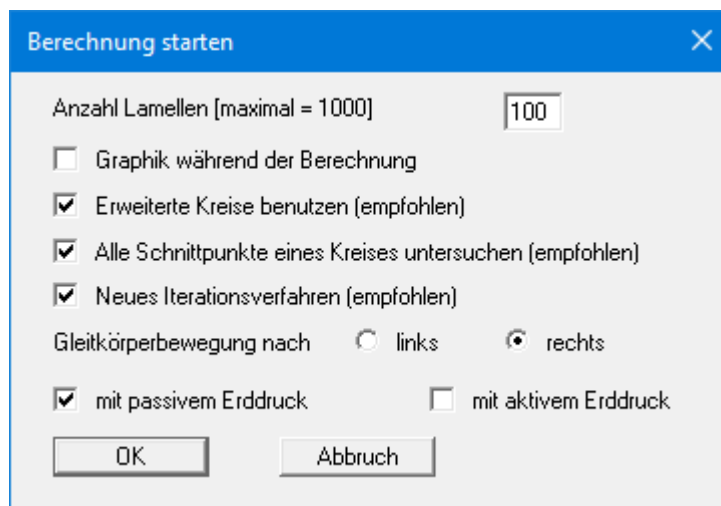
Wählen Sie beispielsweise " **rechteckiger Suchkasten**". Durch die gewählte Rasterunterteilung und die Größe des Kastens, den Sie anschließend auf dem Bildschirm erstellen, variieren Sie Anzahl und Abstand der Gleitkreise. Der Suchbereich wird auf das Raster des Linien- bzw. Kastenbereichs beschränkt. Um dies besser nachzuvollziehen, probieren Sie eine langsame Steigerung der Unterteilungen in x- und y-Richtung ab 1 aufwärts.

Wenn Sie in der obigen Dialogbox den Schalter " **auf vorhandene Linien-Endpunkte einrasten**" aktivieren, wird um den Mauszeiger ein Quadrat dargestellt. Der Mauszeiger rastet dann auf Endpunkte von Geländelinien usw. ein, die beim Klicken in diesem Quadrat liegen.

Wenn Sie in der obigen Dialogbox die Schalter " **Kreise darstellen**" und " **Radien darstellen**" deaktivieren, werden die Grenzradien bei der Festlegung des Suchbereichs nicht dargestellt. Das ist im Allgemeinen nur bei sehr langsamen Rechnern sinnvoll. Ähnliches gilt für den Schalter " **nur ersten und letzten Kreis darstellen**", der bewirkt, dass nur die Grenzradien des ersten und des letzten Mittelpunktes dargestellt werden. Die Schaltereinstellungen haben keinen Einfluss auf die spätere Auswertung der Berechnung.

7.2.5 GGU-STABILITY: Schritt 5: Böschung mit Kreisgleitflächen berechnen (Bsp. 2)

Wenn die Definition Ihren Vorstellungen entspricht, kann die Berechnung gestartet werden. Wählen Sie im Menütitel " **Ausnutzungsgrade**" den Menüeintrag " **berechnen**". Alternativ können Sie auch die Funktionstaste [**F5**] drücken und erhalten dann dieselbe Dialogbox.



Verändern Sie die Lamellenanzahl entsprechend Ihren Vorstellungen. Geben Sie einen Gleitkörperbewegung nach "**rechts**" vor. Der Schalter "**mit passivem Erddruck**" sollte immer aktiviert sein. Dadurch erfolgt die Berücksichtigung eines passiven Erddruckkeils in den Bereichen, in denen die Gleitfuge steiler als unter $45^\circ - \varphi/2$ verläuft. Bestätigen Sie Ihre Eingaben mit "**OK**". Anschließend werden alle Berechnungen entsprechend Ihren Vorgaben durchgeführt.

Wenn Sie die grafische Darstellung während der Berechnung angewählt haben, können Sie den Berechnungsverlauf mit Sicherheitsangabe am Bildschirm verfolgen. Bei sehr vielen Gleitkreisen kann das aber die Rechenzeit stark verlängern. Schalten Sie dann den Schalter "**Graphik während der Berechnung**" aus.

Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie eine Statistik über den Rechenlauf. Nach Bestätigen mit "**OK**" werden die zu jedem Mittelpunkt gehörigen minimalen Sicherheiten dargestellt. Der Gleitkreis mit der geringsten Sicherheit wird zudem grafisch eingetragen. Wenn der ungünstigste Gleitkreismittelpunkt am Rand aller definierten Mittelpunkte liegt und Sie die Lage genauer bestimmen wollen, gehen Sie jetzt zum Menütitel "**Mittelpunkte**" zurück und ergänzen das Mittelpunktraster nach Ihren Bedürfnissen.

7.2.6 GGU-STABILITY: Schritt 6: Auswerten und Darstellen der Ergebnisse (Bsp. 2)

Wenn alles Ihren Vorstellungen entspricht, besteht eine Vielzahl von Auswertemöglichkeiten:

- Wenn Sie mehr als drei Gleitkreismittelpunkte definiert und berechnet haben, können Sie eine Isoliniengrafik über den Menüeintrag "**Ausnutungsgrade / Isolinien**" erzeugen.
- Sie können sich neben dem ungünstigsten Gleitkreis auch andere Gleitkreise darstellen lassen (Menüeintrag "**Ausnutungsgrade / bestimmten**").
- Sie können alle Gleitkreise darstellen lassen (Menüeintrag "**Ausnutungsgrade / alle**").
- Sie können den Porenwasserdruckverlauf auf die Gleitfläche eintragen lassen (Menüeintrag "**Ausnutungsgrade / Einstellung**").

- Sie können sich Zahlenwerte der Berechnung für jeden Gleitkreis mit dem Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade / zeigen/Details**" anzeigen lassen.
- Sie können ein vollständiges Protokoll der Berechnung auf einem Drucker ausgeben (Menüeintrag "**Datei / Protokoll ausgeben**"). Die Ausgabe kann auch auf eine Datei gesteuert werden, um Sie gegebenenfalls z.B. in ein Textprogramm einarbeiten zu können.
- Sie können die Grafik mit dem "**Mini-CAD**" weiter ergänzen und mit Erläuterungen versehen.
- Sie können Ihre Arbeit in einer Datei abspeichern. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Datei / Speichern**" oder "**Datei / Speichern unter**".
- Sie können das Ausgabeblatt auf einem Drucker ausgeben (Menüeintrag "**Datei / Drucken**").

7.2.7 Schritt 7: Polygonale Gleitflächen definieren (Bsp. 2)

7.2.7.1 GGU-STABILITY: Berechnungsverfahren einstellen (Bsp. 2)

Wenn Sie neben der Berechnung der Böschung mit Gleitkreisen jetzt eine Berechnung mit polygonalen Gleitflächen wünschen, wählen Sie den Menütitel "**Editor 1 / System einstellen**".

System einstellen

Norm
☒ EC 7 ☐ DIN 4084:2009 ☐ DIN 4084:1996 ☐ DIN 4084:1981

Berechnung von :
☒ Böschungsbruch ☐ Grundbruch

Verfahren:
☐ Bjshop (Kreise / Lamellen) ☐ Krey (Kreise / Lamellen)
☒ Janbu (Polygone / Lamellen)
☐ Starkkörperbruchmechanismen ☐ Blockgleitmethode

Porenwasserdruckansatz:
☒ Porenwasserdruck-Linie ☐ Porenwasserdruck-Netz

Geosynthetics
☒ Geosynthetics über Firmenprodukte ?
Firma: Hersteller/Manufacturer
☒ Firmenprodukte in Datensatz speichern

Stahlbänder
☐ Stahlbänder verwenden

Drahtgeflechte
☐ Drahtgeflechte verwenden ?

Rüttelstopfverdichtung
☐ Rüttelstopfverdichtung (Priebe) vorhanden

Klüftung
☐ Klüftung vorhanden

Stabilisierungssäulen (StS)
☐ StS vorhanden

Konstruktive Elemente
☐ Aktivierte Kraft durch eta teilen ?

OK Abbruch

Aktivieren Sie im Bereich "**Verfahren:**" den Schalter "**Janbu (Polygone / Lamellen)**". Nach Verlassen der Box mit "**OK**" erhalten Sie wieder die Dialogbox mit den Teilsicherheiten angezeigt. Übernehmen Sie die Werte. In der Menüleiste ist nun anstatt des Menütitels "**Mittelpunkte**" der Menütitel "**Gleitkörper**" sichtbar. Weiterhin haben sich im Menütitel "**Ausnutzungsgrade**" einige Menüeinträge verändert.

7.2.7.2 GGU-STABILITY: Gleitkörper mit Maus definieren (Bsp. 2)

Um einen polygonalen Gleitkörper einzugeben, wählen Sie im Menütitel "**Gleitkörper**" den Menüeintrag "**neuen definieren**". Klicken Sie nun die Punkte eines Gleitkörpers an. Falls Sie versehentlich eine falsche Mausektion ausgeführt haben, der Ihren Gleitkörper **verunstaltet**, drücken Sie einfach die Taste [**Backspace**] und Sie haben wieder den alten Zustand.

Nach der Eingabe des letzten Gleitkörperpunktes müssen Sie die [**Return**]-Taste betätigen, um dem Programm anzuzeigen, dass die Eingabe des Gleitkörpers abgeschlossen ist.

Sie können anschließend sofort mit der Eingabe des nächsten Gleitkörpers beginnen. Dazu können Sie auch über den Menüeintrag "**Gleitkörper / duplizieren**" bereits vorhandene Gleitkörper nutzen, um nur ausgesuchte Gleitkörperpunkte zu verändern. Die beschriebenen Aktionen lassen sich auch ausführen, wenn bereits Gleitkörper berechnet wurden.

Um mit Sicherheit einen Schnittpunkt mit dem Gelände zu erhalten, können Sie den ersten und den letztem Gleitkörperpunkt ruhig etwas über das Gelände legen. Das Programm erzeugt automatisch die entsprechenden Schnittpunkte, nachdem die [**Return**]-Taste gedrückt wurde. Das saubere Positionieren von Gleitkörperpunkten über Schichtgrenzen ist schwierig. Um das zu vereinfachen, können Sie die Maus auch mit den Cursortasten bewegen. Auch das Drücken der linken und der rechten Maustaste können über die Tastatur ausgelöst werden:

- Taste [**Pos1**] = Druck auf linke Maustaste
- Taste [**Ende**] = Druck auf rechte Maustaste

Wenn Sie nicht genau feststellen können, welche Bodenkennwerte im Bereich der Mauszeigerspitze gültig sind, dann drücken Sie gleichzeitig die Tasten [**Shift**] + [**F4**]. Sie erhalten die entsprechenden Informationen in einer Dialogbox. Wenn Sie die Neigung von Gleitkörperlinien bestimmen wollen, drücken Sie die Tastenkombination [**Shift**] + [**F5**]. Eine weitere Vereinfachung der exakten Eingabe von Gleitkörperpunkten kann auch durch die Aktivierung der Lupe (Menüeintrag "**Ansicht / Lupe**") erreicht werden.

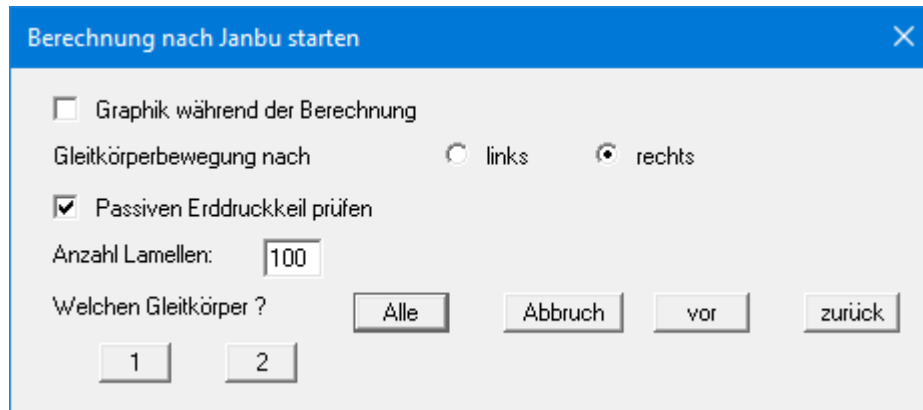
7.2.7.3 GGU-STABILITY: Gleitkörper über Editor definieren (Bsp. 2)

Neben der Eingabe von Gleitkörpern über die Maus können Sie die Gleitkörper auch über einen Editor definieren. Wählen Sie dazu im Menütitel "**Gleitkörper**" den Menüeintrag "**editieren**".

Klicken Sie in der zunächst erscheinenden Auswahlbox den Knopf "**neuen**" an und geben Sie die gewünschte Anzahl der Polygonpunkte ein. Anschließend können Sie in der Dialogbox die Koordinaten des Gleitkörpers eingeben.

7.2.8 GGU-STABILITY: Schritt 8: Böschung mit polygonalen Gleitflächen berechnen (Bsp. 2)

Nach der Definition der Gleitkörper können Sie das System berechnen. Wählen Sie im Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade**" den Menüeintrag "**Gleitkörper berechnen**".



Verändern Sie die Lamellenanzahl entsprechend Ihren Vorstellungen. Wenn der Schalter "**Passiven Erddruckkeil prüfen**" aktiviert ist, prüft das Programm, ob im Erdwiderstandsbereich des jeweiligen Gleitkörpers Neigungen auftreten, die steiler sind als $45^\circ - \varphi/2$. Entsprechende Gleitkörper werden nicht untersucht. Geben Sie eine Gleitkörperbewegung nach "**rechts**" vor. Starten Sie die Berechnung für alle Gleitkörper mit dem Knopf "**Alle**".

Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie eine Statistik über den Rechenlauf. Nach Bestätigen mit "**OK**" wird der Gleitkörper mit der geringsten Sicherheit dargestellt. Wählen Sie im Menütitel "Ausnutzungsgrade" den Menüeintrag "**einzelnen Gleitkörper darstellen**" oder "**alle**", um gegebenenfalls andere Gleitkörper oder alle Gleitkörper darzustellen. Wählen Sie den Menüeintrag "**Ergebnisse sehen**", um wesentliche Größen der Berechnung anzeigen und ausgeben zu lassen.

8 Theoretische Grundlagen

8.1 GGU-STABILITY: DIN 4084:2009 und GGU-STABILITY

Die DIN 4084 (Ausgabe Januar 2009) unterscheidet sich wesentlich von der bisher gültigen DIN 4084 aus dem Jahr 1981.

Im Jahr 1996 wurde die DIN 4084-100 (im weiteren Text als DIN 4084:1996 bezeichnet!) als Entwurf veröffentlicht, die ebenfalls das neue Teilsicherheitskonzept beinhaltete. In einem nicht veröffentlichten Beiblatt zu dieser Norm wurden neue Berechnungsverfahren (Verfahren der Starrkörperbruchmechanismen und die Blockgleitmethode) beschrieben und an Beispielen erläutert. Diese Verfahren wurden 1996 im Programm **GGU-STABILITY** implementiert. Diese Verfahren sind normenunabhängig und daher auch für das Globalsicherheitskonzept gültig.

Die DIN 4084:1996 enthielt ebenfalls komplett neue Beziehungen für die Ermittlung der

Standssicherheit nach Bishop und Janbu (kreisförmige und nicht kreisförmige Gleitflächen). Auf eine Umstellung auf diese Formeln wurde zunächst verzichtet und auf die offizielle Einführung

der DIN 4084:1996 gewartet. In **GGU-STABILITY** bedeutet daher die Bezeichnung " **DIN 4084:1996**", dass nach den in DIN 4084 aus dem Jahr 1981 veröffentlichten Formeln die Standssicherheit berechnet wird, allerdings mit den Definitionen des Teilsicherheitskonzeptes. Die Berechnung erfolgt mit Bemessungsgrößen φ_d und c_d .

$$\tan \varphi_d = \tan \varphi_k / \gamma_\varphi$$

$$c_d = c_k / \gamma_c$$

φ_k und c_k = charakteristische Werte der Scherfestigkeit

φ_d und c_d = Bemessungswerte der Scherfestigkeit

Zudem müssen Verkehrslasten mit einer Teilsicherheit belegt werden (z.B. im Lastfall 1 mit dem Wert 1,3). Mit den entsprechend veränderten Werten erfolgt die Berechnung der Standssicherheit. Daraus ergibt sich eine Sicherheit η gemäß dem Globalsicherheitskonzept, jedoch bezogen auf die Bemessungswerte. Der Reziprokwert dieser "Globalsicherheit η_d " ergibt den Ausnutzungsgrad μ nach dem Teilsicherheitskonzept:

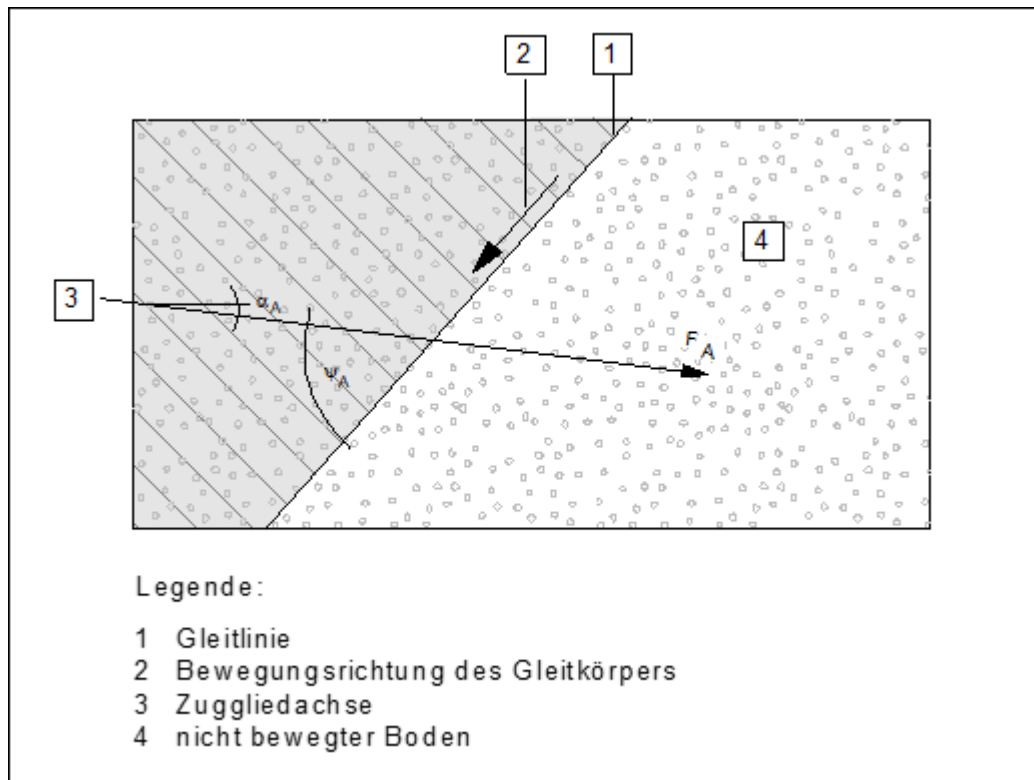
$$\mu = 1 / \eta_d$$

Erst im Januar 2009 kam es zu einer verbindlichen Einführung des neuen Konzeptes. Die neue DIN 4084:2009 basiert wesentlich auf den in DIN 4084:1996 definierten Beziehungen. Allerdings sind auch teilweise wesentliche Änderungen vorhanden. Die komplett neuen Beziehungen sind in der aktuellen Version des Programms **GGU-STABILITY** vollständig umgesetzt.

Vergleichsberechnungen mit vorhandenen Beispielen in der Literatur und den bisher geltenden Normen ergeben vernachlässigbar kleine Abweichungen zwischen alter und neuer Normung.

Neben den neuen Formeln für Bishop und Janbu besteht ein wesentlicher Unterschied zur alten Normung in der Definition des selbstspannenden Zuggliedes. Danach darf die Kraft aus einem Zugglied nur angesetzt werden, wenn die in nachfolgender Abbildung "Gültigkeit eines Zuggliedes (nach Bild 2 in DIN 4084:2009)" dargestellten Randbedingungen eingehalten sind.

Auszug aus DIN 4084:2009:



" Ein Zugglied gilt als selbstspannend, wenn sich der Gleitkörper, in dem sich der Kopf des Zuggliedes befindet, annähernd wie ein starrer Körper auf einer Gleitlinie bewegt und der Winkel ψ_A zwischen der Zuggliedachse und der ungünstigen Gleitlinie (siehe obige Abbildung) maximal folgende Werte erreicht:

- bei locker gelagerten nicht bindigen Böden bzw. weichen bindigen Böden: $\psi_A = 75^\circ$;
- bei steifen bindigen Böden: $\psi_A = 80^\circ$;
- bei mitteldicht gelagerten nicht bindigen Böden und halbfesten bindigen Böden: $\psi_A = 85^\circ$;
- bei dicht gelagerten nicht bindigen Böden: $\psi_A = 90^\circ$.

Bei selbstspannenden Zuggliedern ist die Zugkraft nach DIN 4084 7.2.1 zu ermitteln.

7.2.1 Die Bemessungswerte der widerstehenden Kräfte von Zuggliedern, Dübeln, Pfählen und Steifen für Berechnungen nach dieser Norm ergeben sich aus den charakteristischen Werten der Herauszieh-
widerstände bzw. Dübelwiderstände bzw. Eindringwiderstände durch Division mit den Teilsicherheits-
beiwerten nach DIN 1054 oder den Bemessungswerten der Beanspruchbarkeit nach den entsprechenden
Bauartnormen. Der jeweils kleinere Wert ist anzusetzen. Die durch Ankerwände bzw. Ankertafeln
aufnehmbaren Kräfte sind mit den Bemessungswerten der Widerstände des Bodens zu ermitteln.

ANMERKUNG: Nicht selbstspannende Zugglieder, die nicht vorgespannt werden, haben keine Wirkung.

Bei einer von Zuggliedern gestützten Wand mit Winkeln ψ_A größer als den in 7.2.3.4 angegebenen Grenzwerten darf ein Zugglied mit beliebiger Neigung berücksichtigt werden, wenn sich die Wand aufgrund der Auflagerungsbedingungen im Fußbereich nur um einen waagrecht und senkrecht unverschieblichen Punkt im Fußbereich drehen kann. In diesem Fall muss als Zugkraft für den Nachweis ausreichender Geländebruchsicherheit diejenige Kraft angesetzt werden, die sich als erforderlich zur Aufnahme der Bemessungswerte der Erd- und Wasserdrücke ergibt."

Die beschriebenen Einstellungen können im unteren Teil der Dialogbox "**Editor 1 / Teilsicherheiten...**" verändert werden und gelten für alle Formen von Zuggliedern, die in **GGU-STABILITY** definiert werden können:

Teilsicherheiten EC 7 (GEO-3)

Teilsicherheiten

Bemessungssituation:

Reibungswinkel ϕ'

Kohäsion c'

Kohäsion $c(u)$

Wichten

Ständige Einw.

Veränderliche Einw.

Herauszieh Widerstand Geosynthetics, Zugglieder

Teilsicherheit (GEO-2) ?

Anker / Zugglieder

$\psi(A)$ für selbstspannende Zugglieder [*] ?

$\psi(A)$ kann ab Version 9.32 für jeden Boden definiert werden
Menüeintrag "Editor 1 / System eingeben / Bodenkennwerte"

Faktor für Ermittlung der Festlegekraft von
Ankern (DIN 4084:2009 7.2.4) [-]

Zugglieder

☒ Wandfuß ist unverschieblich ?

Standardwerte

Wenn der Schalter "**Wandfuß ist unverschieblich**" aktiviert ist, werden in **GGU-STABILITY** die Angaben gemäß DIN 4084:2009 (siehe obige Abbildung) nicht beachtet.

Die Implementierung der neuen Normung erfolgte über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten mit großer Sorgfalt. Wegen fehlender qualifizierter Beispiele konnte eine qualifizierte Überprüfung der Implementierung nicht erfolgen. **Die Beispiele zur neuen DIN 4084:2009 sollen in 2013 vom Normenausschuss veröffentlicht werden.**

Für die DIN 4084:1996 existieren 7 Beispiele, die allerdings nicht veröffentlicht wurden. Diese Beispiele werden als **GGU-STABILITY**-Dateien mit ausgeliefert.

"DIN 4084-100-1996 Bsp 1.boe"

bis

"DIN 4084-100-1996 Bsp 7.boe"

Die damals definierten Teilsicherheiten sahen noch unterschiedliche Werte für Reibungswinkel und Kohäsion vor

- z.B. für den Lastfall 1

$\gamma\varphi = 1,25$ und

$\gamma c = 1,60$

Entsprechend enthalten auch die Beispiele diese unterschiedlichen Teilsicherheiten. Nach der neuen DIN 4084:2009 sind die Teilsicherheiten für Reibungswinkel und Kohäsion gleich.

- z.B. für den Lastfall 1

$\gamma\varphi = 1,25$ und

$\gamma c = 1,25$

Die in den Beispielen berechneten Ausnutzungsgrade μ entsprechen daher nicht den Ausnutzungsgraden nach der aktuellen Normung.

Der Vergleich der Ergebnisse der Beispiele (DIN 4084:1996) mit den Ergebnissen von **GGU-STABILITY** ergibt eine hervorragende Übereinstimmung.

8.2 GGU-STABILITY: Allgemeines zu Janbu und Bishop

Dem Programm liegen die Berechnungsverfahren

- für Bishop (Kreisgleitflächen)

$$\eta = \frac{r \cdot \sum T_i + \sum M_s}{r \cdot \sum G_i \cdot \sin \vartheta_i + \sum M}$$

mit

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi + c_i \cdot b_i}{\cos \vartheta_i + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i}$$

- und für Janbu (polygonale Gleitflächen)

$$\eta = \frac{\sum T_i + \sum H_s}{\sum G_i \cdot \tan \vartheta_i + \sum H}$$

mit

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos^2 \vartheta_i \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \tan \vartheta_i\right)}$$

der DIN 4084 zugrunde. Hierin bedeuten:

Öffnet Tabelle im Vollbildmodus Öffnen

η	Gelände- oder Böschungsbruchsicherheit
G_i	Eigenlast der einzelnen Lamelle in kN/m unter Beachtung des Ansatzes der Bodenwichten nach Tabelle 1 einschließlich der Auflasten
M	Momente der in G_i nicht enthaltenen Lasten und Kräfte um den Mittelpunkt des Gleitkreises in kNm/m, positiv wenn sie antreibend wirken (H für Janbu analog)
M_S	Momente um den Mittelpunkt des Gleitkreises in kNm/m aus Kräften nach Abschnitt 6e (DIN 4084), die in T_i nicht berücksichtigt sind (HS für Janbu analog)
T_i	für die einzelne Lamelle vorhandene widerstehende tangentielle Kraft des Bodens in der Gleitfläche in kN/m (bei polygonalen Gleitflächen der horizontale Anteil)
ϑ_i	Tangentenwinkel der betreffenden Lamelle zur Waagerechten in Grad, der beim Kreis gleich der Polarkoordinaten ist
r	Radius des Gleitkreises in m
b_i	Breite der Lamelle in m
φ_i	der für die einzelne Lamelle maßgebende Reibungswinkel in Grad nach Abschnitt 8 (DIN 4084)
c_i	die für die einzelne Lamelle maßgebende Kohäsion in kN/m ² nach Abschnitt 8 (DIN 4084)
u_i	der für die einzelne Lamelle maßgebende Porenwasserdruck in kN/m ²

Δu_i	der für die einzelne Lamelle maßgebende Porenwasserüberdruck in kN/m ² infolge Konsolidierens des Bodens. Δu_i wird im Programm GGU-STABILITY aus der Multiplikation des Porenwasserdruckbeiwertes mit den effektiven Vertikalspannungen berechnet. Alternativ besteht auch die Möglichkeit so genannte Konsolidationsschichten zu definieren. Anhand der dazu erforderlichen Eingabedaten führt das Programm eine eindimensionale Konsolidationsberechnung durch.
--------------	--

Die Beziehungen sind in der DIN 4084 und DIN 4084:2009 detailliert erläutert, so dass nachfolgend nur auf einige Sonderfälle eingegangen werden muss. In DIN 4084:2009 wird mit Teilsicherheiten gearbeitet. Die Sicherheiten stecken somit bereits in den Bodenkennwerten, den Lasten usw. Der Begriff "**Sicherheit**" ist somit belegt. Anstelle von " η " ist daher in den obigen Beziehungen " μ " einzusetzen, was als "**Ausnutzungsgrad**" bezeichnet wird.

Bei vorgespannten Zuggliedern darf nach DIN 4084 und DIN 4084:2009 (Abschnitt 7.2.3.3) die durch die Normalkomponente bewirkte Reibungskraft berücksichtigt werden. Das ist in **GGU-STABILITY** für Zugglieder implementiert.

In DIN 4084:2009 Abschnitt 7.2.3 wird für Zugglieder der Begriff **selbstspannend** definiert. Der Winkel φ zwischen Zuggliedachse und Gleitfläche ist dafür maßgebend (siehe Abbildung 2 in DIN 4084:2009). Diese Bedingung wird vom Programm berechnet (nur wenn DIN 4084:2009 bzw. EC 7 eingestellt ist). Den Wert für φ können Sie unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / Teilsicherheiten...**" für jeden Boden eingeben.

In DIN 4084:2009 Abschnitt 6.2.3 wird festgelegt, dass bei vorgespannten Zuggliedern, die nicht selbstspannend sind, aber günstig wirken, die Festlegekraft des Zugglieds und nicht der Bemessungswert des Zugglieds in die Berechnung einzusetzen ist. Wenn Sie nach DIN 4084:2009 bemessen, prüft das Programm auf **nicht selbstspannend** und **günstig** und multipliziert dann den Bemessungswert des Zugglieds mit einem Faktor, den Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / Teilsicherheiten...**" global für alle Zugglieder eingeben können.

Bei einer Berechnung nach DIN 4084:2009 sind für Erddübel, Geosynthetics und Zugglieder die Bemessungswerte einzugeben. Für die Bodenkennwerte geben Sie die charakteristischen Werte ein, aus denen das Programm mit den Teilsicherheiten dann die Bemessungswerte berechnet.

Bei der Eingabe der Teilsicherheiten sind Angaben für dränierte und undränierte Böden erforderlich. Entsprechend wird bei der Eingabe der Bodenkennwerte daher - außer bei einer Berechnung nach dem Globalsicherheitskonzept nach DIN 4084:1981 - ein Schalter "**dräniert**" angeboten, so dass das Programm für jeden Boden die richtigen Bemessungswerte berechnen kann.

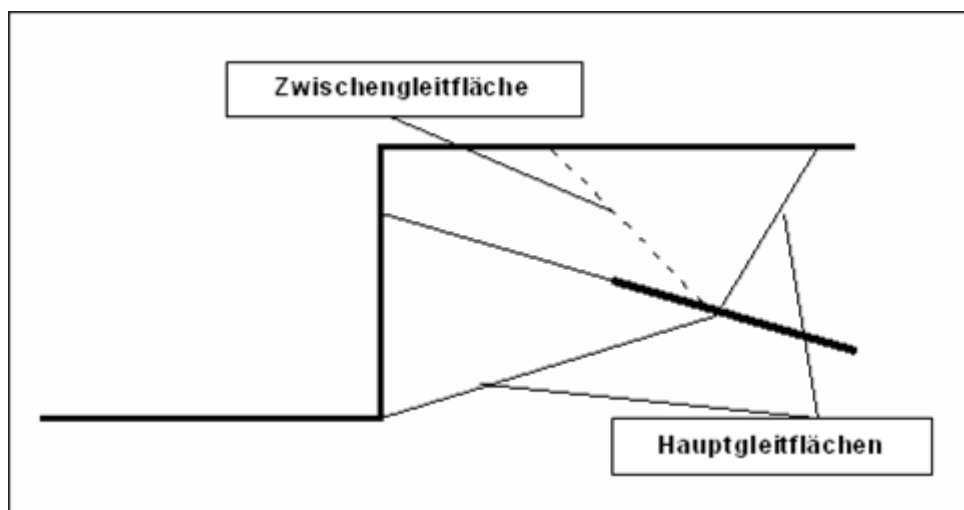
8.3 GGU-STABILITY: Allgemeines zu Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode

Die Berechnung nach dem Verfahren der Starrkörperbruchmechanismen oder Blockgleitmethode sind in DIN 4084:1996 erläutert. Bei diesen Verfahren werden Kraftecke konstruiert. Das Krafteck ist nur im Sonderfall ($\eta = 1,0$ bzw. $\mu = 1,0$) geschlossen. Ansonsten ist zum Schließen des Kraftecks eine Zusatzkraft dT erforderlich. Wirkt diese Kraft dT antreibend, so ist die Sicherheit größer als 1,0. Wirkt die Kraft dT rückhaltend, so ist die Sicherheit kleiner als 1,0.

Bei einer Berechnung mit Teilsicherheiten ist grundsätzlich der Nachweis ausreichend, dass die Sicherheit $> 1,0$ bzw. der Ausnutzungsgrad $< 1,0$ ist. Im Allgemeinen interessiert man sich jedoch auch für den **Sicherheitsabstand** zum Bruchzustand. Um diesen Sicherheitsabstand zu berechnen bzw. einen wertenden Vergleich unterschiedlicher Bruchkörper zu ermöglichen, könnte grundsätzlich die Größe der Kraft dT herangezogen werden. Die Größe dieser Kraft ist jedoch wesentlich auch von der Größe des untersuchten Gleitkörpers abhängig. Ein Vergleich zweier sehr unterschiedlich großer Gleitkörper über die Kraft dT kann leicht zu einer völlig falschen Vorstellung führen. Das Programm berechnet daher nicht nur die Kraft dT , sondern vermindert bzw. vergrößert Reibungswinkel und Kohäsion solange, bis sich das Krafteck schließen lässt. Die Sicherheit μ bzw. der Ausnutzungsgrad μ berechnet sich dann aus

$$\eta \text{ bzw. } \mu = \tan \varphi_{\text{vorh}} / \tan \varphi_{\text{perf}}$$

Bei einer Berechnung nach dem Verfahren der Starrkörperbruchmechanismen oder nach der Blockgleitmethode werden gegenüber dem Verfahren von Janbu die Scherkräfte in den Zwischengleitflächen berücksichtigt.



Das bedeutet, dass gegenüber einer Berechnung nach Janbu höhere Sicherheiten erhalten werden. Das Programm bietet allerdings auch die Möglichkeit, die Scherkräfte in den Zwischengleitflächen auf "0" zu setzen.

Bei einer Berechnung nach dem Verfahren der Starrkörperbruchmechanismen rechnet das Programm, wenn innerhalb einer Haupt- oder Zwischengleitfläche mehrere Böden definiert sind, mit gemittelten Werten für Reibungswinkel und Kohäsion. Liegt eine Zwischengleitfläche vertikal, werden in jedem Fall die Scherkräfte nicht berücksichtigt.

Bei einer Berechnung nach der Blockgleitmethode sind die Zwischengleitflächen vertikal und es werden an den Lamellenseiten Erddruckkräfte berücksichtigt, deren Neigung sich aus der Stützlinie ergibt. Nach DIN 4084:1996 darf die Stützlinie zwischen der Mitte und dem unteren Drittelpunkt der Lamellenseiten verlaufen. Das Programm berechnet die Stützlinie daher in einer Höhe h von:

$$h = 0,416 \cdot H = H \cdot (0,5 + 0,333) / 2$$

H = Höhe der Lamellenseite

Ist die Neigung der Stützlinie und damit die Neigung der Erddruckkraft größer als der mittlere Reibungswinkel in der entsprechenden Lamellenseite wird mit dem gemittelten Reibungswinkel als Neigung gerechnet. In den Beispielen zu DIN 4084:1996 wird die Mittelung des Reibungswinkels über die Erddruckbeiwerte vorgenommen. Das Programm berechnet die Mittelung vereinfacht über die Bodenmächtigkeiten.

8.4 GGU-STABILITY: Konsolidationstheorie

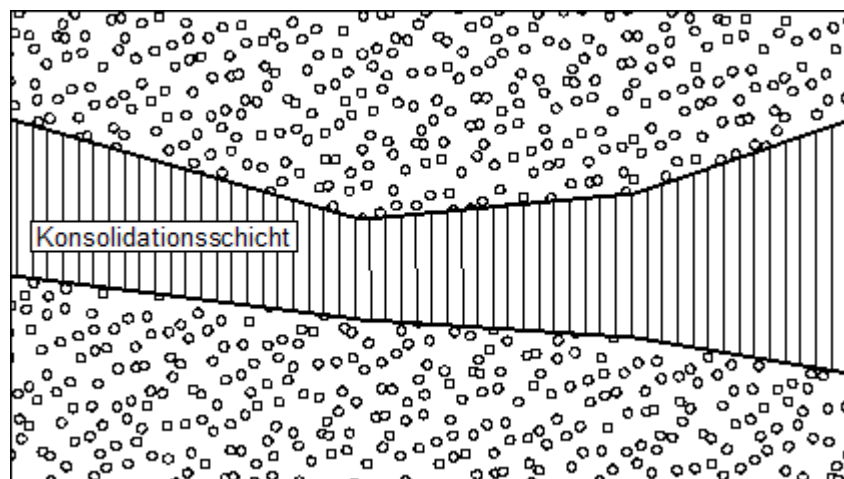
Wenn bindige Schichten schneller belastet werden, als sie das Porenwasser abgeben können, entstehen Porenwasserüberdrücke, die erst allmählich abgebaut werden. Dieser Vorgang wird als Konsolidierung bezeichnet. Für den eindimensionalen Fall existiert eine geschlossene Lösung (siehe z.B. Das; Advanced Soil Mechanics; McGraw Hill). Folgende Eingabegrößen sind notwendig:

- Δu = Porenwasserüberdruck zum Zeitpunkt $t = 0$ (konstant über die gesamte Schichtdicke)
- E_s = Steifemodul der Schicht
- k = Wasserdurchlässigkeit der Schicht
- d = Dicke der Schicht
- t = Zeitpunkt, an dem die Porenwasserüberdrücke bestimmt werden sollen.

Weiterhin sind die Entwässerungsbedingungen der Schicht zu berücksichtigen:

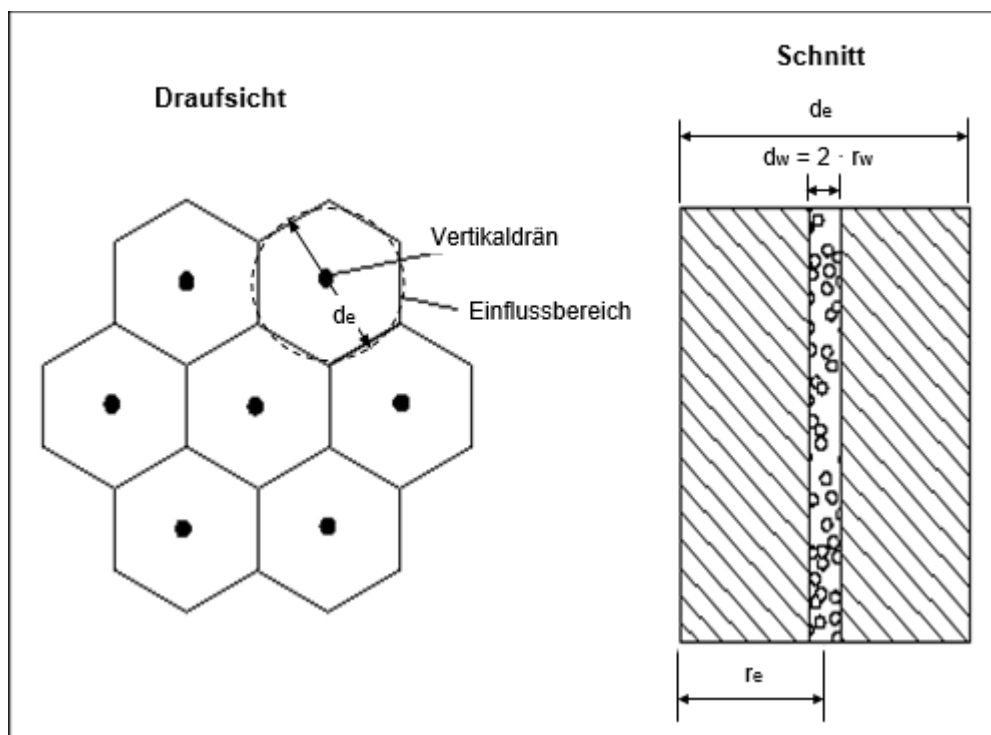
- Entwässerung nach oben und unten
- Entwässerung nur nach oben
- Entwässerung nur nach unten

Das Programm ermöglicht die Eingabe dieser Werte über so genannte Konsolidationsschichten.



Konsolidationsschichten werden über zwei begrenzende Polygone definiert. Jedem Polygonpunkt muss ein Porenwasserdruck zugeordnet werden. In obiger Abbildung ist eine Konsolidationsschicht dargestellt, die nach oben und unten entwässern kann. Auf Grund der nicht horizontalen Lage wird sich tatsächlich eine zweidimensionale Konsolidierung einstellen. Mit ausreichender Genauigkeit und im Allgemeinen auf der sicheren Seite liegend, rechnet das Programm mit einer eindimensionalen Konsolidation in vertikaler Richtung. Wenn ein Lamellenfußpunkt innerhalb der Schicht liegt, wird aus den beiden Polygonen die Schichtdicke bestimmt. Zusammen mit der vertikalen Lage innerhalb der Schicht und den restlichen maßgebenden Größen bestimmt das Programm den Porenwasserüberdruck zum von Ihnen vorgegebenen Zeitpunkt. Wenn Sie mit Konsolidationsschichten rechnen, sind gegebenenfalls für das gleiche System mehrere Berechnungen mit unterschiedlichen Zeiten erforderlich.

Neben der klassischen Konsolidationstheorie beherrscht das Programm auch den Fall, dass die Konsolidierung durch Vertikaldräns (z.B. Sanddräns) beschleunigt wird. Die Grundlagen sind in *Das; Advanced Soil Mechanics; McGraw Hill* beschrieben.



Die Wabenstruktur um ein Drän kann in einen äquivalenten Kreis umgerechnet werden, so dass für jedes Drän eine rotationssymmetrische Konsolidationsberechnung erfolgen kann. In diesem Fall findet nach der Theorie der Abbau des Porenwasserüberdrucks nur horizontal zu den Dräns statt (rotationssymmetrisch), so dass Entwässerungsbedingungen an der Schichtunterkante und der Schichtoberkante nicht angegeben werden müssen. Dafür muss jedoch der Abstand der Dräns d_e untereinander und der Radius r_w der Dräns angegeben werden. In Konsolidationsschichten mit Vertikaldräns ist der Porenwasserüberdruck zu jedem Zeitpunkt konstant über die Schichtdicke. Veränderlich ist jedoch der Porenwasserüberdruck in Abhängigkeit vom Abstand r_e zur Achse des Vertikaldräns. Das Programm bestimmt den Mittelwert der Porenwasserdruckverteilung.

Die Größe der berechneten Porenwasserdruckverteilung kann sehr schön sichtbar gemacht werden, wenn Sie im Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade / Einstellung**" den Schalter

☒ Porenwasserüberdruck (Konsolidation)

aktivieren. Das funktioniert allerdings nicht bei einer Berechnung nach dem Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**" oder nach der "**Blockgleitmethode**". Bei diesen Berechnungsverfahren entnehmen Sie die Größe aus dem Datenprotokoll unter "**Ausnutzungsgrade / Ergebnisse sehen**" Knopf "**Details**".

8.5 GGU-STABILITY: Sicherheitsdefinitionen

Gemäß DIN 4084:1981 enthält das Programm die Sicherheitsdefinition nach Fellenius:

$$\eta = \tan \varphi_{\text{vorh}} / \tan \varphi_{\text{perf}}$$

Bei Grundbruchberechnungen nach DIN 4017 wird die Sicherheit über einen Vergleich der Bruchlast V_b und der vorhandenen Fundamentlast V_{vorh} erhalten:

$$\eta = V_b / V_{\text{vorh}}$$

Bei anderen Berechnungsverfahren sind andere Vergleiche üblich. So werden z.B. beim Nachweis der äußeren Standsicherheit einer Erdnagelwand die Nagelkräfte zur Sicherheitsdefinition herangezogen.

Entsprechende Sicherheitsdefinitionen können Sie auch mit **GGU-STABILITY** indirekt erzeugen. Wenn Sie z.B. die Grundbruchsicherheit eines Streifenfundaments in einer Böschung berechnen wollen, geben Sie die Streifenfundamentlast als ständige Last ein und erhöhen den tatsächlichen Lastwert um die geforderte Sicherheit (z.B. $\eta = 2,0$). Bei der anschließenden Böschungsbruchberechnung ist dann nur nachzuweisen, dass die Böschungsbruchsicherheit über 1,0 liegt. Wenn Sie sich für die tatsächliche Größe der Sicherheit interessieren, müssen Sie die Lastgröße von Hand variieren, bis Sie die Sicherheit von 1,0 nach DIN 4084 erhalten. Für diesen speziellen Fall enthält allerdings das Programm auch eine Routine, die Ihnen diese Arbeit abnimmt. Für den Nachweis eines Streifenfundaments in einer Böschung enthält die DIN 4084 (Beiblatt; Abschnitt 4) einen entsprechenden, allerdings sehr vorsichtig formulierten Hinweis.

Grundsätzlich werden Sie mit einer Grundbruchberechnung auf der Grundlage der DIN 4084 nicht die gleichen Sicherheiten erhalten wie nach DIN 4017, da die theoretischen Grundlagen nicht identisch sind. Insbesondere unterstellt die DIN 4017 keine Scherfestigkeiten oberhalb der Gründungssohle. Bereiche oberhalb der Gründungssohle werden in DIN 4017 nur hinsichtlich der Auflasten berücksichtigt.

Vorgehensweise Teilsicherheitskonzept

Wie oben für das Globalsicherheitskonzept beschrieben, werden die eingegebenen Kräfte V und H so lange verändert, bis der Ausnutzungsgrad der Böschungsbruchberechnung "**1,0**" beträgt. Damit wird die Grundbruchlast V_b erhalten und daraus der Ausnutzungsgrad für den Grundbruchnachweis $= V / V_b$. Beim Teilsicherheitskonzept sind die Lasten um die Teilsicherheiten für die Einwirkungen und die Teilsicherheit für den Grundbruch zu vergrößern. Die Teilsicherheiten für Reibungswinkel, Kohäsion und ständige Einwirkungen werden auf "**1,0**" gesetzt.

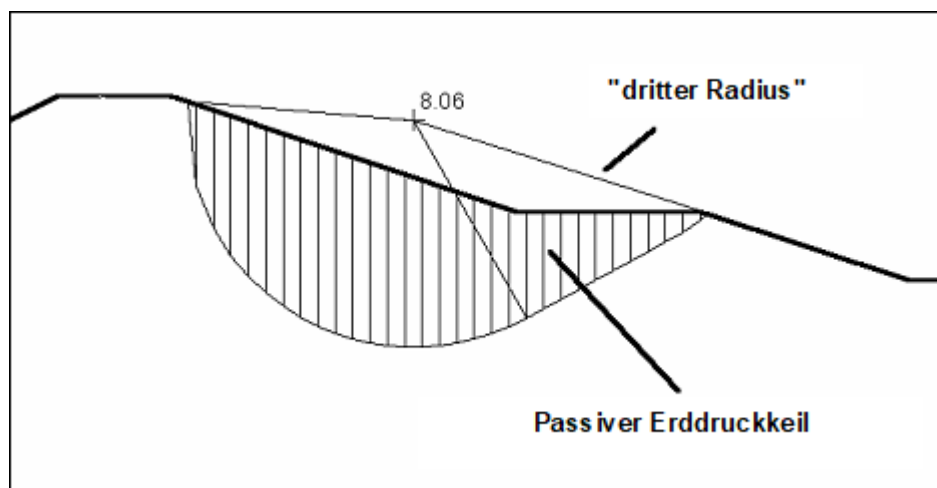
Das Berechnungsverfahren kann bei bestimmten Systemen zu nicht konvergierenden Lösungen führen.

Sicherer ist es, den Schalter "**Grundbruch**" unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" zu deaktivieren. Anschließend definieren Sie die Lasten V und H als ständige Einwirkungen. Beim Teilsicherheitskonzept werden die Einwirkungen um die Teilsicherheiten für die Einwirkungen und die Teilsicherheit für den Grundbruch vergrößert. Beim Globalsicherheitskonzept werden die Lasten mit der geforderten Grundbruchsicherheit erhöht. Danach kann eine **herkömmliche** Böschungsbruchberechnung durchgeführt werden.

Wenn Ausnutzungsgrade $\leq 1,0$ erhalten werden, ist der Grundbruchnachweis geführt.

8.6 GGU-STABILITY: Passiver Erddruck

Wenn die Kreisgleitfugen im Widerstandsbereich steiler als unter $45^\circ - \varphi/2$ verlaufen, ist nach DIN 4084 der passive Erddruck anzusetzen. Die DIN 4084 schlägt zur Berücksichtigung eine einfache Erddruckberechnung vor. Das Programm **GGU-STABILITY** beschreitet hier einen wesentlichen flexibleren Weg. In entsprechenden Bereichen wird die Geometrie des Bruchkörpers entsprechend der Forderung $45^\circ - \varphi/2$ als Maximum verändert. Die Lamellenbreite bleibt erhalten. Gegebenenfalls wird die von Ihnen gewählte Lamellenanzahl vergrößert. Falls innerhalb des passiven Erddruckkörpers ein Bodenwechsel mit Änderung des Reibungswinkels stattfindet, wird die Geometrie entsprechend angepasst. Bei der rechnerischen Auswertung eines entsprechenden Bruchkörpers werden die Lamellenbeziehungen der DIN-Formel beibehalten. Zusätzlich ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Normalkraft im Lamellenfuß nun ein Moment um den Mittelpunkt erzeugt, was bei reinen Gleitkreisen nicht der Fall ist. Bei Änderungen des Reibungswinkels innerhalb des Gleitkörpers muss zusätzlich eine Veränderung des Hebelarms der Tangentialkraft T_i um den Mittelpunkt berücksichtigt werden. Dieses Programmkonzept ist wesentlich flexibler als der Ansatz einer Ersatz-Erddruckkraft, da komplizierte Böschungsgeometrien wesentlich besser erfasst werden können. Gleitkreise, die einen passiven Erddruckkeil besitzen, werden mit einem dritten Radius dargestellt.



Anmerkung:

Die Forderung der DIN 4084, **passive** Gleitkörperbereiche mit maximal $45^\circ - \varphi/2$ zu neigen, ist streng genommen nur für ebenes Gelände korrekt.

8.7 GGU-STABILITY: Mehrere Gleitkörper

Bei stark gegliederten Böschungsgeometrien können mehrere Schnittpunkte eines Gleitkreises mit dem Gelände entstehen. In diesen Fällen berechnet das Programm alle möglichen Gleitkörper (siehe Schalter "**Alle Schnittpunkte eines Kreises untersuchen (empfohlen)**" im Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade / berechnen**").

8.8 Nagelwand bzw. Bewehrte-Erde-Wand

8.8.1 GGU-STABILITY: Nagelwand - Allgemeine Hinweise zur Berechnung

Eine Nagelwand kann aus Zuggliedern, Geosynthetics oder Stahlbändern bestehen, so dass auch die Berechnung von Bewehrte-Erde-Wänden möglich ist.

Die Berechnung von Bodenvernagelungen ist nicht in einer Norm geregelt. Es gibt jedoch vom Institut für Bautechnik bauaufsichtliche Zulassungen für Bodenvernagelungs-Systeme von verschiedenen Anbietern, die Hinweise zur Berechnung enthalten.

Die Berechnung von Bodenvernagelungen erfordert im Wesentlichen sechs Einzelnachweise:

- Nachweis der inneren Sicherheit über Gleitkörperuntersuchungen im Allgemeinen mit einem Bruchmechanismus, der aus zwei Körpern besteht. Der Nachweis kann nach der Fellenius-Regel $\eta = \tan(\text{cal } \varphi) / \tan(\text{erf } \varphi)$ erbracht werden, was im Programm verwirklicht ist.
- Nachweis der Gleitsicherheit,
- Nachweis der Kippsicherheit;

Resultierende muss die Sohlfläche in der 1. Kernweite ($= b/6$) schneiden.

- Nachweis der Grundbruchsicherheit,
- Nachweis der Geländebruchsicherheit,
- Nachweis der Betonschale.

8.8.2 GGU-STABILITY: Nagelwand - Bezeichnungen

Folgende vereinfachte Bezeichnungen werden im Handbuch und im Programm verwendet:

- Nagel = Geosynthetic, Stahlband oder Zugglied
- Nagelwand/Wand = Monolithischer Bodenkörper, der durch die Vernagelung entsteht, bzw. Bewehrte-Erde-Wand mit Geosynthetics
- Hinterkante Wand = Hinterkante der Nagelwand oder Bewehrte-Erde-Wand

8.8.3 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der inneren Sicherheit

Der Nachweis der inneren Sicherheit kann mit den Methoden erfolgen, die das Programm GGU-STABILITY in seiner Urform anbietet. Aufwendig ist dabei jedoch die Erzeugung der Gleitflächen. Dieser Vorgang wird durch zusätzliche Funktionen unter dem Menütitel "**Nagelwand**" vereinfacht, die die Erzeugung von Nägeln in einem regelmäßigen Raster erheblich abkürzen.

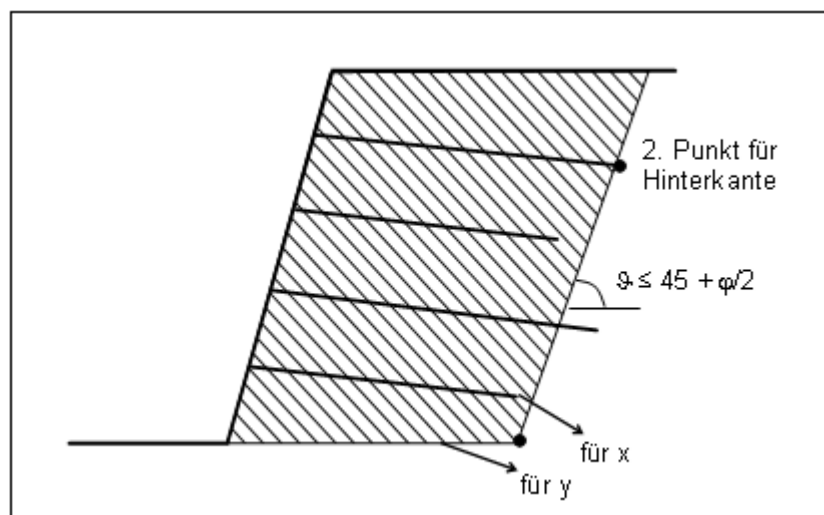
Nach der Erzeugung der Gleitflächen kann die innere Sicherheit über den Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade / Gleitkörper berechnen**" nachgewiesen werden. Sie können die Gleitflächen wahlweise nach "**Janbu**", nach dem Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**" oder der "**Blockgleitmethode**" durchrechnen.

Gemäß geltenden Zulassungen ist für die Bemessung der Nägel der Nachweis maßgebend, der die größten Nagelkräfte ergibt. Dazu sind folgende Untersuchungen erforderlich:

- Lastanteile in den Nägeln aufgrund der Gleitkörperuntersuchungen für End- und Bauzustände
- Lastanteile in den Nägeln aus dem Erddruck auf die Betonschale bzw. Außenhaut. Der von dem vernagelten/bewehrten Bodenkörper auf die Betonschale bzw. Außenhaut einwirkende Erddruck darf dabei mit dem 0,85-fachen Wert des aktiven Erddrucks, jedoch ohne Ansatz der Kohäsion, angenommen werden. Der Erddruck darf rechteckförmig verteilt angesetzt werden, auch wenn der Boden geschichtet ist. Der Wandreibungswinkel ist mit $\delta = 0$ anzusetzen.

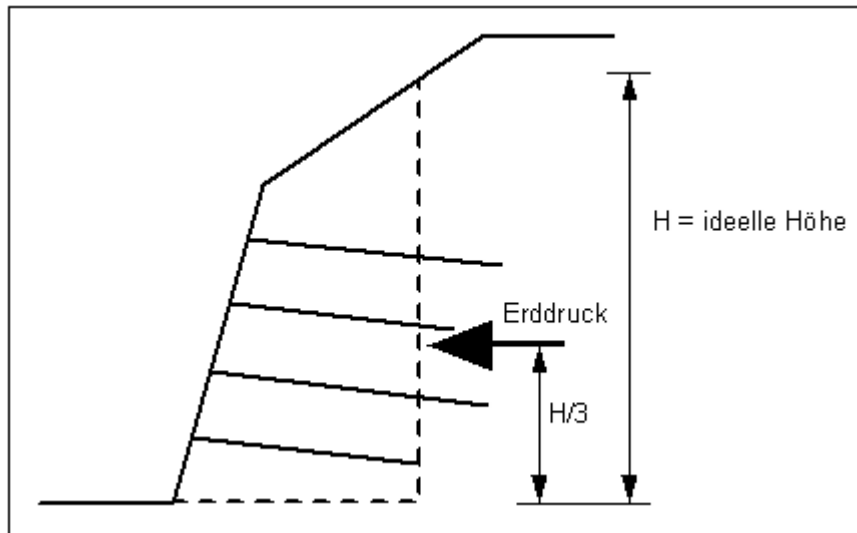
8.8.4 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der Gleitsicherheit

Der Nachweis der Gleitsicherheit erfolgt mit Ersatzsystemen. Für die Berechnung des Gewichts gelten die Angaben in der folgenden Abbildung "**Ersatzsystem für Gewichtsberechnung**".



Vom schraffierten Bereich wird das Gewicht bestimmt. Der rechte untere Punkt des Körpers ergibt sich aus dem x-Wert des untersten Nagelendes und dem y-Wert der Unterkante der Betonschale bzw. Außenhaut. Die Hinterkante ergibt sich aus einer Verbindungslinie durch das Ende des oberen Nagels (unabhängig von der Länge eventuell dazwischen liegender anderer Nägel). Die Neigung der Hinterkante der Wand kann nicht steiler werden als die Neigung des aktiven Erddruckkeils (siehe auch weiter unten).

Die Horizontalbelastung ergibt sich aus dem aktiven Erddruck. In der folgenden Abbildung "**Vertikalschnitt für Erddruckermittlung**" sehen Sie den Vertikalschnitt, für den der Erddruck bestimmt wird.



Da das Programm **GGU-STABILITY** auch die Eingabe von schräg liegenden Schichten ermöglicht und viele andere Besonderheiten (z.B. Konsolidation, Arteser usw.) aufweist, die eine klassische Erddruckberechnung über kah-Werte nicht zulassen, erfolgt die Erddruckberechnung über eine Variation des dahinter liegenden Erddruckkeils. Um eine eventuelle Neigung der Hinterkante der Wand zu berücksichtigen, wird nach der Ermittlung des Erddrucks eine Abminderung über die Erddruckbeiwerte kah für eine senkrechte Hinterkante ($\alpha = 0$) und eine geneigte Hinterkante ($\alpha \neq 0$) vorgenommen:

$$\text{Abminderungsfaktor (Erddruck)} = \text{kah}(\alpha) / \text{kah}(\alpha = 0)$$

Die Gleitsicherheit η_G wird berechnet aus:

$$\eta_G = G_k \cdot \tan \varphi / H_d$$

G_k = charakteristisches Gewicht

H_d = Bemessungswert der Horizontalkraft

Der Reibungswinkel φ ergibt sich als Mittelwert der Böden in der Sohlfuge der Wand.

8.8.5 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der Kippsicherheit

Mit den Angaben im vorherigen Abschnitt "**Nachweis der Gleitsicherheit**" wird das Moment und die Vertikalkraft in der Sohle berechnet und daraus die Exzentrizität e bestimmt. Das Moment aus dem horizontalen Erddruck wird gemäß der Abbildung "**Vertikalschnitt für Erddruckermittlung**" im o. g. Abschnitt bestimmt. Die Exzentrizität darf z.B. im Lastfall 1 nicht größer als $b/6$ sein.

8.8.6 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der Grundbruchsicherheit

Mit den Angaben im Abschnitt zur Gleitsicherheit wird das Moment, die Horizontalkraft und die Vertikalkraft in der Sohle berechnet und damit die Grundbruchsicherheit berechnet. Der Reibungswinkel, die Kohäsion und das Gewicht unter der Sohle γ_2 ergeben sich als Mittelwerte der Böden in der Sohlfuge der Wand. Falls mehrere Schichten im Untergrund anstehen, werden dadurch bewirkte Erhöhungen oder Verminderungen der Grundbruchsicherheit nicht berücksichtigt. Gegebenenfalls können Sie dann die Grundbruchsicherheit über eine Gleitkreisberechnung bestimmen.

Hinsichtlich des Wertes γ_2 können Sie im Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**" mit dem Schalter "**gam2 als Auftriebswichte**" im Bereich "**Grundbruch- und Gleitnachweis**" festlegen, ob mit der Feuchtwichte oder der Wichte unter Auftrieb gerechnet werden soll. Wenn die Bodenkennwerte im Untergrund von den automatisch über Mittelwerte ermittelten Kennwerten abweichen, können Sie auch mit selbst definierten Bodenkennwerten rechnen (siehe Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**").

8.8.7 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der Geländebruchsicherheit

Der Nachweis der Geländebruchsicherheit kann ganz einfach dadurch erfolgen, dass Sie von der Berechnung der Nagelwand wieder auf eine Böschungsbruchberechnung mit Gleitkreisen umschalten. Dazu setzen Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" die gewünschten Schalter.

8.8.8 GGU-STABILITY: Nagelwand - Nachweis der Betonschale

Für die Biegebemessung der Betonschale steht der Menüeintrag "**Nagelwand / nach GGU-SLAB exportieren**" zur Verfügung. Es wird ein Datensatz exportiert, der vom Programm **GGU-SLAB** gelesen werden kann. **Dabei können jedoch nur Systeme mit 1 Böschungskante exportiert werden.** Das Programm **GGU-SLAB** ermöglicht die Berechnung und Bemessung von Platten nach der Finiten-Element-Methode. Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Formen der Herstellung und damit der Berechnung von Betonschalen für Nagelwände:

- **Vollplatte**

Die Betonschale wird durchgehend bewehrt und wirkt in horizontaler und vertikaler Richtung als vollständige Platte. In vertikaler und horizontaler Richtung entstehen zwischen den Zuggliedern Biegemomente, die durch die Bewehrung abgedeckt werden.

- **horizontal durchgehende Platte für einen Nagel**

Die Betonschale wird nur horizontal durchgehend hergestellt. In der Mitte zwischen zwei vertikalen Nägeln entsteht eine Arbeitsfuge, in der keine Biegemomente aufgenommen werden können.

- **"Soloplatte" für einen Nagel**

Die Betonschale wird nur in einem Rechteckbereich um den Nagel bewehrt. In der Mitte zwischen zwei vertikalen als auch zwei horizontalen Nägeln entstehen Arbeitsfugen, in denen keine Biegemomente aufgenommen werden können. Für jeden Nagel entsteht eine Nagelplatte, die statisch für sich alleine wirkt.

Welches der drei oben aufgeführten statischen Systeme ins Programm **GGU-SLAB** exportiert wird, entscheiden Sie im oberen Bereich der nachfolgenden Dialogbox.

Die konstante Flächenbelastung der Platte ergibt sich i. A. aus dem um 15 % reduzierten Erddruck, der gemäß geltenden Zulassungsbescheiden ohne eventuelle Kohäsionsanteile berechnet wird und der durch die Länge der Betonschale geteilt wird. Dieser Wert wird im unteren Teil der Dialogbox angegeben und kann geändert werden. In einigen Veröffentlichungen ist eine Reduktion des Wertes mit dem Faktor 0,85 nicht angegeben. Andere Veröffentlichungen teilen die maximal mögliche Nagelkraft durch die Fläche, die vom Nagel erfasst wird und rechnen mit dieser Flächenlast, also

Flächenlast = max. Nagelkraft / (horizontaler Nagelabstand · vertikaler Nagelabstand)

Der letzte Ansatz liefert im Allgemeinen die größten Momente und damit die größte Bewehrung. Falls Sie diesen Fall berücksichtigen wollen, müssen Sie die Flächenlast in der obigen Dialogbox entsprechend anpassen.

8.8.9 GGU-STABILITY: Nagelwand - Maximale Nagelkräfte und Durchstanznachweis

Die maximalen Nagelkräfte und die Sicherheit gegen Durchstanzen werden über den Menüeintrag "**Nagelwand / Max. Nagelkräfte + Durchstanzen**" ermittelt (siehe auch Menüeintrag "**Nagelwand / Maximale Nagelkräfte**").

Bei der Berechnung der Gleitfugen führt das Programm ein Protokoll über die maximalen Kräfte pro Nagellage. Diese Kräfte sind mit den Lastanteilen zu vergleichen, die aus dem Erddruck auf die Betonschale bzw. Außenhaut entstehen. Der jeweils größere Wert ist maßgebend. Der Erddruck auf die Betonschale bzw. Außenhaut wird gemäß geltenden Zulassungen ohne Kohäsion ermittelt. Der 0,85-fache Wert des Erddrucks wird rechteckförmig auf die Länge der Betonschale bzw. Außenhaut umgelagert. Die Abminderung des Erddrucks auf den 0,85-fachen Wert darf nicht für Auflasten vorgenommen werden. Entsprechend erfolgt die Erddruckberechnung auf die Betonschale bzw. Außenhaut mit den um $1/0.85$ erhöhten Werten aus ständigen Lasten und Verkehrslasten.

Nach Anwahl des Menüeintrags erhalten Sie eine Dialogbox mit dem **verteilten** Erddruckwerte, d. Der in dieser Dialogbox vorgeschlagene Wert für den Erddruck e_d wird auch für den Durchstanznachweis übernommen. Nach Bestätigung oder auch gegebenenfalls Änderung des berechneten Erddruckwerts werden die gemäß den obigen Erläuterungen ermittelten maximalen Nagelkräfte in einer weiteren Dialogbox aufgelistet. Der maximale Wert aller Nägel wird mit dem horizontalen Nagelabstand multipliziert und als Bemessungswert für den Durchstanznachweis vorgeschlagen. Dieser Wert kann, falls gewünscht, geändert werden.

Die Pressung unter dem Durchstanzbereich wird gemäß EC 2 von der Nagelkraft abgezogen. Die Pressung ergibt sich aus dem abgeminderten Erddruck. Neben diesen Angaben sind gemäß EC 2 für den Durchstanznachweis noch anzugeben:

- Nutzbare Höhe der Betonschale im Bereich des Nachweises in % der Dicke der Betonschale,
- Breite der Nagelplatte (= Höhe),
- vorhandene Biegebewehrung,
- verwendeter Beton,
- verwendeter Betonstahl.

Nach Eingabe der Werte und Bestätigung mit dem Knopf "**OK**" wird der Nachweis geführt und Sie erhalten alle maßgebenden Werte des Nachweises angezeigt.

8.8.10 GGU-STABILITY: Nagelwand - Bauzustände

Die innere Sicherheit der Nagelwand muss auch für Zwischenzustände untersucht werden. Ein Bauzustand liegt vor, wenn bis zur Nagelebene bzw. darunter ausgehoben worden ist, der Nagel aber noch nicht gesetzt ist. Diese Zwischenzustände können mit dem Programm einfach berechnet werden, wenn Sie in der Dialogbox "**Nagelwand / einstellen**" den Schalter "**Bauzustand untersuchen**" aktivieren. Bei der Berechnung der Gleitkörper wird dann jeweils die Wirkung des ersten Nagels über dem Schnittpunkt des Polygons mit der Wand auf "**0**" gesetzt.

8.9 GGU-STABILITY: Allgemeines zur Berechnung mit Faserkohäsion

Nichtbodenähnliche Abfälle wie z.B. unbehandelter Restmüll unterscheiden sich in ihrem Scherverhalten deutlich von Boden und bodenähnlichen Abfällen (Erdaushub, abgesiebte MBA-Fractionen). Die Deutsche Gesellschaft für Geotechnik empfiehlt in ihren GDA-Empfehlungen entsprechend dieser Klassifizierung unterschiedliche Berechnungsverfahren. Nichtbodenähnliche Abfälle führen bei üblicher Einbautechnik zu geschichteten, anisotropen Deponiekörpern. Die Standsicherheitsberechnung für anisotrope Deponiekörper wird in der GDA-Empfehlung E 2-29 behandelt.

Nichtbodenähnliche Abfälle werden in abfallmechanischer Hinsicht in Anlehnung an die Grundsätze faserbewehrter Böden als Kompositmaterial, bestehend aus einer Grundmatrix und einer Fasermatrix, betrachtet. Nach der Modellvorstellung über das Zusammenwirken von Zug- und Reibungskräften in einem Kompositmaterial ergibt die Überlagerung der beiden Scherfestigkeitskomponenten i. A. eine nichtlineare Bruchbedingung. Derartige Bruchbedingungen sind von bewehrten Erdkörpern bekannt (EBGEO). Ursache der Nichtlinearität ist die begrenzte Normalspannungsabhängigkeit der Bewehrungswirkung.

Die Größe der aufnehmbaren Zugkräfte hängt von den Eigenschaften der Fasern und der Kornmatrix sowie von der Auflast ab. Die Festigkeitseigenschaften der Fasermatrix werden durch zwei Materialkennwerte beschrieben:

- die faserspezifische Zugfestigkeit $z_{\max}$
- den Winkel ζ

Dazu kann ein auflastunabhängiger Anteil der Zugfestigkeit (z_0) kommen, der von einer Kohäsion c der Grundmatrix nicht unterschieden werden kann. Der Winkel ζ beschreibt die Normalspannungsabhängigkeit der Bewehrungswirkung. Die Aufnahme der Zugkräfte durch die Fasern ist begrenzt durch die faserspezifische Zugfestigkeit $z_{\max}$. Bei Erreichen der faserspezifischen Zugfestigkeit reißen die Fasern, die Tragwirkung der Fasermatrix versagt.

Für die Ermittlung der Scherfestigkeit des anisotropen Abfallkörpers werden die Scherfestigkeitsanteile der Grund- und der Fasermatrix bestimmt. Dann werden die beiden Komponenten in der Berechnung überlagert. Aus den Zugkräften in den Fasern wird die so genannte Faserkohäsion $\tau(z)$ berechnet. Eine Besonderheit faser- und folienhaltiger, nichtbodenähnlicher Abfälle besteht darin, dass beim Dünnschichteinbau durch das Überfahren mit dem Kompaktor das Material plattgedrückt und horizontal ausgerichtet wird. Daraus ergibt sich das anisotrope Festigkeitsverhalten. Die Aktivierung der Faserkohäsion $\tau(z)$ hängt vom Winkel ϑ zwischen Faserlage und Scherfuge ab.

Mit den nach Grund- und Fasermatrix unterschiedenen Materialkennwerten (φ_{GM} , c_{GM} , ζ , z_{max}) können Standsicherheitsberechnungen durchgeführt werden. Durch den getrennten Ansatz kann einerseits die Anisotropie der Fasermatrix rechnerisch berücksichtigt werden, andererseits kann trotz der nichtlinearen Bruchbedingung mit auflastunabhängigen Materialkennwerten gearbeitet werden. Grundlage der Böschungsbruchberechnungen ist das Lamellenverfahren (DIN 4084:2002-11). Die Formel für die Berechnung der Lamellensohlkraft wird um einen Term für die vom Winkel ϑ abhängige Faserkohäsion erweitert. Die Lamellensohlkraft T berechnet sich zu:

$$T = \frac{G \cdot \tan \varphi_{GM} + c_{GM} \cdot b + G \cdot \tan \zeta \cdot \sin(1,5\vartheta)}{\mu \cdot \sin \vartheta \cdot \tan \varphi_{GM} + \cos \vartheta}$$

Dabei wird die folgende Bedingung eingehalten:

$$G / b \cdot \tan \zeta < z_{max}$$

Beim Ansatz der Kohäsion c_{GM} ist zu berücksichtigen, dass auflastunabhängige Anteile der Scherfestigkeit sowohl bei der Grundmatrix (Kohäsion c_{GM}), als auch bei der Fasermatrix (auflastunabhängige Faserkohäsion $\tau(z_0)$ aus den auflastunabhängigen Zugspannungen) auftreten können. Da diese auflastunabhängigen Scherfestigkeitsanteile nicht exakt unterschieden werden können, dürfen diese nicht gleichzeitig in der Berechnung angesetzt werden.

Neben der Erweiterung der Formel zur Berechnung der Lamellensohlkraft wurden an den dem Programm zugrunde liegenden Berechnungsverfahren keine Änderungen vorgenommen. Es gelten die Ausführungen aus den " **Theoretischen Grundlagen: Allgemeines zu Janbu und Bishop**".

Die Eingabe der Bodenkennwerte ist in " **Beispiel 2 - Dateneingabe von Hand**" in " **Schritt 2: Systemdaten eingeben (Bsp. 2) / Bodenkennwerte**" für die konventionelle Berechnung ohne Faserkohäsion beispielhaft erläutert. Bei der Berechnung mit Faserkohäsion werden wie oben beschrieben weitere Kennwerte benötigt, die in die entsprechende Eingabemaske der Bodenkennwerte einzugeben sind (*Beispiele nach GDA-Empfehlung E 2-35 und Collins et al., 1997*).

Öffnet Tabelle im VollbildmodusÖffnen

Boden	Reibungs- winkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Wichte [kN/m ³]	PW- Beiwert [-]	Zug- winkel [°]	Aktivier- grad [-]
Restmüll	25	10	9		35	0,7 - (1,
Altmüll	30	15	11		20	0,7 - (1,
MBA	35	15	12		14	0,7 - (1,
MBA < 60	35	15	13		7	0,7 - (1,

Der Kennwert Aktivierungsgrad beschreibt das Verbundverhalten bei der Umsetzung der Zugkräfte in die Faserkohäsion. Neben der Verbundwirkung werden auch Effekte der Faserumlagerung u. ä. global berücksichtigt. Bei gutem Verbund (homogene Durchmischung von Grund- und Fasermatrix, reibungsstarke Grundmatrix usw.) kann der Aktivierungsgrad 1 betragen. Da es nur begrenzte Kenntnisse zum Verbundverhalten gibt, wird ein zurückhaltender Aktivierungsgrad von 0,7 empfohlen (Kölsch, 1996). In der Berechnung wirkt sich der Aktivierungsgrad wie ein zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert auf die Faserkohäsion aus.

9 Menütitel Datei

9.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Neu"

Sie können alle bisherigen Eingaben nach einer Sicherheitsabfrage löschen und somit ein neues System eingeben (siehe Menüeintrag "**Editor 1 /System einstellen**").

9.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Laden"

Sie können eine Datei mit Systemdaten, die Sie im Rahmen einer vorherigen Sitzung erzeugt und abgespeichert haben, laden und an diesem System anschließend Veränderungen vornehmen oder andere Mittelpunkte bzw. Gleitkörper untersuchen.

9.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Speichern"

Sie können die im Rahmen des Programms eingegebenen oder geänderten Daten in eine Datei speichern, um sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder verfügbar zu haben oder um sie zu archivieren. Die Daten werden ohne Abfrage unter dem Namen der aktuell geöffneten Datei abgespeichert. Die Datei enthält alle Systemeingaben (einschließlich Gleitkreismittelpunkten und polygonalen Gleitkörpern). Ein späteres Laden erzeugt exakt die gleiche Darstellung, wie Sie beim Speichern vorgelegen hat.

9.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Speichern unter"

Sie können die im Rahmen des Programms eingegebenen Daten in eine bestehende oder neue Datei, d.h. unter einem neuen Dateinamen speichern. Es ist sinnvoll, als Dateiendung hier "**.boe**" vorzugeben, da unter dem Menüeintrag "**Datei / Laden**" aus Gründen der Übersichtlichkeit eine Dateiauswahlbox erscheint, die nur Dateien mit dieser Endung anzeigt. Wenn Sie beim Speichern keine Endung vergeben, wird automatisch die Endung "**.boe**" gewählt.

9.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Mittelpunkte laden"/"Gleitkörperdaten laden"

Sie können je nach gewähltem Berechnungsverfahren eine Datei mit dem Mittelpunktraster (Endung "**.rst**") bzw. eine Datei mit den polygonalen Gleitkörpern (Endung "**.gkp**") laden, die im Rahmen einer vorherigen Sitzung abgespeichert wurde.

9.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Mittelpunkte speichern"/"Gleitkörperdaten speichern"

Sie können je nach gewähltem Berechnungsverfahren eine Datei erzeugen, die die aktuellen Werte des Mittelpunktrasters (Endung ".rst") bzw. der polygonalen Gleitkörper (Endung ".gkp") enthält.

Da diese Informationen auch in der Hauptdatei abgespeichert werden, ist die getrennte Abspeicherung der Bruchkörpergeometrien im Allgemeinen nur sinnvoll, wenn Sie diese Geometrien in ein anderes Böschungssystem übernehmen wollen.

9.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Drucker einstellen"

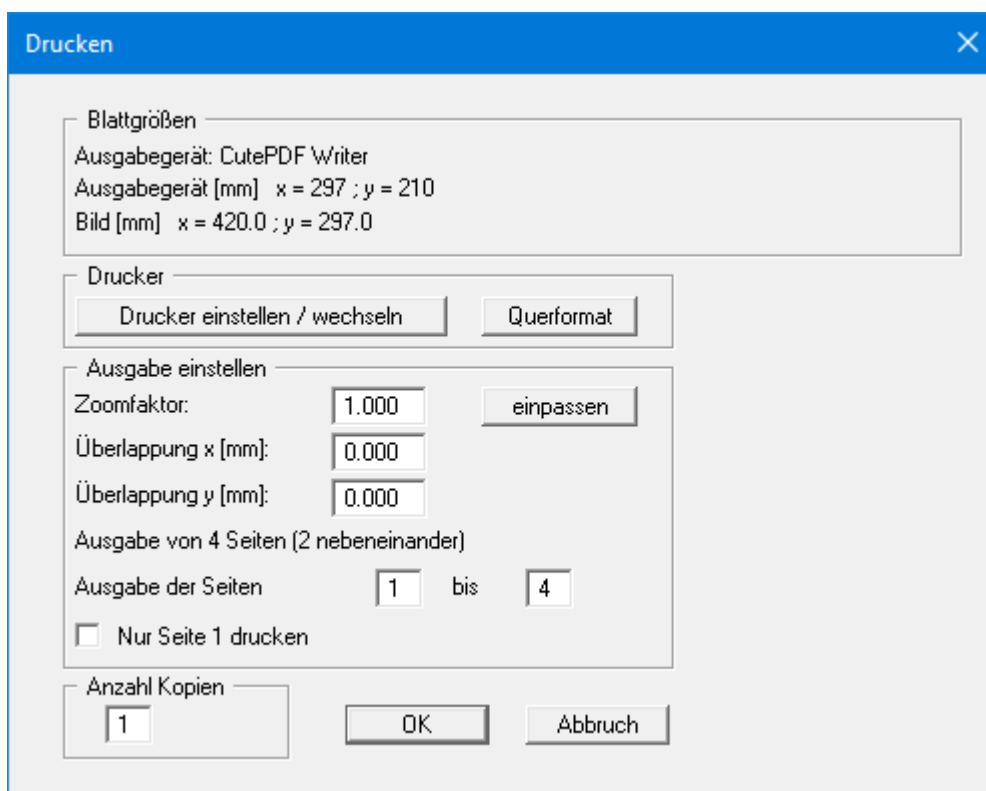
Sie können gemäß den WINDOWS-Konventionen die Einstellung des Druckers ändern (z.B. Wechsel zwischen Hoch- und Querformat) bzw. den Drucker wechseln.

9.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Drucken"

Sie können Ihr Ausgabeformat in einer Dialogbox auswählen. Dabei haben Sie die folgenden Möglichkeiten:

- " **Drucker** "

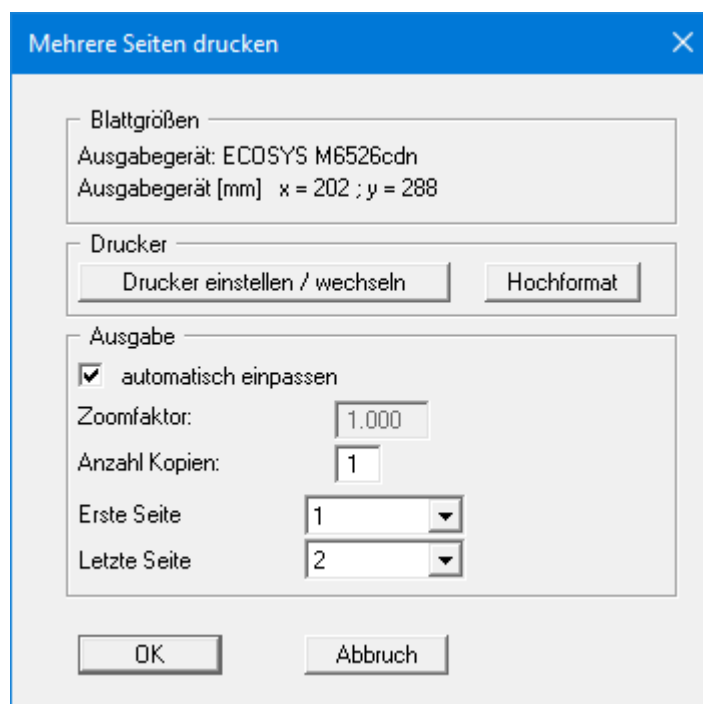
bewirkt die Ausgabe der aktuellen Bildschirmgrafik (Normaldarstellung) auf dem WINDOWS-Standarddrucker oder auf einem anderen, im Menüeintrag " **Datei / Drucker einstellen** " ausgewählten Drucker. Sie können aber auch direkt in der folgenden Dialogbox über den Knopf " **Drucker einstellen / wechseln** " einen anderen Drucker auswählen.



Im oberen Teil der Dialogbox werden die maximalen Abmessungen angegeben, die der ausgewählte Drucker beherrscht. Darunter können die Abmessungen der auszugebenden Zeichnung abgelesen werden. Wenn die Zeichnung größer als das Ausgabeformat des Druckers ist, wird die Zeichnung auf mehrere Blätter gedruckt (im obigen Beispiel 4). Um die Zeichnung später besser zusammenfügen zu können, besteht die Möglichkeit, zwischen den einzelnen Teilausgaben der Zeichnung eine Überlappung in x- und y-Richtung einzustellen.

Alternativ besteht auch die Möglichkeit, einen kleineren Zoomfaktor zu wählen, der die Ausgabe eines einzelnen Blattes sicherstellt (Knopf " **einpassen** "). Anschließend kann dann auf einem Kopierer wieder auf das Originalformat vergrößert werden, um die Maßstabstreue zu sichern. Sie können mit Zoomfaktor = 1.0 auch nur die 1. Seite ausdrucken, dabei wird der untere linke Bereich gedruckt. Außerdem kann die Anzahl der Kopien eingegeben werden.

Wenn Sie auf dem Bildschirm die Protokolldarstellung aktiviert haben, erhalten Sie über den Menüeintrag " **Drucken** " Knopf " **Drucker** " eine andere Dialogbox für die Ausgabe.



Sie können hier die Seiten des Protokolls auswählen, die ausgedruckt werden sollen. Um eine Ausgabe mit dem Zoomfaktor 1 zu erhalten (Knopf "**automatisch einpassen**" ist deaktiviert), müssen Sie das Blattformat Ihrer Protokollseite so weit verkleinern, dass es innerhalb des bedruckbaren Bereichs des Ausgabegerätes liegt. Nutzen Sie dazu die Dialogbox unter "**Datei / Protokoll ausgeben**" Knopf "**Ausgabe als Grafik**".

In einigen Programmen können Sie eine Darstellung der Systemgrafik in das Protokoll übernehmen, wenn Sie den dort vorhandenen Schalter "**Hauptgrafik drucken**" aktivieren.

- "**DXF-Datei**"

ermöglicht die Ausgabe der Grafik in eine DXF-Datei. DXF ist ein sehr verbreitetes Datenformat, um Grafiken zwischen unterschiedlichen Anwendungen auszutauschen.

- "**GGU-CAD-Datei**"

ermöglicht die Ausgabe des aktuellen Bildschirminhalts in eine Datei, um mit dem Programm **GGU-CAD** die Zeichnung weiterzuverarbeiten. Gegenüber der Ausgabe als DXF-Datei hat das den Vorteil, dass keinerlei Qualitätsverluste hinsichtlich der Farbübergabe beim Export zu verzeichnen sind.

- "**Zwischenablage**"

Der aktuelle Bildschirminhalt wird in die WINDOWS-Zwischenablage kopiert. Von dort aus kann er zur weiteren Bearbeitung in andere WINDOWS-Programme, z.B. eine Textverarbeitung, übernommen werden. Für den Import in ein anderes WINDOWS-Programm muss man im Allgemeinen dort den Menüeintrag "**Bearbeiten / Einfügen**" wählen.

- "**Metadatei**"

Eine Metadatei ermöglicht die Ausgabe des aktuellen Bildschirminhalts in eine Datei, um im Rahmen eines anderen Programms die Zeichnung weiterzuverarbeiten. Die Ausgabe erfolgt im sogenannten EMF-Format (Enhanced Metafile-Format), das standardisiert ist. Die Verwendung des Metadatei-Formats garantiert die bestmögliche Qualität bei der Übertragung der Grafik.

Wenn Sie das Symbol "**Bereich kopieren/drucken**"

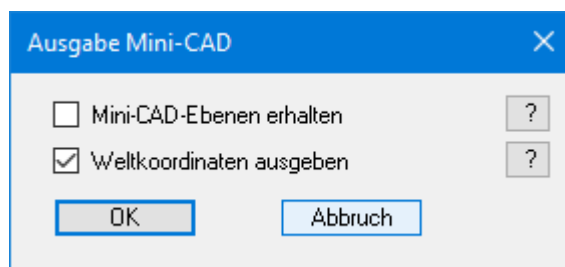


aus der Symbolleiste des Programms wählen, können Sie auch Teilbereiche der Grafik in die Zwischenablage transportieren oder als EMF-Datei abspeichern. Alternativ können Sie den markierten Bereich direkt auf Ihrem Drucker ausdrucken (siehe "**Tipps und Tricks**").

Über das Programmmodul "**Mini-CAD**" können Sie auch entsprechende EMF-Dateien, die von anderen GGU-Programmen erzeugt wurden, in Ihre Grafik einbinden (siehe Menüeintrag "**Ansicht / Mini-CAD**").

- "**Mini-CAD**"

ermöglicht die Ausgabe der Grafik in eine Datei, die in jedem anderen GGU-Programm mit dem entsprechenden **Mini-CAD**-Modul eingelesen werden kann.



Wenn der Schalter "**Mini-CAD-Ebenen erhalten**" aktiviert ist, wird die Ebenenzuordnung für eventuell vorhandene **Mini-CAD**-Elemente gespeichert. Ansonsten werden alle **Mini-CAD**-Elemente auf Ebene 1 gespeichert und in einem anderen GGU-Programm über die "**laden**"-Funktion im **Mini-CAD** Popup-Menü dort auch auf Ebene 1 eingefügt.

Durch Aktivierung des Schalters "**Weltkoordinaten ausgeben**" wird die vorhandene Grafik in den Koordinaten des Systems [m] gespeichert. Ansonsten erfolgt eine Abspeicherung in Blattkoordinaten [mm]. Wenn Sie die mit den "**Weltkoordinaten**" gespeicherte **Mini-CAD**-Datei in einem anderen GGU-Programm laden, werden diese Koordinaten mit übergeben. Nach Einlesen der Datei und Drücken auf die Funktionstaste [F9] (Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten neu berechnen**") werden die Systemkoordinaten und der Maßstab entsprechend der übergebenen Weltkoordinaten korrigiert.

- "**GGUMiniCAD**"

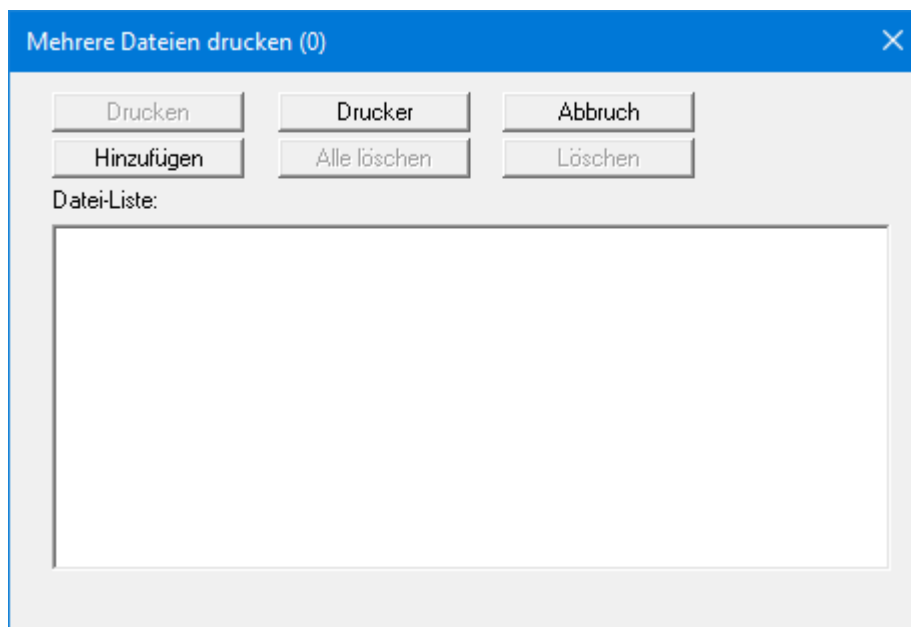
ermöglicht die Ausgabe des aktuellen Bildschirminhalts in eine Datei, um die Zeichnung im Programm **GGUMiniCAD** weiter zu verarbeiten.

- "**Abbruch**"

Die Aktion "**Drucken**" wird abgebrochen.

9.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Mehrere Dateien drucken"

Wenn Sie mehrere mit dem Programm erstellte Anlagen hintereinander ausdrucken möchten, wählen Sie diesen Menüeintrag. Sie erhalten die folgende Dialogbox:



Über "**Hinzufügen**" wählen Sie die gewünschten Dateien aus und stellen sie in einer Liste zusammen. Die Anzahl der Dateien wird in der Kopfzeile der Dialogbox angezeigt. Über "**Löschen**" können Sie einzelne Dateien, die Sie vorher in der Liste markiert haben, löschen. Eine neue Liste können Sie nach Auswahl des Knopfes "**Alle löschen**" erstellen. Die Auswahl des gewünschten Druckers und die Druckereinrichtung erreichen Sie über den Knopf "**Drucker**".

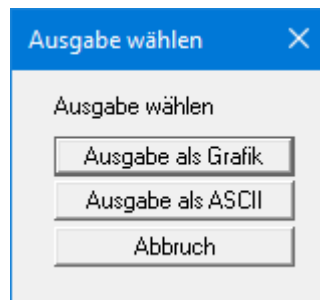
Den Ausdruck starten Sie über den Knopf "**Drucken**". In der Dialogbox, die anschließend erscheint, können Sie weitere Einstellungen für die Druckausgabe treffen, z.B. Anzahl der Kopien. Diese Einstellungen werden auf alle in der Liste stehenden Dateien angewendet.

9.10 Menüeintrag "Protokoll ausgeben"

9.10.1 GGU-STABILITY: Wahl des Ausgabeformates (Protokoll)

Sie können ein Protokoll des aktuellen Stands der Berechnung auf dem angeschlossenen Drucker oder auf eine Datei (z.B. für eine Weiterverarbeitung im Rahmen einer Textverarbeitung) ausgeben. Die Ausgabe beinhaltet alle Informationen des aktuellen Standes der Berechnung einschließlich Systemdaten.

Sie haben die Möglichkeit, das Protokoll innerhalb des Programms als Anlage für Ihren Bericht zu gestalten und auszudrucken. Wählen Sie dazu in der folgenden Auswahlbox " **Ausgabe als Grafik**".



Wenn Sie die Daten ohne großen Aufwand ausgeben oder in einem anderen Programm bearbeiten möchten, haben Sie die Möglichkeit über den Knopf " **Ausgabe als ASCII**" die Daten direkt auf den Drucker zu schicken oder in eine Datei zu speichern.

9.10.2 GGU-STABILITY: Knopf "Ausgabe als Grafik" (Protokoll)

Wenn Sie den Knopf " **Ausgabe als Grafik**" gewählt haben, erhalten Sie eine weitere Dialogbox, in der Sie Einstellungen zur Darstellung der Ergebnisse treffen können.

Grafik-Protokoll einstellen

Blattgrößen

Blatthöhe [mm] 297.0

Blattbreite [mm] 210.0 ☒ Schneidkanten

Blattränder [mm]

links: 25.00 rechts: 8.00

oben: 8.00 unten: 8.00

☒ Blattkanten

Ränder Protokollausdruck

Oberer Rand [mm] 12.0

Unterer Rand [mm] 12.0

Linker Rand [mm] 5.0

Rechter Rand [mm] 5.0

Schrift

Schriftgröße [mm] 2.5

Zeiligkeit 1.2

Kopf

☒ mit Kopfzeilen Edit

Fuß

☒ mit Fußzeilen Edit

Speichern Laden

OK Abbruch

Sie können in den verschiedenen Bereichen der Dialogbox Ihr gewünschtes Layout für die Protokollausgabe einstellen. In einigen GGU-Programmen ist zusätzlich der Knopf "**Graphik einbinden**" vorhanden. Durch Aktivierung des Knopfes wird eine Systemskizze in das Protokoll übernommen.

Wenn Sie mit einer Kopf- oder Fußzeile (z.B. für eine Seitennummerierung) arbeiten möchten, aktivieren Sie die entsprechenden Knöpfe "**mit Kopfzeilen**" und/oder "**mit Fußzeilen**" und klicken anschließend auf den Knopf "**Edit**". In einer weiteren Dialogbox können Sie die gewünschten Eingaben durchführen. Sie können Ihre Einstellungen für die grafische Protokolldarstellung in eine Datei "**Protokoll.pin_ggu**" auf Programmebene speichern, damit sie bei Programmstart geladen werden. Über den Knopf "**Laden**" können die Protokolleinstellungen auch nachträglich in eine bereits vorhandene Datei, auch eines anderen GGU-Programms, geladen werden.

Sie können hier auch eine automatische Seitennummerierung nutzen, wenn Sie mit den angegebenen Platzhaltern arbeiten. Nach Verlassen der Dialogboxen mit "OK" wird das Protokoll seitenweise auf dem Bildschirm dargestellt. Um zwischen den Blättern zu wechseln, benutzen Sie die Pfeil-Symbole



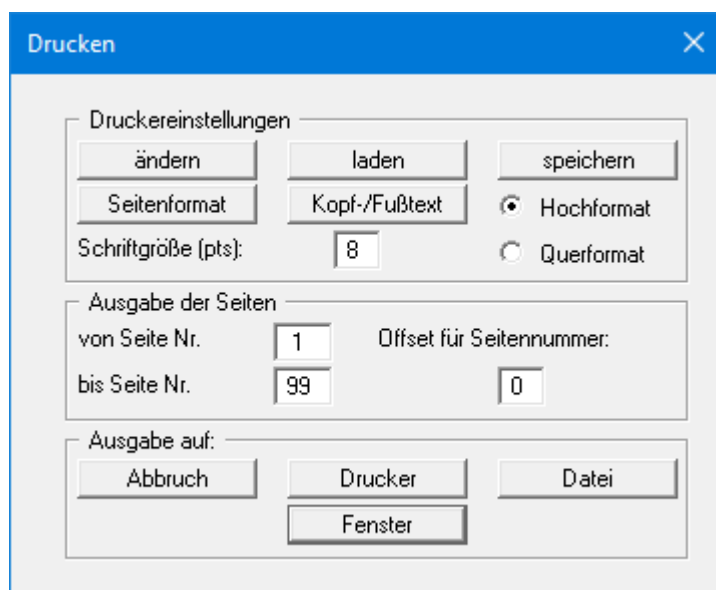
in der Smarticonleiste. Möchten Sie zu einer bestimmten Seite springen oder wieder auf die Normaldarstellung, also Ihrer Grafikdarstellung, zurückgehen, klicken Sie auf das Symbol



. Sie erhalten dann die folgende Auswahlbox:

9.10.3 GGU-STABILITY: Knopf "Ausgabe als ASCII" (Protokoll)

Sie können die Daten Ihrer Berechnung oder Ihrer Versuchsergebnisse ohne weitere Bearbeitung des Layouts direkt auf einem angeschlossenen Drucker ausgeben oder für die Bearbeitung mit einem anderen Programm, z.B. einer Textverarbeitung, in eine Datei speichern.



In der Dialogbox können Sie die Ausgabe einstellen:

- Bereich "**Druckereinstellungen**"

Mit dem Knopf "**ändern**" können Sie die aktuelle Druckereinstellung verändern oder einen anderen Drucker auswählen. Mit dem Knopf "**speichern**" können Sie alle Einstellungen dieser Dialogbox in eine Datei speichern, um Sie bei einer späteren Sitzung wieder verfügbar zu haben. Wenn Sie als Dateinamen den Programmnamen mit der Erweiterung "**.drk**" wählen und diese Datei auf Programmebene abspeichern (Voreinstellung), wird beim nächsten Programmstart diese Datei automatisch geladen.

Mit dem Knopf "**Seitenformat**" stellen Sie unter anderem die Größe des linken Randes und die Zeilenanzahl pro Seite ein. Mit dem Knopf "**Kopf-/Fußtext**" können Sie für jede Seite einen Kopftext und einen Fußtext eingeben. Wenn innerhalb dieses Textes das Zeichen **#** erscheint, wird beim späteren Ausdruck hierfür die aktuelle Seitennummer eingesetzt (z.B. **Seite #**). Die Größe der Schrift kann in "**Pts**" vorgegeben werden. Des Weiteren können Sie zwischen "**Hochformat**" und "**Querformat**" wechseln.

- Bereich "**Ausgabe der Seiten**"

Sie können, wenn die Seitennummerierung nicht bei **1** beginnen soll, auch einen Offset für die Seitennummer eingeben. Zur aktuellen Seitenzahl wird dieser Offset addiert. Mit "**von Seite Nr.**" "**bis Seite Nr.**" legen Sie den Ausgabe-Bereich fest.

- Bereich "**Ausgabe auf:**"

Starten Sie die Ausgabe durch Klicken auf "**Drucker**" oder "**Datei**". Den Dateinamen können Sie in der aufklappenden Box vergeben oder auswählen. Wenn Sie den Knopf "**Fenster**" wählen, werden die Ergebnisse in einem zusätzlichen Fenster ausgegeben. In diesem Fenster stehen Ihnen weitere Editiermöglichkeiten des Textes vor der Ausgabe, sowie das Laden, das Speichern und das Drucken des Textes zur Verfügung.

9.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Beenden"

Sie können nach einer Sicherheitsabfrage das Programm beenden.

9.12 GGU-STABILITY: Menüeinträge "1,2,3,4"

Wenn Sie kein Arbeitsverzeichnis für das Programm-Icon hinterlegt haben, springt das Programm nach dem Starten zum Laden oder Speichern einer Datei in das Programmverzeichnis.

Unter den Menüeinträgen des Menütitels Datei werden Ihnen die zuletzt bearbeiteten Dateien mit dem jeweiligen Speicherpfad aufgelistet ("1, 2, 3, ..."). Durch Auswahl einer dieser Dateien wird die ausgewählte Datei geladen. Beim nächsten Aufruf der Menüeinträge "**Datei / Laden**" oder "**Datei / Speichern**" in derselben Programmsitzung springt das Programm automatisch in das Verzeichnis der zuletzt geladenen Datei.

10 Menütitel Editor 1

10.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "System einstellen"

Sie erhalten die folgende Dialogbox:

The dialog box 'System einstellen' contains the following sections and options:

- Norm:** Radio buttons for ☒ EC 7, ☐ DIN 4084:2009, ☐ DIN 4084:1996, and ☐ DIN 4084:1981.
- Berechnung von:** Radio buttons for ☒ Böschungsbruch and ☐ Grundbruch.
- Verfahren:** Radio buttons for ☒ Bjshop (Kreise / Lamellen), ☐ Krey (Kreise / Lamellen), ☐ Janbu (Polygone / Lamellen), ☐ Starkkörperbruchmechanismen, and ☐ Blockgleitmethode.
- Porenwasserdruckansatz:** Radio buttons for ☒ Porenwasserdruck-Linie and ☐ Porenwasserdruck-Netz.
- Geosynthetics:**
 - ☒ Geosynthetics über Firmenprodukte (with a '?' button).
 - Firma: Dropdown menu showing 'HUESKER: Fortrac T'.
 - ☒ Firmenprodukte in Datensatz speichern.
- Stahlbänder:**
 - ☐ Stahlbänder verwenden
 - ☐ fi* nach Tabelle 6 M SASE
- Drahtgeflechte:**
 - ☐ Drahtgeflechte verwenden (with a '?' button).
- Rüttelstopfverdichtung RSV:**
 - ☐ RSV vorhanden
- Kapillarkohäsion:**
 - ☐ mit Kapillarkohäsion (with a '?' button).
- Klüftung:**
 - ☐ Klüftung vorhanden
- Stabilisierungssäulen (StS):**
 - ☐ StS vorhanden
- Konstruktive Elemente:**
 - ☐ Aktivierte Kraft durch eta teilen (with a '?' button).

Buttons at the bottom: OK and Abbruch.

- Bereich "**Norm**"

Hier wählen Sie aus, nach welcher Norm Sie eine Böschungsbruchberechnung durchführen möchten.

- Bereich "**Berechnung von:**"

Sie stellen ein, ob Sie eine Böschungsbruchberechnung (Standardfall) oder eine Grundbruchberechnung durchführen möchten. Bei einer Grundbruchberechnung sind zusätzlich Angaben zu einem Streifenfundament (siehe Menüeintrag "**Editor 1 / Fundament**") erforderlich. Die Sicherheitsaussage wird dann aus einem Vergleich der Bruchlast V_b und der vorhandenen Streifenfundamentlast V_{vorh} erhalten (siehe auch "**Theoretische Grundlagen: Sicherheitsdefinitionen**"):

$$\eta = V_b / V_{vorh}$$

Das Programm variiert bei einer Grundbruchberechnung die Last V_b , bis die Böschungsbruchsicherheit gemäß DIN 4084 $\eta = 1,0$ bzw. der Ausnutzungsgrad $\mu = 1,0$ ist.

- Bereich "**Verfahren:**"

Wählen Sie das Verfahren, das angewendet werden soll. Je nach ausgewähltem Verfahren ändert sich anschließend in der Menüleiste der Menütitel "**Mittelpunkte**" in "**Gleitkörper**" bzw. umgekehrt.

- Bereich "**Porenwasserdruckansatz:**"

Im Allgemeinen werden Porenwasserdrücke in Böschungen mit einer Porenwasserdrucklinie definiert. Entsprechende Programme (auch **GGU-STABILITY**) berechnen den Porenwasserdruck im Lamellenfußpunkt aus dem vertikalen Abstand zwischen dem Lamellenfußpunkt und der darüber liegenden Porenwasserdrucklinie. Diese Vorgehensweise impliziert die Annahme, dass die Böschung ausschließlich horizontal durchströmt wird. Diese Annahme ist für eine Vielzahl von Böschungen ausreichend genau.

Bei komplizierten Strömungsverhältnissen (z.B. Damm mit Außenhautdichtung) ist diese Annahme jedoch nicht mehr gerechtfertigt. Auch die Berücksichtigung von Artesern kann nur in einigen Sonderfällen Abhilfe schaffen. Eine korrekte Berücksichtigung von komplizierten Strömungsverhältnissen kann daher nur erfolgen, wenn in jedem Böschungspunkt der Porenwasserdruck definiert ist.

Das Programm **GGU-STABILITY** ermöglicht eine entsprechende Definition über ein Porenwasserdrucknetz (Dreiecksnetz), das sich über den gesamten Bereich der zu untersuchenden Böschung erstrecken muss. Mit dem Schalter "**Porenwasserdruck-Netz**" aktivieren Sie eine entsprechende Berechnungsform. Für die Definition des Dreiecksnetzes steht der Menütitel "**PW-Netz**" mit insgesamt 15 Menüeinträgen zur Verfügung.

- Bereich "**Geosynthetics**"

Am einfachsten greifen Sie bei der Verwendung von Geosynthetics auf Firmenprodukte zu. Der Schalter "**Geosynthetics über Firmenprodukte**" ist bei Programmstart aktiviert und Sie können im folgenden Auswahlmenü den gewünschten Geosynthetics-Hersteller auswählen.

Bei der späteren Definition von Geosynthetics können Sie zwischen den Produkten des hier eingestellten Herstellers und seines Produktbereichs auswählen (siehe Menüeinträge "**Nagelwand / Nägel von Hand**" oder "**Nagelwand / generieren**" und "**Editor 1 / eingeben**" Knopf "**Geosynthetics**").

Die Aktivierung des Schalters "**Firmenprodukte in Datensatz speichern**" in der obigen Dialogbox ist die empfohlene Einstellung. Wenn Ihre Datei auf einem Rechner geöffnet wird, auf dem die verwendeten ".**ggu-geo**"-Dateien nicht zur Verfügung stehen, werden ansonsten die ursprünglich gewählten Produkte gelöscht. Die Produktlisten der unterschiedlichen Geosynthetics-Hersteller können Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / Geosynthetics Tabellenwerte**" bearbeiten.

- Bereich "**Stahlbänder**"

Aktivieren Sie diesen Schalter, wenn Sie zur Böschungsstabilisierung Stahlbänder einsetzen möchten. Im Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" wird Ihnen dann anstelle des Knopfes "**Geosynthetics**" der Knopf "**Stahlbänder**" angeboten.

- Bereich "**Drahtgeflechte**"

Aktivieren Sie diesen Schalter, wenn Sie zur Böschungsstabilisierung Drahtgeflechte einsetzen möchten. Drahtgeflechte können mit Zuggliedern nachgebildet werden. Im Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" steht Ihnen dafür der Knopf "**Zugglieder**" zur Verfügung.

- Bereich "**Rüttelstopfverdichtung**"

Über den Schalter "**Rüttelstopfverdichtung (Priebe) vorhanden**" aktivieren Sie die Berücksichtigung einer Rüttelstopfverdichtung nach Priebe (Heinz J. Priebe, *Die Bemessung von Rüttelstopfverdichtung*, Ground Engineering, Dezember 1995). Es ist dann die Eingabe entsprechender Kennwerte für die verbesserte Bodenschicht möglich (siehe Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" Knopf "**Bodenkennwerte**").

- Bereich "**Kapillarkohäsion**"

Viele nichtbindige Böden besitzen eine sogenannte Kapillarkohäsion. Wenn diese Böden im Grundwasser liegen, geht die Kapillarkohäsion verloren. Mit diesem Schalter kennzeichnen Sie, dass der angegebene Wert eine Kapillarkohäsion ist, die nur oberhalb des Grundwassers wirksam ist.

- Bereich "**Klüftung**"

Über den Schalter "**Klüftung vorhanden**" aktivieren Sie die Berücksichtigung von Böden mit Klüftfugen, die Sie über den Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" Knopf "**Bodenkennwerte**").

- Bereich "**Stabilisierungssäulen (StS)**"

Über den Schalter "**StS vorhanden**" aktivieren Sie die Berücksichtigung von Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel (siehe Gömmel, R., Neidhart, T. (2016): Zum Ansatz von Stabilisierungssäulen beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit. 10. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, S. 399–409, Technische Akademie Esslingen e.V. (Hrsg.), ISBN 978-3-943563-21-4). Die Stabilisierungssäulen können Sie anschließend über den Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" Knopf "**StS**" definieren.

- Bereich "**Konstruktive Elemente**"

Es gibt einige Beispiele in der Literatur, die bei Erddübeln (z.B. auch DIN 4084, Beispiel 1), Geosynthetics und Erdnägeln die Kraft des jeweiligen Zugglieds durch die aktuelle Sicherheit teilen und dann diesen Wert im Zähler der Beziehungen nach Bishop oder Janbu berücksichtigen. Normalerweise kann der Schalter "**Aktivierte Kraft durch eta teilen**" deaktiviert werden. Die Kraft von konstruktiven Elementen geht dann ohne Abminderung in die Berechnung ein.

Wenn Sie das **Teilsicherheitskonzept** nach DIN 4084:1996, DIN 4084:2009 oder EC 7 gewählt haben und die Dialogbox mit "**OK**" verlassen, erhalten Sie zunächst die Dialogbox zur Einstellung der Teilsicherheitsbeiwerte (siehe Menüeintrag "**Editor 1/ Teilsicherheiten, ...**").

10.2 Menüeintrag "eingeben"

10.2.1 GGU-STABILITY: Eingeben - Zentrale Eingabebox

Unter diesem Menüeintrag erfolgt die Eingabe der Systemdaten manuell über direkte Zahleneingabe. Diese Dateneingabe "**von Hand**" wird aus eigener Erfahrung nur noch zur Korrektur von Geometrien benutzt, die mit der Maus eingegeben wurden.

Sie erhalten zunächst die zentrale Eingabebox für das zu bearbeitende System:

The screenshot shows the 'System eingeben' dialog box with a blue title bar and a close button (X). The dialog contains the following elements:

- ☒ Bildkoordinaten neu nach "fertig"
- Gleitkörperbewegung nach: ☐ links ☒ rechts
- Wasserstand vor der Böschung links [m]:
- Wasserstand vor der Böschung rechts [m]:
- gamma Wasser [kN/m³]:
- Anzahl Lamellen:
- Geländepunkte [0]
- Bodenkennwerte [1]
- Bodenschichten [0]
- Porenwasserdruck [0]
- Ständige Lasten [0] + Verkehrslasten [0]
- Einzelkräfte [0]
- Arteser
- Erdbeben
- Erddübel [0]
- Geosynthetics [0]
- Zugglieder [0]
- Hor. Flächenlasten [0]
-

Für noch nicht so erfahrene Anwender ist es sinnvoll, dass die durchgeführten Eingaben und Einstellungen direkt nach Verlassen der obigen Dialogbox auf dem Bildschirm dargestellt werden. Der Schalter "**Bildkoordinaten neu nach "fertig"**" ist daher in der Grundeinstellung des Programms aktiviert. Nach der Einarbeitung kann dieser stete Neuaufbau des Bildschirms erfahreneren Anwendern lästig werden, die diesen Schalter dann deaktivieren. Das Programm **GGU-STABILITY** startet beim nächsten Mal mit der zuletzt gemachten Einstellung, unabhängig davon, ob eine Datei geladen wird oder eine Neueingabe erfolgt.

Je nach System können Sie auch Böschungen berechnen, die nach rechts brechen. Bei einer Wandberechnung (siehe Menütitel "**Nagelwand**") ist aber nur eine Gleitkörperbewegung nach links möglich.

Hinweis zu Wasserständen:

Aus diesen Wasserständen berechnet das Programm die Wasserauflast im Bereich einer Lamelle und die horizontale Beanspruchung der Böschung infolge des Wasserdrucks. Liegt ein Wasserstand unterhalb der Geländelinie, so ist dieser Wasserstand ohne Bedeutung für die Berechnung.

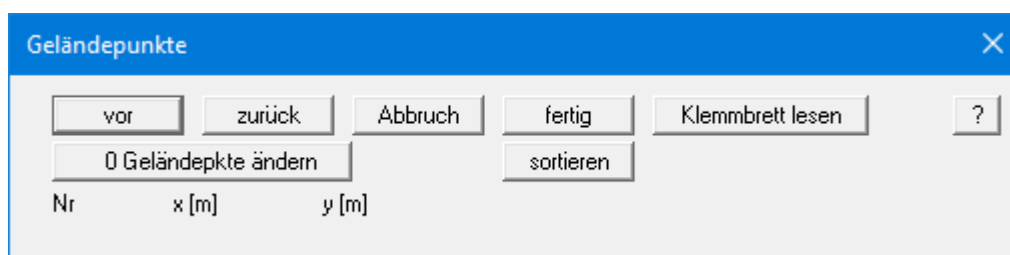
Hinweis zur Lamellenanzahl:

Kleine Lamellenanzahl bedeutet geringe Rechenzeit und verminderte Genauigkeit. Große Lamellenanzahl bedeutet entsprechend hohe Rechenzeit mit erhöhter Genauigkeit. Die minimal erforderliche Lamellenanzahl ist weiterhin auch von der Komplexität der Böschung abhängig. So erfordert eine Böschung mit stark geschichtetem Aufbau eine höhere Lamellenanzahl als eine homogene Böschung. Empfehlenswert ist eine Berechnung mit einer Lamellenanzahl von mindestens 50.

Zur weiteren Eingabe Ihres Systems klicken Sie auf die relevanten Knöpfe und geben in den jeweiligen Dialogboxen Ihre Werte ein. In den folgenden Abschnitten finden Sie nähere Erläuterungen zu den einzelnen Knöpfen. Nach Abschluss Ihrer Eingaben wählen Sie den Knopf "**fertig**".

10.2.2 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Geländepunkte"

Über diesen Knopf geben Sie die Koordinaten der Geländepunkte ein.



Um die Anzahl der Geländepunkte zu verändern, wählen Sie "**0 Geländepkte ändern**". Geben Sie beispielsweise **4** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "**OK**". Sie können nun 4 Koordinatenpaare (x/y) eingeben:

Nr	x [m]	y [m]
1	-15.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000
3	1.0000	6.0000
4	30.0000	6.0000

Hinweis zu Geländepunkten:

Nach dem Verlassen der Dialogbox (über den Knopf " **fertig** ") werden die Koordinatenpaare nach aufsteigenden x-Werten sortiert. Dadurch ist ein einfaches Löschen von Geländepunkten bzw. Einfügen von Geländepunkten möglich. Das Löschen eines Punktes können Sie durch Eingabe eines **großen** x-Wertes und anschließender Reduzierung der Anzahl der Geländepunkte um 1 erreichen. Das Einfügen eines Punktes wird durch Erhöhung der Anzahl der Geländepunkte um 1 und der anschließenden Eingabe des Koordinatenpaares am Ende der Tabelle bewirkt. Noch einfacher können Sie **überflüssige** Geländepunkte mit der Maus (siehe " **Beispiel 1 - Schritt 4: Geländepunkte eingeben (Bsp. 1)** ") ändern.

In der Dialogbox werden parallel maximal 32 Wertepaare dargestellt. Wenn das System mehr als 32 Wertepaare besitzt, dann können Sie mit den Knöpfen " **vor** " und " **zurück** " in der Tabelle blättern.

Noch einfacher können Sie Geländepunkte über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die x-/y-Koordinaten Ihrer Geländepunkte beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die beiden Spalten mit den Werten in die Zwischenablage (" *Bearbeiten / Kopieren* ") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf " **Klemmbrett lesen** " in der obigen Dialogbox einfügen.

10.2.3 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Bodenkennwerte"

Über diesen Knopf geben Sie die Bodenkennwerte des Systems ein. Sie erhalten die folgende Dialogbox:

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	Bezeichnung	dränert
1	32.50	0.00	20.00	75.00	85.00	Sand	☒

Für jeden Boden ist die Angabe von Reibungswinkel, Kohäsion, Wichte und Porenwasserdruckbeiwert erforderlich. Die Bodenkennwerte können auch in eine Datei " **.ggu_bkw** " gespeichert und bei einem anderen Projekt wieder geladen werden.

Über den Knopf "**Gängige Böden**" können Sie die Bodenkennwerte für viele gängige Böden ganz einfach aus einer Datenbank auswählen oder Zwischenwerte daraus ermitteln lassen. In der Dialogbox, die Sie darüber erhalten, können Sie auch eigene Werte einpflegen (Knöpfe "**Tabelle bearbeiten**" / "**x Böden ändern**"). Wenn Sie Änderungen vorgenommen haben, speichern Sie diese in die Datei "**Soils.gng_ggu**" auf Programmebene, damit Ihre geänderte Datenbank-Datei beim Programmstart mit geladen wird. Sie können Ihre einmal angepasste Datei auch in anderen GGU-Programmen mit der Funktion "**Gängige Böden**" nutzen, wenn Sie die Datei in die entsprechenden Programmordner kopieren.

In gesättigten Bereichen geben Sie die Wichte des gesättigten Bodens ein. In nicht gesättigten Bereichen wird die Wichte des feuchten Bodens eingegeben. Als Wichte darf unter keinen Umständen die Wichte des Bodens unter Auftrieb eingegeben werden, da das Programm vertikale Wasserdrücke über Porenwasserdrücke berücksichtigt und damit den genauesten Ansatz enthält.

Der Porenwasserdruckbeiwert ist in die Dateneingabe aufgenommen worden, da DIN 4084 diese Möglichkeit zur Berücksichtigung von Konsolidationsvorgängen vorsieht. Diese Methode gilt mittlerweile als überholt, da sie Fehler in den Ergebnissen, vor allen Dingen bei flachen Böschungen, nach sich ziehen kann. Eine erheblich exaktere Berücksichtigung von Konsolidationsvorgängen ist über die so genannte $\varphi_u = 0$ - Analyse möglich. Dabei werden als Scherparameter die Bodenkennwerte im Anfangszustand (UU-Versuch) φ_u und c_u in die Berechnung eingesetzt. Der Porenwasserdruckbeiwert wird dann zu Null gesetzt. Alternativ besteht auch die Möglichkeit mit Konsolidationsschichten (siehe "**Theoretische Grundlagen: Konsolidationstheorie**") zu rechnen. In diesem Fall geben Sie die Scherparameter des Endzustandes ein.

Wenn Sie mit Zuggliedern arbeiten, geben Sie in der obigen Dialogbox zusätzlich den Bodenkennwert $q_{s,k}$ (= Mantelreibung) ein. Der Bodenkennwert $q_{s,k}$ wird ansonsten nicht berücksichtigt und erscheint auch nicht in der Legende der Bodenkennwerte.

In der Dialogbox kann als weiterer Bodenkennwert $\max \psi(A)$ eingegeben werden, der jedoch nur bei einer Berechnung nach DIN 4084:2009/EC 7 verwendet wird. Mit DIN 4084:2009 wird der Begriff **selbstspannendes Zugglied** eingeführt. Ein Zugglied gilt als selbstspannend, wenn sich der Gleitkörper, in dem sich der Kopf des Zuggliedes befindet, annähernd wie ein starrer Körper auf einer Gleitlinie bewegt und der Winkel $\max \psi(A)$ zwischen der Zuggliedachse und der Gleitlinie maximal folgende Werte erreicht:

- bei locker gelagerten nicht bindigen Böden bzw. weichen bindigen Böden = 75°
- bei steifen bindigen Böden = 80°
- bei mitteldicht gelagerten nicht bindigen Böden und halbfesten bindigen Böden = 85°
- bei dicht gelagerten nicht bindigen Böden = 90°

Wenn Sie das Verfahren nach Kölsch aktiviert haben (siehe Menüeintrag "**Info / Verfahren Kölsch einstellen**"), ist die Dialogbox zur Eingabe der Bodenkennwerte entsprechend erweitert (siehe "**Theoretische Grundlagen: Allgemeines zur Berechnung mit Faserkohäsion**").

Wenn Sie mit einer **Rüttelstopfverdichtung** arbeiten, erscheint nach Anklicken des Knopfes

"**Bodenkennwerte**" die folgende Dialogbox:

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	RSV	nue [-]	A(C)/A [-]	phi(C) [°]	E(C)/E(B) [-]	Bezeichnung	dränert	A(C)/A ermitteln
1	30.00	0.00	20.00	75.00	85.00	☒	0.00	0.196	40.00	10.000	Schluff	☒	A(C)/A ermitteln
2	35.00	0.00	19.00	75.00	85.00	☐	0.00	0.200	40.00	10.000	Sand	☒	A(C)/A ermitteln

Sie definieren durch Aktivieren des Schalters "**RSV**" die durch eine Rüttelstopfverdichtung verbesserte Bodenschicht. Für diese Schicht geben Sie die entsprechenden Kennwerte ein (siehe "?"-Knopf). Das Flächenverhältnis "**A(C)/A**" können Sie über den ganz rechten Kopf ermitteln und in die Tabelle übernehmen lassen. Das Verhältnis "**E(C)/E(B)**" sollte nicht größer als 15 bis max. 20 sein.

Sind in Ihren Bodenschichten **Kluftfugen** vorhanden, aktivieren Sie den Schalter "**Klüftung**

vorhanden" in der Dialogbox des Menüeintrags "**Editor 1 / System einstellen**". Sie erhalten zur Eingabe der "**Bodenkennwerte**" folgende angepasste Dialogbox:

Nr	phi [°]	c [kN/m²]	gamma [kN/m³]	qs,k [kN/m²]	max psi(A) [°]	KLF	phi,K,k [°]	c,K,k [kN/m²]	w [°]	dw [°]	KLF2	phi,K,k,2 [°]	c,K,k,2 [kN/m²]	w2 [°]	dw2 [°]	Bezeichnung	dränert
1	30.00	0.00	20.00	75.00	85.00	☒	15.00	0.00	45.00	3.00	☐	15.00	0.00	-45.00	3.00	Schluff	☒
2	35.00	0.00	19.00	75.00	85.00	☐	15.00	0.00	45.00	3.00	☐	15.00	0.00	-45.00	3.00	Sand	☒

Aktivieren Sie für die gewünschte Bodenschicht den Schalter "**KLF**" und geben Sie anschließend Reibungswinkel und Kohäsion sowie den Winkel und delta Winkel für die Kluft ein. Bei entsprechender Neigung der Lamelle werden die Scherparameter der Kluft verwendet. Bitte schauen Sie sich dazu die Infos über den "?"-Knopf an. Markierte Böden werden gemäß dem eingegebenen Kluftwinkel schraffiert dargestellt.

10.2.4 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Bodenschichten"

Jetzt wird die Lage der Bodenschichten eingegeben. Mit den Bodenschichten wird die Schichtung der Böschung beschrieben. Eine Bodenschicht besteht aus zwei x-/y-Koordinatenpaaren. Der Bereich über diesen beiden Koordinatenpaaren erhält die Bodenkennwerte des ebenfalls anzugebenden Bodens (als Nummer gemäß der Nummerierung in der Dialogbox Knopf "**Bodenkennwerte**"). Die Bodenschichten gelten nach oben bis zur Geländelinie bzw. bis zur Unterkante einer eventuell darüber liegenden Bodenschicht. Die Eingabe der Bodenschichten muss derart erfolgen, dass in allen denkbaren vertikalen Schnitten immer die Bodenschicht, die über einer anderen liegt, die niedrigere Schichtnummer (Schichtnummer: nicht verwechseln mit Bodennummer!!) aufweist. Diese Bedingung wird vom Programm überprüft. Ist die Bedingung nicht eingehalten, erfolgt eine Fehlermeldung mit der Angabe der entsprechenden Schichtnummer und der Möglichkeit der Korrektur. Fehleingaben sind damit ausgeschlossen.

Um die Anzahl der Bodenschichten zu verändern, klicken Sie auf den Knopf "**0 Schichten ändern**". Geben Sie anschließend **2** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "**OK**". Geben Sie anschließend die Koordinaten und Bodennummern der Schichten ein.

Mark.	Nr	x(links) [m]	y(links) [m]	x(rechts) [m]	y(rechts) [m]	Boden-Nr
☒	1	0.0000	0.0000	30.0000	0.0000	1
☐	2	-15.0000	-12.0000	30.0000	-12.0000	2

Die Dialogbox für die Bodenschichten enthält gegenüber den entsprechenden Boxen für die Geländepunkte bzw. Bodenkennwerte zwei zusätzliche Knöpfe

- "**ausschneiden**" und
- "**einfügen**".

Weiterhin sind vor den einzelnen Schichtwerten Auswahlschalter angeordnet. Um eine Schicht zu löschen, müssen Sie den Schalter der zu löschenden Schicht anklicken und anschließend den Knopf "**ausschneiden**" anwählen. Die Schicht wird daraufhin gelöscht. Die Werte der Schicht werden in einen internen Puffer kopiert und bei einem eventuell erforderlichen "**einfügen**" als neue Werte für die eingefügte Schicht übernommen. Damit ist ein einfaches Umordnen von Schichten möglich. Das Einfügen von Schichten läuft analog zum Ausschneiden ab. Die neue Schicht wird vor der markierten Schicht eingefügt. Das korrekte Sortieren kann auch dem Programm überlassen werden, indem Sie im Menütitel "**Editor 1**" den Menüeintrag "**System testen**" anwählen. Das Programm findet entsprechende Unstimmigkeiten und bietet eine Korrekturmöglichkeit an.

Noch einfacher können Sie Bodenschichten über die Windows-Zwischenablage importieren (siehe "**Beispiel 2, Schritt 2: Systemdaten eingeben - Bodenschichten (Bsp. 2)**"). Wenn Ihnen die Angaben zu den Bodenschichten beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die entsprechenden Spalten in die Zwischenablage ("**Bearbeiten / Kopieren**") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf "**Klemmbrett lesen**" in der obigen Dialogbox einfügen. Vor dem Einlesen der Koordinaten wählen Sie die Bodennummer aus, für die Sie die Schichtdaten einfügen.

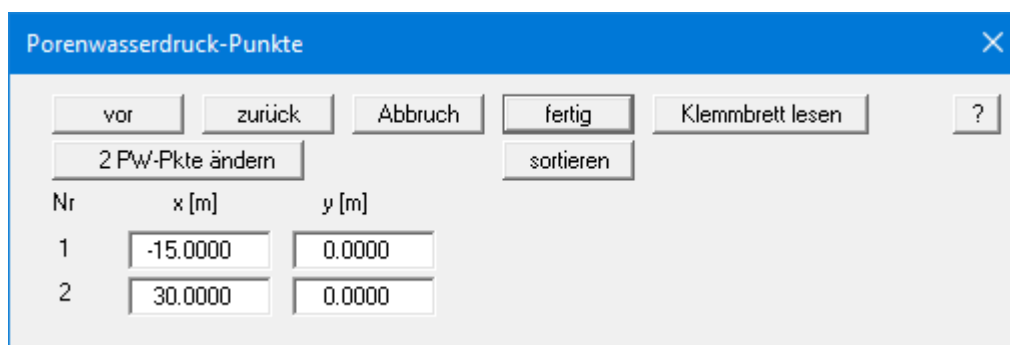
10.2.5 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Porenwasserdruck"

Hierüber geben Sie die Koordinaten der Porenwasserdrucklinie als Polygonzug ein. Die x-Werte des Polygonzuges müssen von links nach rechts zunehmen. Aus dem vertikalen Abstand zwischen dem jeweiligen Lamellenfußpunkt und dem darüber befindlichen Punkt der Porenwasserdrucklinie berechnet das Programm den für die entsprechende Lamelle gültigen Porenwasserdruck (u). Liegt die Porenwasserdrucklinie unter dem Lamellenfußpunkt, so wird der Porenwasserdruck zu Null gesetzt.

Die Porenwasserdrucklinie muss den gesamten Bereich erfassen, der bei der späteren Berechnung mit Gleitkörpern untersucht werden soll. Sind Porenwasserdrücke nicht vorhanden, so kann einfach eine Porenwasserdrucklinie definiert werden, die aus zwei Punkten besteht und unterhalb möglicher y-Werte von Lamellenfußpunkten liegt.

Ist in der Böschung eine Sickerlinie vorhanden, so ist diese Sickerlinie im Allgemeinen eine Porenwasserdrucklinie.

Zur Eingabe der Porenwasserdruckpunkte ändern Sie die Anzahl über den Knopf "**0 PW-Pkte ändern**" beispielsweise wie in der nachfolgenden Dialogbox auf **2** und geben anschließend die Werte ein:



Nr	x [m]	y [m]
1	-15.0000	0.0000
2	30.0000	0.0000

Hinsichtlich des Löschens und Einfügens von Porenwasserdruck-Punkten siehe Hinweis unter "**Beispiel 2 - Schritt 2: Systemdaten eingeben - Porenwasserdruck (Bsp. 2)**".

Auch die Porenwasserdruckpunkte können Sie über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die x-/y-Koordinaten Ihrer Porenwasserdruckpunkte beispielsweise in einer Exceltabelle vorliegen, können Sie dort die beiden Spalten mit den Werten in die Zwischenablage ("**Bearbeiten / Kopieren**") kopieren und diese Werte anschließend über den Knopf "**Klemmbrett lesen**" in der obigen Dialogbox einfügen.

10.2.6 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Ständige Lasten + Verkehrslasten"

Wenn Sie ein System, z.B. mit einer ständigen Last, vorliegen haben, wählen Sie zunächst den Knopf "**Ständige Lasten + Verkehrslasten**". Um die Anzahl der ständigen Lasten zu verändern, wählen Sie nun "**0 Lasten ändern**". Geben Sie anschließend **1** als neue Anzahl vor und bestätigen Sie mit "**OK**".

Für die Lastdefinition sind die Größe der Last (als Streckenlast) und die Angabe der beiden x-Koordinaten der Last erforderlich. Der Wert unter "**y**" kennzeichnet die Höhe des Lastangriffs. Für das Beispiel sind die folgenden Werte einzugeben:

Nr	p(links) [kN/m²]	p(rechts) [kN/m²]	x(links) [m]	x(rechts) [m]	y [m]	als Verkehr [-]
1	5.00	5.00	1.00	30.00	6.00	☐ ja

Die Eingabe von Verkehrslasten erfolgt analog zu den ständigen Lasten, Sie aktivieren dabei zusätzlich den Schalter "**als Verkehr**". Verkehrslasten werden im Gegensatz zu den ständigen Lasten gemäß DIN 4084 nur angesetzt, wenn die resultierende Reibungskraft im Fußpunkt der Lamelle keinen rückhaltenden Anteil besitzt. Soll der antreibende Anteil immer angesetzt werden, aktivieren Sie den Schalter "**Verkehrslasten "sehr" ungünstig ansetzen**" (siehe auch Knopf "?").

10.2.7 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Einzelkräfte"

Zur Eingabe eventuell vorhandene Einzelkräfte wählen Sie diesen Knopf in der zentralen Dialogbox und geben dann entsprechend den vorhergehenden Erläuterungen die Anzahl der Einzelkräfte vor.

Nr	H-Kraft [kN/m]	V-Kraft [kN/m]	Moment [kN-m/m]	x [m]	y [m]	Verkehrslast
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	☐ ja

Anschließend sind die Größe der Einzelkraft (Horizontalkraft, Vertikalkraft und Moment) sowie die Koordinaten des Angriffspunktes einzugeben. Die Horizontalkomponenten von Einzelkräften und die Momente werden naturgemäß nur dann berücksichtigt, wenn der Angriffspunkt innerhalb des Gleitkörpers liegt. Der Vertikalanteil wird analog zu den ständigen oder veränderlichen Flächenlasten behandelt.

10.2.8 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Arteser"

Grundsätzlich können Sie ein gespanntes Grundwassersystem durch Eingabe eines Artesers berücksichtigen. Zur Eingabe wählen Sie den Knopf "**Arteser**" und geben dann entsprechend den vorhergehenden Erläuterungen die Anzahl der Polygonpunkte des Artesers vor. Anschließend sind die x-Koordinaten des Artesers und die zugehörigen Werte für Unter- und Oberkante Stauer und der Wasserstand unterhalb der Unterkante des Grundwasserstauers einzugeben.

Nr	x [m]	Unterkante Stauer [m]	Oberkante Stauer [m]	Wasserstand Arteser [m]
0 Arteser-Pkte ändern				

Wenn ein Lamellenfußpunkt über der Oberkante des Grundwasserstauers liegt, wird der Porenwasserdruck aus der Porenwasserdrucklinie (siehe "**Beispiel 2, Schritt 2: Systemdaten eingeben - Porenwasserdruck (Bsp. 2)**") berechnet. Wenn ein Lamellenfußpunkt unter der Unterkante des Grundwasserstauers liegt, wird der Porenwasserdruck aus dem Wasserstand unterhalb der Unterkante des Grundwasserstauers berechnet. Wenn ein Lamellenfußpunkt zwischen Oberkante und Unterkante des Grundwasserstauers liegt, erfolgt eine lineare Interpolation.

10.2.9 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Erdbeben"

Nach Auswahl des Knopfs "**Erdbeben**" in der zentralen Dialogbox können Sie eine eventuell vorhandene Erdbebenbelastung vorgeben. Die Berücksichtigung erfolgt über Beschleunigungswerte in horizontaler und vertikaler Richtung.

Erdbeben

Eingabe

kh = ah/g (horizontal) [-]: ?

kv = av/g (vertikal) [-]:

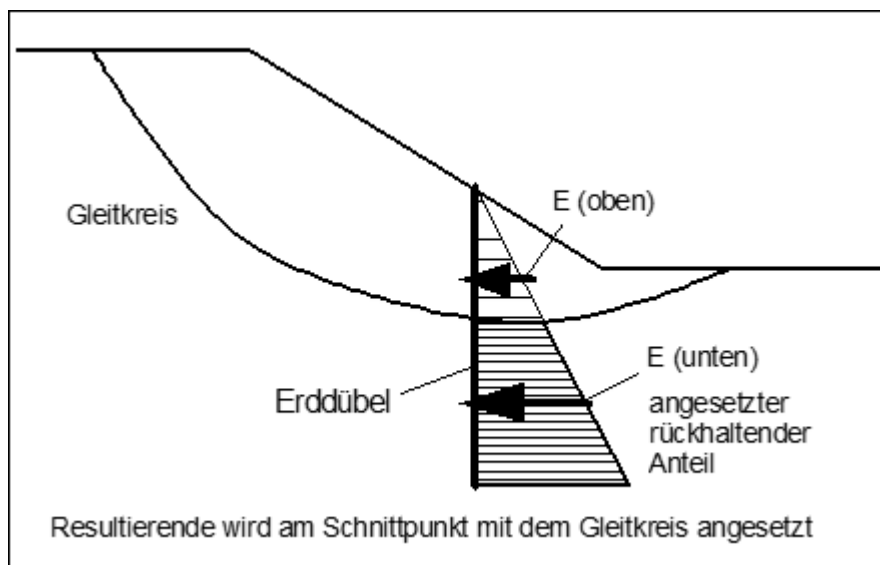
(ah = horizontale Erdbebenbeschleunigung in m/s²)
 (av = vertikale Erdbebenbeschleunigung in m/s²)
 (g = Erdschwerebeschleunigung = 9,81 m/s²)

Info

kh = 0,1 ==> Gebäudeschäden
 kh = 0,2 ==> schwere Gebäudeschäden
 kh = 0,8 ==> verwüstend
 kh = 1,0 ==> vollständige Verwüstung

10.2.10 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Erddübel"

Die Wirkung von Erddübeln ist in der folgenden Abbildung dargestellt:



Zur Eingabe wählen Sie den Knopf "**Erddübel**" in der zentralen Dialogbox und geben dann entsprechend den vorhergehenden Erläuterungen die Anzahl der Erddübel vor. Anschließend sind die Koordinaten des Erddübels sowie die Größen der durch den Erddübel zu übertragenden Erddrücke $e_{1,d}$ und $e_{2,d}$ einzugeben. Wenn der Erddübel z.B. aus einem 0,75 m dicken Pfahl besteht, der einen Erdwiderstand e_d von 25 kN/m² konstant über seine Länge aktivieren kann und senkrecht zur Betrachtungsebene ein Pfahlabstand von 2,1 m vorliegt, so ergibt sich die einzugebende Erddruckkraft aus

$$25 \cdot 0,75 / 2,1 = 8,9 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{m} / \text{m} = 8,9 \text{ kN/m/m}$$

Erddübel werden naturgemäß nur dann berücksichtigt, wenn der Erddübel die Gleitfuge schneidet.

Der außerhalb des Gleitkörpers liegende Erddruckkraftanteil wird bestimmt und am Hebelarm des Schnittpunkts des Erddübel mit dem Gleitkreismittelpunkt angesetzt. Bei polygonalen Gleitflächen wird nur der horizontale Anteil der Erddruckkraft berücksichtigt. Falls der Anfangspunkt und der Endpunkt außerhalb des Gleitkörpers liegt und zwei Schnittpunkte mit dem Gleitkörper vorhanden sind, wird die Kraft aus dem Erddübel nicht berücksichtigt. Nach einer Berechnung wird der berücksichtigte Anteil der Erddruckkraft eines Erddübel vollflächig farbig ausgefüllt, so dass eine einfache Kontrolle möglich ist.

Nr	x1 [m]	y1 [m]	x2 [m]	y2 [m]	e1,d [kN/m/m]	e2,d [kN/m/m]	E,d [kN/m]
1	10.0000	-6.0000	10.0000	-15.0000	26.2500	26.2500	100.00

Wenn Sie den Knopf "**Abfrage E(oben) < E(unten) anwenden**" aktivieren, erfolgt eine Prüfung der Erddruckbereiche (siehe obere Abbildung). Der kleinere Erddruck wird für die spätere Berechnung verwendet.

e1,d und e2,d sind Bemessungswerte nach neuer Normung und beschreiben die Größe der Kräfte längs der Achse in kN/m/m. E,d ist die Bemessungskraft, die vom Erddübel übernommen werden kann. Wenn der Schalter "**Abfrage auf E,d anwenden**" aktiviert ist, kann die berechnete Dübelkraft nicht größer als E,d werden (siehe auch Knopf "Info").

Das Beispiel 1 aus dem Beiblatt 2 der DIN 4084 beinhaltet ein Trägerpfahlsystem, das als Erddübel berücksichtigt werden kann.

10.2.11 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "StS"

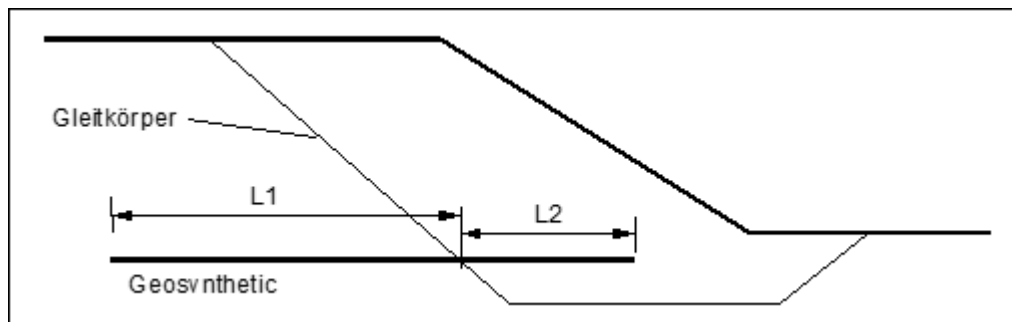
Wenn Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" den Schalter "**StS vorhanden**" aktiviert haben, erscheint anstelle des Knopfes zur Eingabe von Erddübeln der Knopf "**StS**" zur Eingabe von Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel. Sie erhalten folgende Dialogbox:

Nr	x1 [m]	y1 [m]	x2 [m]	y2 [m]	D [m]	fcd,pl [N/mm²]	fcvd [N/mm²]	Nd [kN]	k [-]

Zur Eingabe der Stabilisierungssäulen ändern Sie zunächst die Anzahl über den Knopf "**0 StS ändern**". Anschließend geben Sie die entsprechenden Werte ein. Eine Erläuterung zu den Eingabewerten finden Sie über den Knopf "?". Weitere Literaturhinweise finden Sie auf der Seite "**Literatur**" zusammengestellt.

10.2.12 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Geosynthetics"

Geosynthetics sind eine Sonderform der Zugglieder.



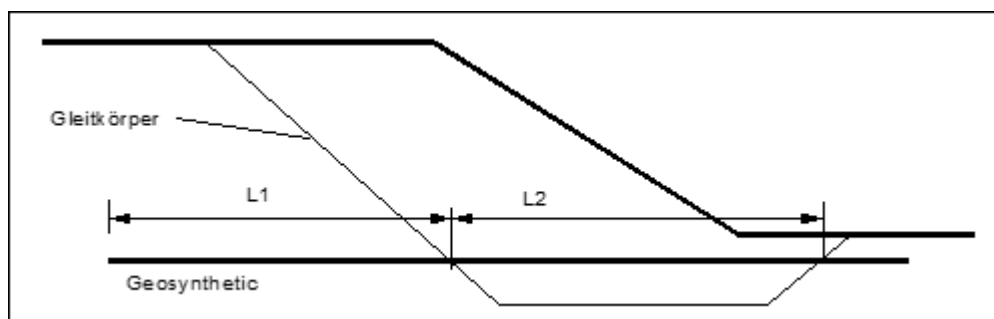
Für jedes Geosynthetic definieren Sie den Anfangspunkt und den Endpunkt. Die Haftspannung (= Haftverbundspannung) wird automatisch berechnet. Mit dieser Haftspannung f und den Längen innerhalb und außerhalb des Gleitkörpers berechnet das Programm die resultierenden Kräfte

$F1$ und $F2$ aus:

$$F1 = f \cdot L1 \text{ und } F2 = f \cdot L2$$

Der kleinere der beiden Werte ist zunächst maßgebend. Wenn der kleinere Wert größer als die maximal aufnehmbare resultierende Kraft R_d ist, geht nur diese Größe in die Berechnung ein.

Schneidet das Geosynthetic den Gleitkörper zweimal wie in der folgenden Abbildung, ergeben sich die Werte $L1$ und $L2$ wie folgt:



In der Standardeinstellung bei Programmstart ist der Schalter "**Geosynthetics über Firmenprodukte**" in der Dialogbox "**Editor 1 / System einstellen**" aktiviert. Bei der Verwendung von Geosynthetics greifen Sie daher direkt auf die Produkte des am Anfang gewählten Geosynthetics-Herstellers bzw. Produktbereichs zu. Sie erhalten die folgende Dialogbox, in der Sie zunächst die gewünschte Anzahl der Geosynthetics über den Knopf "**0 Geosynthetics**" eingeben.

Sie können anschließend für jedes Geosynthetic das gewünschte Firmenprodukt auswählen. Die bei einem Geosynthetic definierten Beiwerte, die Länge und die Neigung können Sie über den Knopf "für andere" für die anderen Geosynthetics übernehmen lassen.

Geosynthetics

☐ Verkehrslasten berücksichtigen

Teilsicherheit (Geos.) [-]: 1.40

☒ Abminderung der Scherfestigkeit durch Geos.

☐ Kohäsion beim Reibungsanteil berücksichtigen

Nr	x1 [m]	y1 [m]	Neigung [°]	Länge [m]	R0 [kN/m]	Geosynthetic	A1	A2	A4	R02 [kN/m]
1	0.0000	0.5000	0.000	6.0000	0.000	Fortrac 35/20-20 T	120 Jahre	d90<2mm	pH 4-9	0.000 für andere

Die Kraft "R0" kennzeichnet eine Verankerung am Kopf des Geosynthetics, die z.B. durch Umschlagen des Geosynthetics erzeugt werden kann. Die resultierende Kraft kann nicht größer als "R,d" werden. Nach einer Berechnung wird der berücksichtigte Anteil der resultierenden Kraft eines Geosynthetics vollflächig farbig ausgefüllt, so dass eine einfache Kontrolle möglich ist.

Beim Verlassen der Dialogbox werden die Geosynthetics anhand der eingegebenen y-Werte automatisch von unten nach oben sortiert.

Wenn Sie Geosynthetics eines anderen Herstellers verwenden möchten, wählen Sie den gewünschten Hersteller bzw. Produktbereich im Menüeintrag "Editor 1 / System einstellen" aus. Neue Produktlisten anderer Hersteller können Sie über den Menüeintrag "Editor 1 / Geosynthetics Tabellenwerte" ergänzen.

Wenn Sie den Schalter "Geosynthetics über Firmenprodukte" in der Dialogbox "Editor 1 / System einstellen" nicht aktiviert haben, erhalten Sie über den Knopf "Geosynthetics" in der zentralen Dialogbox die folgende Dialogbox. Der "?"-Knopf gibt Ihnen weitere Erläuterungen zu den Kräften.

Geosynthetics

Haftspannung

☐ Verkehrslasten berücksichtigen

☒ Abminderung der Scherfestigkeit durch Geos.

☐ Kohäsion beim Reibungsanteil berücksichtigen

Nr	x1 [m]	y1 [m]	Neigung [°]	Länge [m]	μ [-]	R0 [kN/m]	R,d [kN/m]	R02 [kN/m]
----	--------	--------	-------------	-----------	-----------	-----------	------------	------------

Sie können die gewünschte Anzahl der Geosynthetics über den Knopf "**0 Geosynthetics**" festlegen und anschließend die entsprechenden Werte eingeben. Einfacher geht es über den Knopf "**automatisch**". Sie erhalten eine weitere Dialogbox, über die Sie Geosynthetics vom Programm generieren lassen können. Wenn Sie dabei den Knopf "**Wert von Böschungskante**" benutzen, ermittelt das Programm automatisch die x- und y-Koordinaten der gewünschten Böschungskante und setzt diese ein.

10.2.13 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Stahlbänder"

Wenn Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" den Schalter "**Stahlbänder verwenden**" aktiviert haben, erscheint anstelle des Knopfes zur Eingabe von Geosynthetics der Knopf "**Stahlbänder**". Sie erhalten eine Dialogbox, die nahezu der Dialogbox für Geosynthetics gleicht:

Nr	x1 [m]	y1 [m]	Neigung [°]	Länge [m]	Art Boden	R0 [kN]	Stahlbreite [m]	R,d [kN]	R02 [kN]
1	0.0835	0.5000	0.000	6.0000	Cu <= 2	0.000	0.100	0.000	0.000

Geben Sie zusätzlich den horizontalen Abstand und die Stahlbreite ein.

10.2.14 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Zugglieder"

Um der universellen Einsetzbarkeit dieses konstruktiven Elements Rechnung zu tragen, wurde die ursprüngliche Bezeichnung "**Verpresspfahl**" geändert in "**Zugglied**". Sie können die Bezeichnung im Menüeintrag "**Editor 1 / Bezeichnungen Zugglied**" nach eigenem Belieben ändern (z.B. in "**Bodennägel**"), um die Programmausgaben für Dritte lesbarer zu machen.

Wenn Sie Zugglieder definieren, werden die aufnehmbaren Reibungskräfte mit der Mantelreibung $q_{s,k}$ ermittelt, die für jeden Boden definiert ist. Sie finden das nachfolgend dargestellte Beispiel als Datei "**Beispiel Handbuch Zugglied.boe**" im Beispiele-Ordner des Programmverzeichnisses.

Zugglieder

Horizontaler Abstand [m]: ☐ Keine Reibung im Lamellenfußpunkt bei Druckbeanspruchung

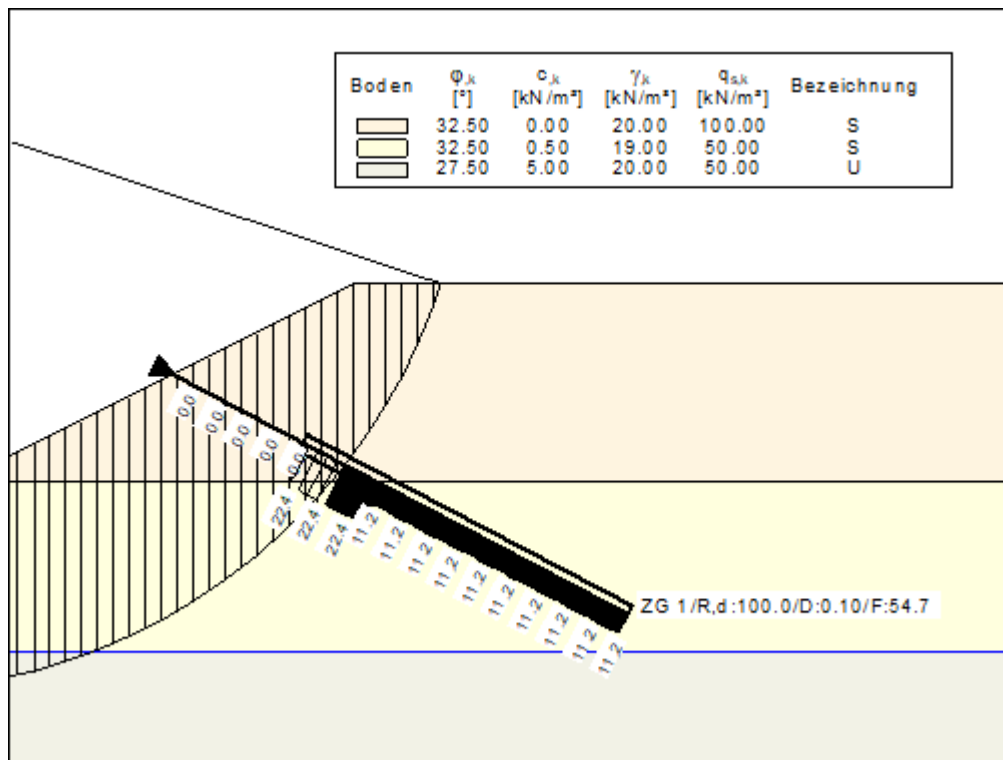
1 Zugglieder

Nr	x1 [m]	y1 [m]	Neigung [°]	Länge [m]	Durchmesser [m]	Freie Länge [m]	R,d [kN]	Reibung im Lamellen- fußpunkt ansetzen	T0 [kN]
1	7.5144	3.7572	-27.647	7.0000	0.100	2.00	163.33	☒ ja	0.00

- Bei Zuggliedern sind folgende Angaben erforderlich:
- x1, y1 = Koordinaten des Zuggliedkopfs
- Neigung = Neigung des Zugglieds
- Länge = Länge des Zugglieds
- Durchmesser = Durchmesser D des Zugglieds
- Freie Länge = Länge ab Zuggliedkopf ohne Verpressstrecke
- R,d = Bemessungswert des Materialwiderstandes
- T0 = Verankerungskraft am Kopf

Wenn Sie den Schalter " **Reibung im Lamellenfußpunkt ansetzen** " aktivieren, wird die Reibung berücksichtigt, die die Reibungskraft in der entsprechenden Lamelle erzeugt.

Mit den Eingaben der obigen Dialogbox erhalten Sie das nachfolgend dargestellte Zugglied:



Für Boden 1 ist eine charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ von 100,0 kN/m² und für Boden 2 von 50,0 kN/m² eingegeben worden. Das Programm berechnet die Haftverbundspannung τ aus:

$$\tau = q_{s,k} \cdot \pi \cdot D / \gamma N$$

- $D = \text{Durchmesser} = 0,2 \text{ m}$
- $\gamma_N = 1,40 = \text{Teilsicherheit Herauszieh Widerstand}$

(wird eingegeben im Menüeintrag "**Editor 1 / Teilsicherheiten, ...**")

- $\tau (\text{Boden 1}) = 22,4 \text{ kN / m}^2$
- $\tau (\text{Boden 2}) = 11,2 \text{ kN / m}^2$

Damit kann die Herausziehkraft durch Integration berechnet werden, siehe dazu schwarz hinterlegten Bereich in der obigen Grafik. Wenn der Integralwert größer wird als R_d , wird die Integration abgebrochen.

10.2.15 GGU-STABILITY: Eingeben - Knopf "Hor. Flächenlasten"

Über diesen Knopf können Sie horizontale Flächenlasten definieren. Um die Anzahl der horizontalen Flächenlasten zu verändern, wählen Sie "**x Flächenlasten ändern**" und geben die gewünschte neue Anzahl ein.

Nr	p [kN/m²]	x (links) [m]	x (rechts) [m]	y [m]	Verkehrslast
1	10.0000	0.0000	1.0000	0.0000	☐ ja

Für die Lastdefinition ist die Größe der Last und die Angabe der beiden x-Koordinaten der Last erforderlich. Der Wert unter "**y**" kennzeichnet die Höhe des Lastangriffs. Wenn es sich bei der horizontalen Flächenlast um eine Verkehrslast handelt, aktivieren Sie zusätzlich den Schalter "**Verkehrslast**".

10.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Konsolidationsschichten"

Das Programm kann Porenwasserüberdrücke infolge von Konsolidationsvorgängen nach der klassischen Konsolidationstheorie (eindimensional) berechnen (siehe "**Theoretische Grundlagen**"). Eine Schicht kann auch mit Vertikaldränagen versehen sein. Die Eingabe einer Konsolidationsschicht erfolgt nahezu analog zu der Eingabe eines Artesers. Konsolidationsschichten sind unabhängig von den Schichten, die Sie unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" eingegeben haben.

Insgesamt können 30 Konsolidationsschichten eingegeben werden. Sie geben zunächst den "**Konsolidationszeitpunkt [Tage]**" an, für den die Porenwasserüberdrücke bestimmt werden sollen. Wählen Sie anschließend den Knopf "**Schicht x**". Die Zahl in den Klammern hinter dem Schichtnamen gibt an, wie viele Polygonzugpunkte für die Schicht definiert wurden. Wenn der Schalter "**mit Vertikaldrainage**" nicht aktiviert ist, erscheint folgende Dialogbox:

Sie definieren zunächst "**Steifemodul**", "**k-Wert**" und die "**Liegezeit**" der jeweiligen Schicht. Wenn Sie für die "**Liegezeit**" einen Wert $\neq 0$ angeben, berechnet das Programm die Porenwasserdruckverteilung innerhalb der Schicht für den Zeitpunkt:

Liegezeit + t .

Geben Sie anschließend die "**Entwässerungsbedingungen**" ein. Danach folgen Eingaben, die nur die grafische Darstellung betreffen.

Falls Sie eine Konsolidationsschicht "**mit Vertikaldränage**" definiert haben, erscheint eine etwas andere Dialogbox. Sie geben hier zusätzlich den "**Dränabstand de**" und den "**Dränradius rw**" der Vertikaldräns an. Die Angabe von Entwässerungsbedingungen entfällt, da bei Vertikaldränagen nur eine horizontale Entwässerung zu den Dräns unterstellt wird.

Der Polygonzug, der die Konsolidationsschicht beschreibt, wird nach Anwahl des Knopfs "**Verlauf ändern**" eingegeben.

Nr	x [m]	Unterkante Schicht [m]	Oberkante Schicht [m]	Porenwasserüberdruck [kN/m]
1	0.0000	-8.5600	0.0000	0.0000
2	10.0000	-12.0000	0.0000	90.0000
3	20.0000	-10.0000	0.0000	90.0000

Für jeden Polygonzugpunkt müssen Sie eingeben:

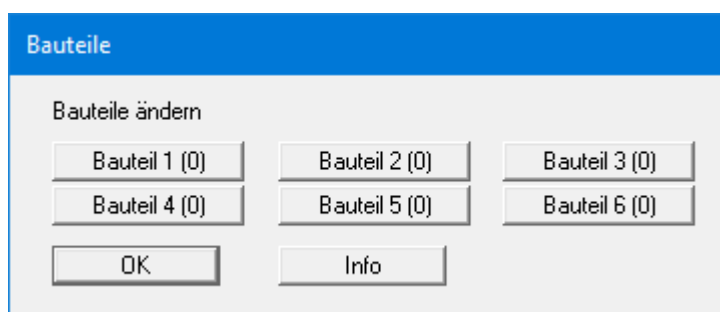
- "**x**"-Ordinate
- "**Unterkante Schicht**"
- "**Oberkante Schicht**"
- "**Porenwasserüberdruck**" zum Zeitpunkt $t = 0.0$

Wenn ein Lamellenfußpunkt innerhalb der Konsolidationsschicht liegt, kann das Programm anhand der oben beschriebenen Eingaben alle für eine Konsolidationsberechnung erforderlichen Werte an diesem Punkt bestimmen.

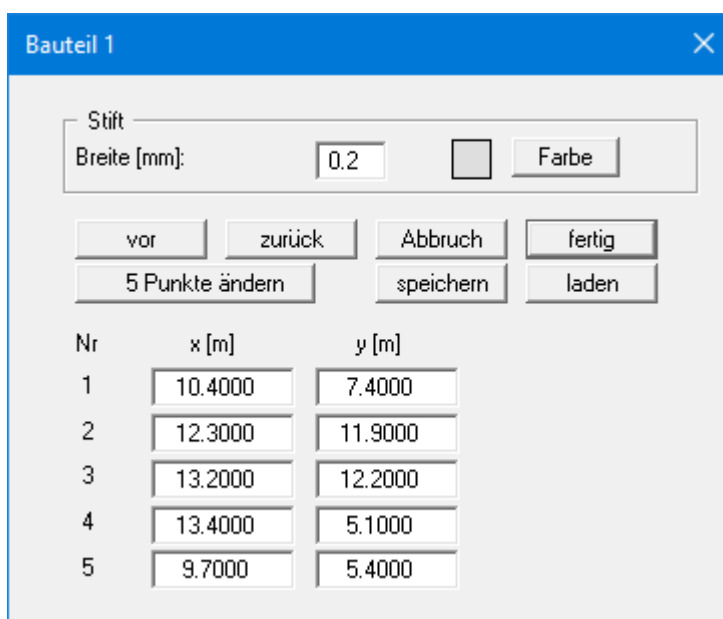
10.4 Menüeintrag "Bauteile / Bodensäulen"

10.4.1 GGU-STABILITY: Eingabe von Bauteilen

In manchen Fällen befinden sich Bauteile in der Böschung, deren Scherfestigkeit so groß ist, dass eine Sicherheitsberechnung unterbleiben kann, wenn Gleitkörper das Bauteil schneiden. Grundsätzlich kann man sich damit behelfen, dass Schichten mit hohen Kohäsionen definiert werden. Eleganter ist es jedoch, das Bauteil als umfassenden Polygonzug zu definieren. Bauteile weisen keine Materialkennwerte auf (insbesondere auch **keine Wichte!!!**). Wenn jedoch ein Polygonabschnitt des Bauteils einen Schnittpunkt mit dem aktuell untersuchten Gleitkörper aufweist, wird diesem Gleitkörper die Sicherheit 20.000,0 zugewiesen und eine Berechnung nicht durchgeführt.



Insgesamt können 6 Bauteile definiert werden. Die Zahl in den Klammern in den Knöpfen "**Bauteil x**" gibt an, wie viele Polygonzugpunkte das jeweilige Bauteil beinhaltet. Wählen Sie zur Definition des umfassenden Polygonzuges beispielsweise den Knopf "**Bauteil 1 (0)**".

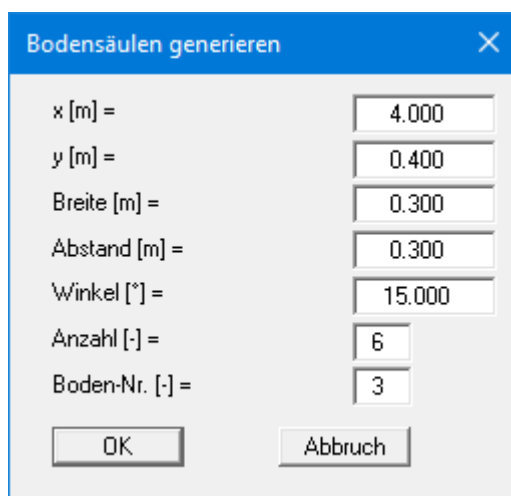


Nr	x [m]	y [m]
1	10.4000	7.4000
2	12.3000	11.9000
3	13.2000	12.2000
4	13.4000	5.1000
5	9.7000	5.4000

Legen Sie über den Knopf "**x Punkte ändern**" die Anzahl Ihrer Polygonzugpunkte fest und geben Sie die Koordinaten für die einzelnen Punkte ein. Sie müssen den Polygonzug nicht schließen, das wird vom Programm automatisch erledigt. Im oberen Teil der Dialogbox können Sie Stiftbreite und Farbe des Bauteils beeinflussen.

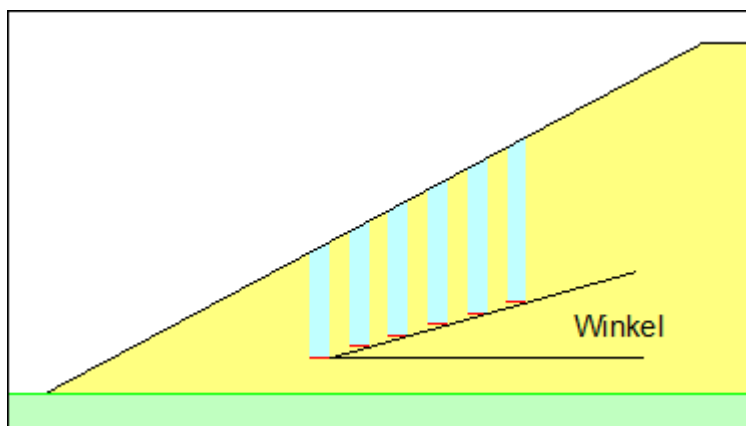
10.4.2 GGU-STABILITY: Eingabe von Bodensäulen

Sie definieren Bodensäulen analog zu den Bodenschichten des Systems durch Festlegung der x- und y-Koordinate der Unterkante und Angabe einer Bodennummer. Über die Dialogbox können Sie eine gewünschte Anzahl von Bodensäulen (mindestens jedoch zwei) gleichzeitig generieren lassen.



Bodensäulen generieren	
x [m] =	4.000
y [m] =	0.400
Breite [m] =	0.300
Abstand [m] =	0.300
Winkel [°] =	15.000
Anzahl [-] =	6
Boden-Nr. [-] =	3
OK Abbruch	

Als Bodennummer sollten Sie immer eine neue Nummer vergeben, damit sich die erzeugten Bodensäulen farblich von den anderen Böden abheben. Der Winkel entspricht einem Anstieg der Fußpunkte der Bodensäulen (siehe nachfolgende Abbildung):



Nach Bestätigen Ihrer Eingaben erhalten Sie eine Meldung über die Anzahl neu erzeugter Schichten. Anschließend können Sie das System testen lassen. Bodensäulen, die in die darüber liegende Schicht ragen, werden dabei ermittelt und nach einer Abfrage korrigiert.

Wenn Sie die zuletzt erstellten Bodensäulen wieder löschen möchten, können Sie einfach die Undo-Funktion nutzen. Klicken Sie dazu in der Symbolleiste der Menüeinträge auf das Symbol



. Die generierten Bodensäulen werden in der Liste der Bodenschichten ergänzt und können auch darüber bearbeitet oder gelöscht werden (siehe " **Beispiel 2 - Schritt 2: Systemdaten eingeben / Bodenschichten (Bsp. 2)**").

10.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Teilsicherheiten, ..."

Wenn Sie unter Menüeintrag " **Editor 1 / System einstellen**" als anzuwendende Norm " **EC 7**" gewählt haben, erhalten Sie die folgende Dialogbox.

Teilsicherheiten EC 7 (GEO-3)

Teilsicherheiten

Bemessungssituation: **DIN 1054: BS-F**

Reibungswinkel ϕ'	1.250
Kohäsion c'	1.250
Kohäsion $c(u)$	1.250
Wichten	1.000
Ständige Einw.	1.000
Veränderliche Einw.	1.300

Herauszieh Widerstand Geosynthetics, Zugglieder

Teilsicherheit (GEO-2) 1.438 ?

Anker / Zugglieder

$\psi(A)$ für selbstspannende Zugglieder [*] ?

$\psi(A)$ kann ab Version 9.32 für jeden Boden definiert werden
Menüeintrag "Editor 1 / System eingeben / Bodenkennwerte"

Faktor für Ermittlung der Festlegekraft von
Ankern (DIN 4084:2009 7.2.4) [-] 0.8000

Zugglieder

☐ Wandfuß ist unverschieblich ?

Standardwerte

nach DIN 1054:2021 nach ÖNORM EN 1997-1

Stahlbeton Nachweise

DIN EN 1992-1

OK Abbruch

Sie können hier die Teilsicherheiten sowie die Werte für $\psi(A)$ und den Faktor für die Festlegekraft von Zuggliedern (siehe " **Theoretische Grundlagen: DIN 4084:2009 und GGU-STABILITY**") verändern.

Im Bereich "**Standardwerte**" können Sie über den Knopf "**nach DIN 1054:2010**" die Teilsicherheitswerte für die verschiedenen Lastfälle der DIN 1054:2010 bzw. des EC 7 übernehmen lassen. Die gewählte Bemessungssituation wird dabei automatisch oben in der Dialogbox eingetragen und kann, wenn gewünscht, in der **Allgemeinen Legende** dargestellt werden. Sie können hier aber auch eigene Bezeichnungen verwenden.

Beim Teilsicherheitskonzept nach EC 7 wurden die Bezeichnungen der Lastfälle geändert:

- Lastfall 1 heißt jetzt **BS-P**: Ständige Bemessungssituation (Persistent Situation)
- Lastfall 2 heißt jetzt **BS-T**: Vorübergehende Bemessungssituation (Transient Situation)
- Lastfall 3 heißt jetzt **BS-A**: Außergewöhnliche Bemessungssituation (Accidental Situation)

Zusätzlich gibt es noch die Bemessungssituation infolge Erdbeben (**BS-E**). Bei der Bemessungssituation BS-E sind alle Teilsicherheiten = **1,0**.

Des Weiteren haben Sie die Möglichkeit, über den Knopf "**nach ÖNORM EN 1997-1**" die Teilsicherheiten nach österreichischer Norm auszuwählen.

Die Teilsicherheiten für die Bemessung von Bauteilen (z.B. Betonschale bei Nagelwänden) werden unter dem Menüeintrag "**Nagelwand / Nachweise/Sicherheiten**" eingegeben.

Mit dem letzten Dropdown Menü können Sie zwischen DIN 1045 und DIN EN 1992-1 für die Stahlbeton Nachweise auswählen.

10.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Datensatzbezeichnung"

Sie können eine für das bearbeitete Problem maßgebende Beschreibung eingeben, die in die **Allgemeine Legende** übernommen wird (siehe Menüeintrag "**Editor 1 / Legende Allgemein**").

10.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Geosynthetics Tabellenwerte"

In der Dialogbox dieses Menüeintrags sehen Sie die Produkte des von Ihnen gewählten Geosynthetics-Herstellers bzw. des gewählten Produktbereichs. **Eine Bearbeitung der Werte wird nicht empfohlen!** Im Allgemeinen können in **GGU-STABILITY** ladbare Dateien bei den Geosynthetics-Herstellern angefordert werden. Bei der Programminstallation werden Dateien verschiedener Hersteller im Programmverzeichnis gespeichert. Im Normalfall wird dieser Menüeintrag hier nicht benötigt, da Sie einen Wechsel zu anderen Geosynthetics im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" vornehmen.

Wenn Sie eigene Produkte anlegen möchten oder Produkte eines anderen Herstellers geladen haben, machen Sie im Feld "**Firmenname:**" eine entsprechende Eingabe. Wenn Sie Ihre neue Produktliste auf Programmebene z.B. unter dem Dateinamen "**GGU-STABILITY9.ggu_geo**" abspeichern, erscheint Ihre neue Liste unter dem oben eingegebenen Firmennamen in der Auswahlbox im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**".

Das Programm **GGU-STABILITY** lädt automatisch beim Programmstart bis zu 10 Geosynthetics-Dateien ("**GGU-STABILITY.ggu_geo**" bis "**GGU-STABILITY10.ggu_geo**").

10.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "System testen"

Nach einer Dateneingabe über Maus oder **von Hand** können Sie Ihre Eingaben vom Programm testen lassen. Zu fast allen Fehleingaben sieht das Programm Korrekturmöglichkeiten vor, die Sie auch ablehnen können. Dennoch sollten Sie nach einer Programmkorrektur Ihr System nochmals kritisch prüfen.

Diese Prüfung wird **IMMER** - auch ohne die Auswahl dieses Menüeintrags - vorgenommen, wenn Sie die Berechnung starten. Erkennt das Programm Fehleingaben, so wird eine Berechnung in jedem Fall abgelehnt.

10.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "System spiegeln"

Sie können eine Spiegelung der Daten um die vertikale Achse erzeugen.

10.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gängige Systeme"

Häufig ist nur ein einfaches System zu untersuchen. Mit diesem Menüeintrag können Sie in wenigen Sekunden verschiedene Systeme erzeugen. Wenn Sie direkt bei Programmstart die Dialogbox "**Gängige Systeme**" wählen, erhalten Sie die nachfolgend dargestellte Dialogbox. Beim direkten Aufruf dieses Menüeintrages sehen Sie nur den unteren Bereich "**Welches System?**". Die Auswahl von Norm und Verfahren haben Sie dann bereits über den Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" vorgenommen.

Gängige Systeme

Norm

- ☐ DIN 4084:1981
- ☐ DIN 4084:1996
- ☐ DIN 4084:2009
- ☒ EC 7

Welches Verfahren?

- ☒ Bishop (Kreise / Lamellen)
- ☐ Janbu (Polygone / Lamellen)
- ☐ Starrkörperbruchmechanismen
- ☐ Blockgleitmethode

Geosynthetics

- ☒ Geosynthetics über Firmenprodukte
- ☒ Firmenprodukte in Datensatz speichern

Firma:

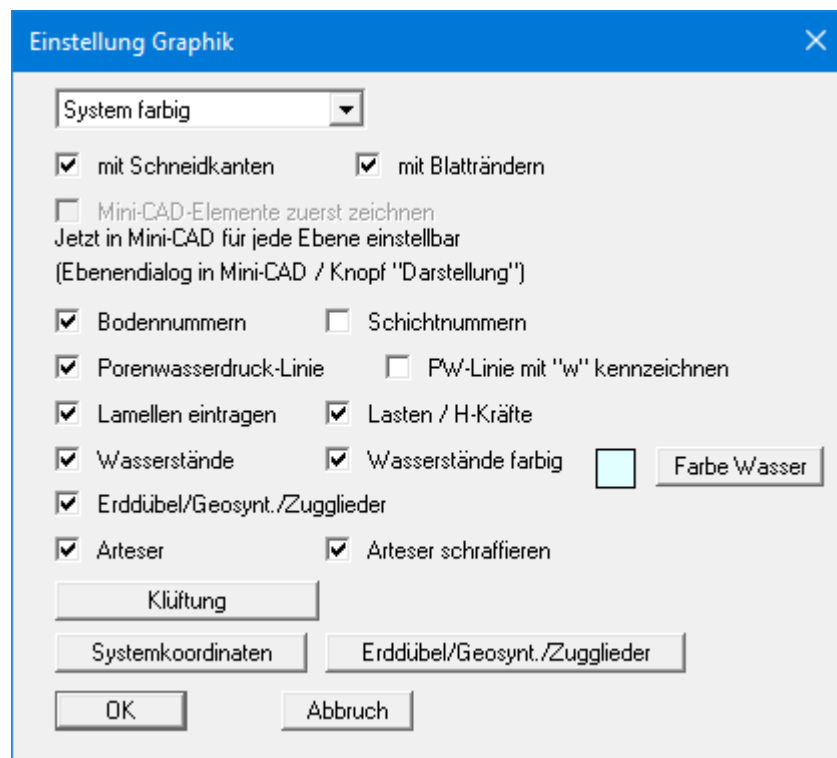
Welches System?

- Böschung/Wand
- Deich/Damm
- Spundwand
- Stützmauer
- Geflechtböschung
- Abbruch

Nach der Eingabe der erforderlichen Daten wird das System auf dem Bildschirm dargestellt. Sie müssen jetzt nur noch die Bodenkennwerte, Mittelpunkttraster und Suchbereich bzw. polygonale Gleitkörper definieren. Es steht Ihnen frei, dieses System nach der Generierung als Datengrundlage für weitere Verfeinerungen zu benutzen.

10.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellung Graphik"

Mit diesem Menüeintrag können Sie einstellen, in welcher Form das System auf dem Bildschirm dargestellt wird, um eine optische Detailüberprüfung durchführen zu können. Die zugehörige Dialogbox ist nahezu selbsterklärend.



Über die Combobox "**System farbig**" aktivieren Sie die farbige Darstellung des Systems, d.h. die unter "**Editor 1 / Legende Bodenkennwerte**" definierten Bodenfarben werden in der Legende der Bodenkennwerte und in der Systemdarstellung benutzt. Sie können auch eine Schraffur für die verschiedenen Böden einstellen oder Farbe und Schraffur komplett ausblenden.

Über die beiden oberen Schalter können die Schneidkanten und Blattränder ausgeblendet werden (siehe auch Menüeintrag "**Blatt / Blattformat**").

Über die Knöpfe "**Klüftung**" und "**Systemkoordinaten**" rufen Sie jeweils eine Dialogbox auf, in der die Form der Darstellung in der Grafik eingestellt werden kann.

Mit dem Knopf "**Erddübel/Geosynt./Zugglieder**" können Sie eine Dialogbox aufrufen, in der Sie die Darstellungsform (Darstellungsbreite, -höhe, Beschriftung) dieser Böschungselemente beeinflussen können. Wenn Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" den Schalter "**StS vorhanden**" aktiviert haben, erscheint auf dem Knopf anstelle der Erddübel "**StS**" für Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel. Anstelle von "**Geosynt.**" steht bei Aktivierung der Verwendung von Stahlbändern hier dann "**Stahlbänder**".

10.12 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Legende Allgemein"

Auf dem Ausgabeblatt wird eine Legende mit allgemeinen Angaben zum System dargestellt, wenn der Knopf "**Legende darstellen**" aktiviert ist. Insbesondere erfolgen bei Konsolidationsschichten wesentliche Eintragungen zu den eingegebenen Werten.

Legende Allgemein

☒ Legende darstellen

Datensatzbezeichnung:

Überschrift:

Berechnungsgrundlagen

x-Wert [mm]: 60.00

y-Wert [mm]: 200.00

Schriftgröße [mm]: 2.0

max. Anzahl Zeilen: 50

☐ Hintergrundfarbe

☐ Programmname und Version eintragen

☒ Rote Markierung, wenn $\mu > "1,0"$

☒ Norm ☒ Teilsicherheiten

☒ Text Bemessungssituation

☒ Erläuterung StS

☐ Anzahl Gleitkreise

Dateinamen eintragen

Dateiname nicht eintragen

Ohne Datum und Uhrzeit

OK Abbruch

Eine bereits unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / Datensatzbezeichnung**" eingegebene Beschreibung wird in die obige Dialogbox übernommen. Neben der Datensatzbezeichnung kann hier weiterhin eine Überschrift für die allgemeine Legende eingegeben werden. Sollen die verwendete Norm und die Teilsicherheiten ebenfalls dargestellt werden, aktivieren Sie die entsprechenden Schalter. Die weiteren Erläuterungen werden jeweils an Ihre Einstellungen angepasst, also beispielsweise Erläuterung StS bei Stabilisierungssäulen. Bei Gleitkreisverfahren kann die Anzahl der Gleitkreise angegeben werden.

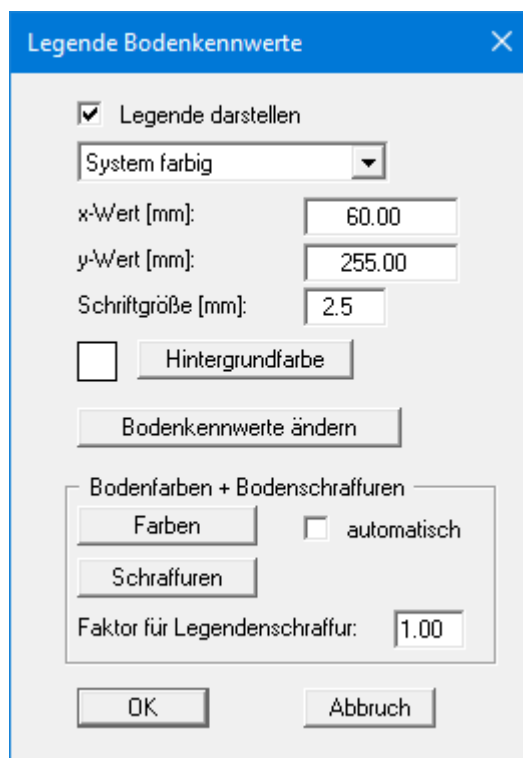
Mit den Werten für "**x**" und "**y**" definieren und verändern Sie die Lage der Legende auf dem Ausgabeblatt. Über die "**Schriftgröße**" und "**max. Anzahl Zeilen**" steuern Sie die Größe der Legende, gegebenenfalls erfolgt eine mehrspaltige Darstellung. In einigen Legenden können Sie auch eine Hintergrundfarbe definieren.

Am schnellsten können Sie die Position der Legende verändern, indem Sie die Funktionstaste [**F11**] drücken und anschließend die Legende mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

In der allgemeinen Legende können, wenn gewünscht, Informationen zum Programm (Name und Version) und zur aktuellen Datei mit dargestellt werden. Sie können den aktuellen Dateinamen ohne oder mit Pfadangabe in die Legende eintragen lassen. Ebenso ist die Angabe von Datum und/oder Uhrzeit möglich.

10.13 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Bodenkennwerte"

Auf dem Ausgabeblatt wird eine Legende mit den im System vorhandenen Bodenschichten und den zugehörigen Bodenkennwerten dargestellt, wenn der Schalter "**Legende darstellen**" aktiviert ist.



Mit den Werten für "**x**" und "**y**" definieren und verändern Sie die Lage der Legende auf dem Ausgabeblatt. Über die "**Schriftgröße**" steuern Sie die Größe der Legende. In einigen Legenden können Sie auch eine Hintergrundfarbe definieren.

Am schnellsten können Sie die Position der Legende verändern, indem Sie die Funktionstaste [**F11**] drücken und anschließend die Legende mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

Eine Änderung der Bodenkennwerte ist über die Legende möglich, wenn Sie auf den Knopf "**Bodenkennwerte ändern**" klicken. Sie erhalten die Dialogbox, die Sie sonst über den Menüeintrag "**Editor 1 / eingeben**" Knopf "**Bodenkennwerte**" aufrufen.

Wenn in der Combobox "**System farbig**" aktiviert ist, werden in der Legende der Bodenkennwerte und in der Systemdarstellung die Böden farbig dargestellt. In der Combobox können Sie auch eine Schraffierung der Bodenarten oder Farbe und Schraffur einstellen. Wenn Sie "**System ohne alles**" auswählen, erfolgt eine Nummerierung der Böden. Im Bereich "**Bodenfarben + Bodenschraffuren**" können Sie die gewünschten Anpassungen vornehmen:

- " **automatisch** "

Den Böden werden vom Programm automatisch Bodenfarben zugeordnet. Ist der Schalter nicht aktiviert, werden die Bodenfarben genommen, die Sie unter dem Knopf " **Farben** " individuell einstellen können.

- " **Farben** "

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie Ihre gewünschten Einstellungen vornehmen können. Sie können hier jeder Bodenschicht nach Klicken auf den Knopf mit der gewünschten Nummer eine neue Farbe zuweisen oder über " **Bodenfarben / umordnen** " die Farben neu zuordnen. Ihre Farbeinstellungen können Sie unter " **Bodenfarben / speichern** " in eine Datei sichern und diese über den Knopf " **Bodenfarben / laden** " auch für andere Systeme wieder verwenden. Im unteren Bereich können Sie die Farbeinstellungen z.B. als benutzerdefinierte Farben in die Windows-Farb-Box übernehmen oder umgekehrt. Über den Knopf " **Info** " erhalten Sie dazu weitere Erläuterungen.

- " **Schraffuren** "

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie für jeden Boden verschiedene Schraffuren definieren können.

- " **Faktor für Legendenschraffur** "

Mit der Eingabe kann eine engere Schraffur in der Bodenlegende erreicht werden. Eine Eingabe < 1.00 kann dann sinnvoll sein, wenn der Schraffurabstand so groß gewählt wurde, dass in dem kleinen Kasten in der Legende die Schraffuren unterschiedlicher Böden nicht mehr auszumachen sind.

- " **Erläuterung Rüttelstopfverdichtung** "

Sie können die Darstellung der Erläuterungen zur Rüttelstopfverdichtung aktivieren.

- " **Erläuterung Klüftung** "

Bei Aktivierung dieses Schalters werden die für die Kluftschichten dargestellten Bodenkennwerte erläutert.

10.14 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Messlatte"

Die Darstellung einer Messlatte mit horizontalen Hilfslinien ergibt eine verbesserte Übersichtlichkeit bezüglich der Geländehöhen.

Die Position der Messlatte wird als Abstand vom linken Blattrand über "**x[m]**" eingegeben. Der Höhenbereich in y-Richtung über "**oben [m]**" und "**unten [m]**". Alle Angaben beziehen sich auf Meter des eingestellten Maßstabs (siehe Menüeinträge unter Menütitel "**Blatt**").

Am schnellsten können Sie die Position der Messlatte verändern, indem Sie die Funktionstaste [**F11**] drücken und anschließend die Messlatte mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

10.15 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Objekte verschieben"

Wenn Sie diesen Eintrag wählen, können Sie anschließend mit Hilfe der Maus die verschiedenen Objekte und Legenden verschieben. Bewegen Sie die Maus über das Objekt Ihrer Wahl. Wenn Sie sich über einem verschiebbaren Objekt befinden, nimmt der Mauszeiger die Form eines Kreuzes an. Drücken Sie jetzt die linke Maustaste und ziehen Sie mit gedrückt gehaltener Taste das Objekt an die gewünschte Position.

Nach Anwahl des Menüeintrages können Sie immer **nur ein Objekt** mit der Maus verschieben oder dessen Größe verändern.

Wenn Sie mehrere Objekte bearbeiten möchten, können Sie die Funktion auch schneller durch Drücken der [**F11**]-Taste oder des Symbols



aktivieren. Eine Infobox erscheint dann nicht mehr.

In vielen GGU-Programmen können Sie über diesen Menüeintrag bzw. die Funktionstaste [**F11**] auch die Größe eines Objekts verändern. Wenn Sie sich nach Aktivierung der Funktion über dem Rahmen eines veränderbaren Objekts befinden, nimmt die Maus die Form eines Doppelpfeils an. Halten Sie die linke Maustaste gedrückt und ziehen Sie den Rahmen, bis das Objekt die gewünschte Größe erreicht hat. Ziehen Sie an einer Ecke, um das Längenverhältnis der Seiten beizubehalten. Wenn Sie an einer Seite ziehen, wird das Objekt höher bzw. breiter.

Mit der [**Back**]-Taste oder durch Klicken auf das Symbol



können Sie die letzte Änderung der Position oder Größe eines Objektes rückgängig machen.

In Programmen, in denen Sie die Diagramme selbst positionieren können (Menüeintrag " **System / Diagrammpositionen** "), lassen sich auch die Ergebnisdiagramme über diese Funktion verschieben, wenn Sie auf " **Diagramm-Positionen von Hand** " umgestellt haben.

10.16 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Bezeichnungen Zugglieder usw."

Unter diesem Menüeintrag können Sie die Bezeichnungen für Zugglieder und Stahlbänder entsprechend Ihrer Vorstellungen ändern.

Über den Knopf "Zugglieder" erhalten Sie folgende Dialogbox:

Plural:	Zugglieder
Singular:	Zugglied
Abkürzung:	ZG
OK Abbruch rücksetzen	

Sie können hier definieren, ob Sie das Zugglied anders benennen möchten. Die eingegebenen Bezeichnungen werden in den weiteren Dialogboxen unter dem Menütitel " **Nagelwand** " und in den auf dem Bildschirm dargestellten Diagrammen und Legenden verwendet.

Analog dazu erhalten Sie über den Knopf " **Stahlbänder** " die folgende Dialogbox:

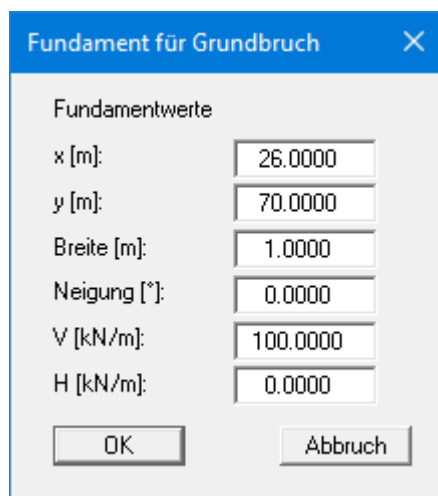
Plural:	Stahlbänder
Singular:	Stahlband
Abkürzung:	Stb
OK Abbruch rücksetzen	

Auch hier können Sie die Bezeichnungen für die Diagramme und Legenden ändern. Über den Knopf "**rücksetzen**" werden vom Programm jederzeit wieder die dargestellten Standard-Begriffe eingetragen.

Wenn Sie während der Bearbeitung der Datei die Sprache wechseln, können Sie über den Knopf "**rücksetzen**" bzw. "**Reset**" die jeweiligen Standardbezeichnungen in der eingestellten Sprache vom Programm einsetzen lassen.

10.17 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Fundament"

Falls Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" den Schalter "**Grundbruch**" aktiviert haben, erscheint ein weiterer Menüeintrag "**Fundament**".



Hier geben Sie die für eine Grundbruchberechnung erforderlichen Fundamentwerte ein.

- "**x**", "**y**" = Position der linken Fundamentkante
- "**Breite**" = Fundamentbreite
- "**Neigung**" = Neigung der Fundamentsohle
- "**V**" = Vertikallast des Fundaments
- "**H**" = Horizontallast des Fundaments

Die Sicherheitsaussage wird bei einer Grundbruchberechnung aus einem Vergleich der Bruchlast V_b und der vorhandenen Streifenfundamentlast V_{vorh} erhalten (siehe auch "**Theoretische Grundlagen: Sicherheitsdefinitionen**"):

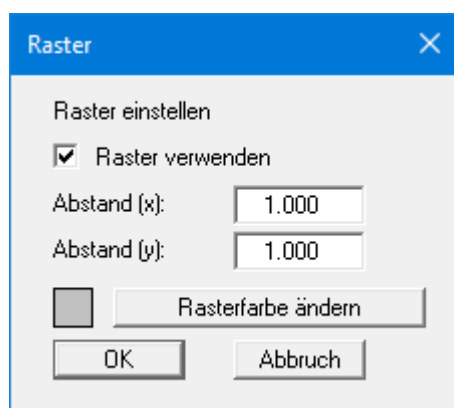
$$\eta = V_b / V_{vorh}$$

Das Programm variiert bei einer Grundbruchberechnung die Last V_b , bis die Böschungsbruchsicherheit gemäß alter Normung $\eta = 1,0$ bzw. der Ausnutzungsgrad nach dem Teilsicherheitskonzept $\mu = 1,0$ ist. Die Horizontallast wird bei der Variation entsprechend der Vertikallast ebenfalls vergrößert oder verkleinert.

11 Menütitel Editor 2

11.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Raster"

Im "**Beispiel 1 - Schritt 3: Raster definieren (Bsp. 1)**" wurde dieser Menüeintrag bereits erläutert. Bei Systemeingaben mit der Maus ist es häufig sinnvoll, dass nur bestimmte Rasterwerte angesprungen werden.



Sie können über diesen Menüeintrag ein entsprechendes Raster einstellen. Als Rasterfarbe ist in der Voreinstellung ein helles Grau gewählt, das die Grafik nicht erschlägt. Falls Sie eine andere Rasterfarbe wünschen, wählen Sie den Knopf "**Rasterfarbe ändern**". Das eingestellte Raster wird, wenn der Schalter "**Raster verwenden**" aktiviert ist, bei den nachfolgenden Menüeinträgen zur Mauseingabe des Systems und der Definition von polygonalen Gleitkörpern eingeblendet.

11.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gelände"

Mit diesem Menüeintrag können Sie die Geländelinie des Systems mit die Maus eingeben (siehe auch "**Beispiel 1 - Schritt 4: Geländepunkte eingeben (Bsp. 1)**"). Die erscheinende Dialogbox informiert über die Möglichkeiten. Diese Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste [F3] erreicht werden.

Wenn Sie den Schalter "**auf vorhandene Linien-Endpunkte einrasten**" aktivieren, wird anstelle des Mausursors ein Fadenkreuz dargestellt, wenn Sie wollen, auch ein großes Fadenkreuz mit umschließendem Rechteck. Falls Sie bereits Eingaben getätigt haben oder "**Mini-CAD**"-Daten (eventuell auch über DXF-Import erzeugt) vorhanden sind, rastet das Programm bei jedem Mausklick auf den nächstgelegenen Punkt ein (falls sich der betreffende Punkt im Rechteck befindet). Wenn z.B. das System, das berechnet werden soll, aus einer Planungsgrundlage als DXF-Datei existiert, können Sie sich damit die Eingabe wesentlich vereinfachen.

Alle diese Angaben gelten auch für die nachfolgenden Abschnitte, die sich mit der Eingabe des Systems mit der Maus befassen.

11.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Porenwasserdruck"

In völliger Analogie zu den Geländepunkten können Sie die Porenwasserdrucklinie definieren (siehe auch "**Beispiel 1 - Schritt 5: Porenwasserdruckpunkte eingeben (Bsp. 1)**").

Eine Eingabe wird abgelehnt, wenn Sie unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" das Porenwasserdrucknetz zur Definition der Porenwasserdrücke gewählt haben.

11.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Schichten"

In völliger Analogie zu den Geländepunkten können Sie Schichten definieren. Abweichend müssen jedoch für eine Schicht jeweils zwei Punkte angeklickt werden (siehe "**Beispiel 1 - Schritt 6: Schichten eingeben (Bsp. 1)**"). Die erscheinende Dialogbox informiert über die Möglichkeiten. Diese Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste [**F6**] erreicht werden.

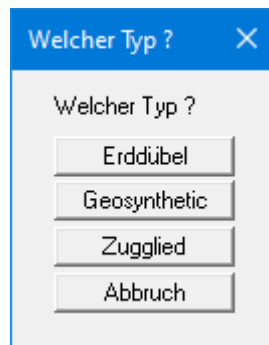
11.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Lasten/Einzelkräfte"

In völliger Analogie zu den Geländepunkten können Sie nach vorheriger Auswahl "**Ständige Lasten**", "**Verkehrs-Lasten**", "**Flächenlasten**" oder "**Einzel-Kräfte**" definieren. Nach der Festlegung von zwei x-Koordinaten mit der Maus geben Sie in einer Dialogbox die Größe der Last (z.B. in kN/m²) ein. Bei Einzelkräften ist nur die Angabe der Einzelkraft (z.B. in kN/m) erforderlich. Die Wirkungsrichtung wird durch die anschließende Grafik eindeutig gekennzeichnet.

Ständige Lasten und Verkehrs-Lasten können Sie durch gleichzeitiges Drücken der [**Shift**]-Taste und der rechten Maustaste auf die Mitte der Last in einer Dialogbox bearbeiten. Über [**Strg**] und rechte Maustaste können Sie diese Lasten löschen. Einzellasten und Flächenlasten bearbeiten Sie durch Doppelklicken auf die Lasten. Sie erhalten die Dialogboxen, die Sie ansonsten für diese Elemente über "**Editor 1 / eingeben**" erhalten. Wenn Sie diese Lasten löschen möchten, setzen Sie in der Dialogbox die Anzahl auf "**0**".

11.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Erddübel/StS/Geosyn./Stahlbänder/Zugglieder"

In völliger Analogie zu den Geländepunkten können Sie die Lage von Erddübeln, Stabilisierungssäulen nach Neidhart/Gömmel, Geosynthetics, Stahlbändern und Zuggliedern definieren. Sie erhalten zunächst eine Dialogbox, in der Sie das gewünschte Element auswählen.



Sie erhalten eine Infobox und definieren das ausgewählte Element durch Anklicken zweier x-/y-Koordinaten mit der Maus. Anschließend erhalten Sie jeweils eine Dialogbox, in der Sie die weiteren Eingaben für das gewählte Element eingeben.

- " **Erddübel** "

Sie geben die aufnehmbare Erddruckspannung e_d (wirkt senkrecht zur Dübelachse) an den beiden angeklickten Punkten (in kN/m/m) an. Die Wirkungsrichtung wird durch die anschließende Grafik eindeutig gekennzeichnet. Gegebenenfalls sind negative Werte einzugeben.

- " **StS** "

Wenn Sie im Menüeintrag " **Editor 1 / System einstellen** " den Schalter " **StS vorhanden** " aktiviert haben, können Sie anstelle von Erddübeln über den stattdessen angezeigten Knopf " **StS** " Stabilisierungssäulen mit der Maus definieren.

- " **Geosynthetic** "

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie das gewünschte Produkt aus der Liste des von Ihnen im Menüeintrag " **Editor 1 / System einstellen** " gewählten Geosynthetics-Herstellers bzw. Produktbereichs auswählen.

- " **Stahlbänder** "

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie μ , Stahlbandbreite, R_0 und R_d eingeben.

- " **Zugglieder** "

Sie geben den Bemessungswert des Materialwiderstands R_d , den Durchmesser und die freie Länge des Zugglieds ein.

11.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Arteser"

In völliger Analogie zu den Geländepunkten können Sie Arteser und deren Lage definieren. Nach der Eingabe von einem x, y-Koordinatenpaar über die Maus müssen Sie jeweils noch die " **Dicke des Stauers** " und den artesischen Wasserdruck (" **Wasserstand** ") angeben.

11.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Wasserstände"

Sie können die Wasserstände vor der Böschung "links" durch Drücken auf die linke bzw. "rechts" durch Drücken auf die rechte Maustaste festlegen.

Die Wasserstände werden in die zentrale Eingabebox im Menüeintrag "Editor 1 / eingeben" übernommen.

11.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Konsolidationsschichten" (Editor 2)

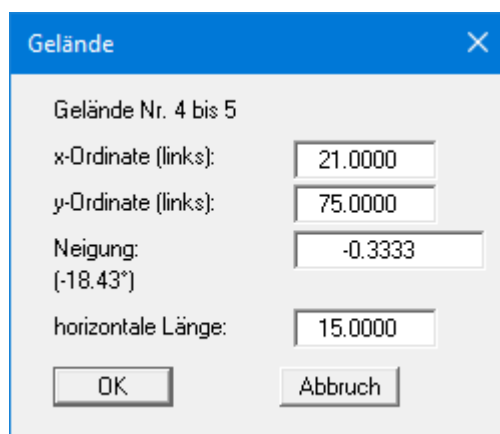
Die Eingabe von Konsolidationsschichten erfolgt in völliger Analogie zur Eingabe der Arteser. Sie müssen nach der Anwahl dieses Menüeintrags jedoch vorab die Nummer der Konsolidationsschicht angeben, die Sie bearbeiten wollen.

11.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Bauteile / Bodensäulen" (Editor 2)

Sie wählen zunächst aus, ob Sie Bauteile oder Bodensäulen definieren möchten. Für die Eingabe eines Bauteils geben Sie zunächst die Nummer des Bauteils an, das Sie bearbeiten wollen. Anschließend setzen Sie Ihre Punkte mit der Maus. Bei einer Bodensäule definieren Sie per Mausklick die x- und y-Koordinate der Unterkante der Bodensäule. Anschließend öffnet sich die gleiche Dialogbox zur Generierung von Bodensäulen wie unter dem Menüeintrag "Editor 1 / Bauteile/Bodensäulen".

11.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Neigungen"

In manchen Fällen ist es wünschenswert, dass Böschungsgeometrien über Neigungen verändert werden können. Nach dem Anwählen dieses Menüeintrags klicken Sie auf die Mitte der zu ändernden Geländelinie (Schichtlinie usw.).



Gelände	
Gelände Nr. 4 bis 5	
x-Ordinate (links):	21.0000
y-Ordinate (links):	75.0000
Neigung: (-18.43°)	-0.3333
horizontale Länge:	15.0000
OK Abbruch	

In der erscheinenden Dialogbox ist unter anderem die Änderung der Neigung möglich.

11.12 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Koordinaten"

Die Eingabe des Systems über die Maus ist komfortabel. Sie können sich die Arbeit weiter erleichtern, indem Sie sich über einen Scanner eine Bitmap-Datei von Ihrem System besorgen. Die Bitmap-Datei können Sie über "**Mini-CAD**" auf dem Bildschirm darstellen lassen (siehe Handbuch "**Mini-CAD**"). Sie klicken anschließend nur noch maßgebende Punkte des Systems an. Da die genaue maßstabsgerechte Anpassung der Bitmap-Datei etwas zeitraubend sein kann, können Sie mit diesem Menüeintrag die Koordinaten der Böschungsgeometrie vergrößern und verschieben.

11.13 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Spannungen"

Bei Anwahl dieses Menüeintrags können Sie sich für jede Stelle Ihres Systems die maßgebenden Spannungen anzeigen lassen. Sie erhalten eine Infobox mit den Werten sowie einem Knopf "**Bodenkennwerte**". Wenn Sie daraufklicken, werden Ihnen in einer weiteren Infobox die Bodenkennwerte für die entsprechenden Position angezeigt.

11.14 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Rückgängig"

Wenn Sie Änderungen in Dialogboxen vorgenommen oder Objekte nach Anwahl des Menüeintrages "**Ansicht / Objekte verschieben**" oder der Funktionstaste [**F11**] an eine andere Bildposition verschoben haben, können Sie über diesen Menüeintrag diese letzte Änderung rückgängig machen.

Die Funktion erreichen Sie auch über die Tastenkombination [**Alt**]+[**Rück**] oder das Symbol



in der Symbolleiste.

11.15 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Wiederherstellen"

Durch Anwahl dieses Menüeintrages wird die letzte Änderung in Dialogboxen oder die letzte Verschiebung von Objekten, die Sie über den Menüeintrag "**Blatt / Rückgängig**" zurückgenommen haben, wiederhergestellt.

Die Funktion erreichen Sie auch über die Tastenkombination [**Strg**]+[**Rück**] oder das Symbol



in der Symbolleiste.

11.16 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellen"

Sie können die Undo-Funktionen aktivieren oder deaktivieren.

12 Menütitel Porenwasserdrucknetz (PW-Netz)

12.1 GGU-STABILITY: Grundlagen PW-Netz

Im Allgemeinen werden Porenwasserdrücke in Böschungen mit einer Porenwasserdrucklinie definiert. Entsprechende Programme (auch **GGU-STABILITY**) berechnen den Porenwasserdruck im Lamellenfußpunkt aus dem vertikalen Abstand zwischen dem Lamellenfußpunkt und der darüber liegenden Porenwasserdrucklinie. Diese Vorgehensweise impliziert die Annahme, dass die Böschung ausschließlich horizontal durchströmt wird. Diese Annahme ist für eine Vielzahl von Böschungen ausreichend genau. Bei komplizierten Strömungsverhältnissen (z.B. Damm mit Außenhautdichtung) ist diese Annahme jedoch nicht mehr gerechtfertigt. Auch die Berücksichtigung von Artesern kann nur in einigen Sonderfällen Abhilfe schaffen. Eine korrekte Berücksichtigung von komplizierten Strömungsverhältnissen kann daher nur erfolgen, wenn in jedem Böschungspunkt der Porenwasserdruck definiert ist. Das Programm **GGU-STABILITY** ermöglicht eine entsprechende Definition über ein Porenwasserdrucknetz (Dreiecksnetz), das sich über den gesamten Bereich der zu untersuchenden Böschung erstrecken muss. An jedem Dreieckspunkt wird das Potential h definiert

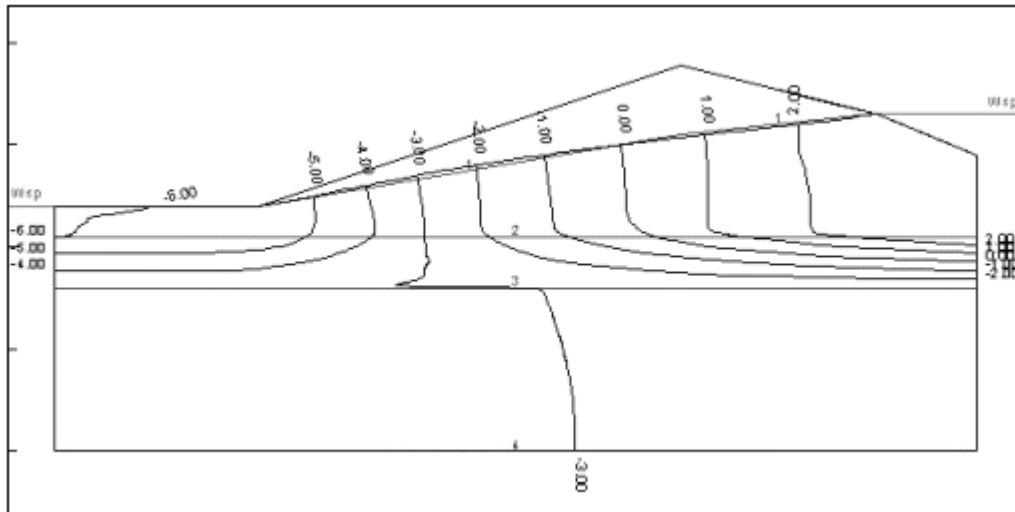
$$h = u / \gamma_w + y$$

mit

- u = Porenwasserdruck z.B. in kN/m^2
- γ_w = Wichte des Wassers
- y = Ortshöhe

Mit Hilfe dieses Dreiecksnetzes kann das Programm an jedem Punkt durch lineare Interpolation im Dreiecksnetz den Porenwasserdruck u bestimmen. Dieses Porenwasserdrucknetz können Sie komplett über die Maus definieren. Bei komplizierten Strömungsverhältnissen kann das jedoch einige Zeit in Anspruch nehmen. Falls Sie im Besitz eines Grundwasser-Programms sind, können Sie diese Daten jedoch auch über eine ASCII-Datei einlesen (x , y und h). Besonders komfortabel ist das Einlesen von Porenwasserdrucknetzen jedoch, wenn Sie das Grundwassermodell **GGU-2D-SSFLOW** besitzen. Nachbearbeitungen sind dann nicht mehr erforderlich.

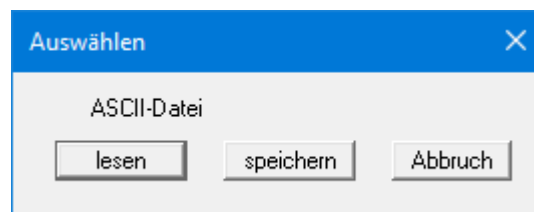
Das Beispiel 2 aus dem Beiblatt der DIN 4084 (siehe Datei DIN2GW.BOE) besitzt z.B. folgendes Potentialliniennetz, das über GGU-2D-SSFLOW berechnet wurde:



Falls das System komplizierte Strömungsvorgänge nicht beinhaltet und eine Definition des Porenwasserdrucks über eine Porenwasserdrucklinie ausreichend ist, können Sie auf das Studium der nachfolgenden Abschnitte zum Porenwasserdrucknetz verzichten.

12.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "ASCII-Datei"

Sie können die Koordinaten (x, y) und das jeweils zugehörige Potential (h) aus einer ASCII-Datei, die von einem anderen Programm (z.B. **GGU-2D-SSFLOW**) erzeugt wurde, einlesen. Sie können alternativ auch ein in **GGU-STABILITY** vorhandenes Porenwasserdrucknetz als ASCII-Datei abspeichern, wenn Sie in der Dialogbox den Knopf "**speichern**" anwählen.



Nach Anwahl des Knopfes "**lesen**" und Auswahl einer Datei erscheint folgende Dialogbox:

ASCII lesen

Datei: C:\GGU-Software\G'wV1.txt

Zeile 1 von 13 Zeilen

Punkt x y Potential Q vx vy ix iy

Trennzeichen Spalte:

- ☒ Leerzeichen
- ☐ Tab
- ☐ Semikolon
- ☐ Komma

Daten

Spalte x: 2 Spalte y: 3 Spalte z: 4

Erste gültige Zeile lesen

Anzahl gültiger Zeilen

Ergebnis:

Fehler Fehler Fehler

Daten einlesen Abbruch

Oben wird die aktuelle Zeile der ASCII-Datei angezeigt. Mit den Pfeilen am rechten Rand bewegen Sie sich durch die Datei. Falls alle Angaben richtig sind, erscheint in der Box unter den Spalten das Ergebnis für diese Zeile. Anderenfalls erscheint " **Fehler**". Verändern Sie dann gegebenenfalls das Trennzeichen für die Spalte. Enthält die Datei neben gültigen auch ungültige Zeilen, werden diese beim späteren Einlesen einfach überlesen. Zum Schluss wählen Sie den Knopf " **Daten einlesen**". Danach können Sie die eingelesenen Koordinaten und Potentiale weiterverarbeiten.

Die Koordinaten und das Potential reichen allein nicht aus, um dem Programm die nötigen Informationen zur Verfügung zu stellen. Sie müssen nach dem Laden einer ASCII-Datei zusätzlich noch angeben, wie die einzelnen Knoten miteinander verknüpft sind. Die näheren Erläuterungen finden Sie in den weiteren Menüeinträgen des Menütitels " **PW-Netz**".

ASCII-Dateien, die von den Programmen **GGU-2D-SSFLOW** oder **GGU-3D-SSFLOW** für **GGU-STABILITY** erzeugt wurden, können direkt eingelesen werden. Bei diesen Dateien werden auch die Knotenverknüpfungen mit eingelesen. Weitergehende Arbeiten unter diesem Menütitel sind dann nicht mehr erforderlich.

12.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "vorh Pkte zu Netz"

Falls Sie ein Böschungssystem bereits eingegeben haben, können Sie mit diesem Menüeintrag aus diesem System ein Porenwasserdrucknetz erzeugen, das dann im Allgemeinen noch weiter verfeinert werden muss.

12.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Isolinien" (PW-Netz)

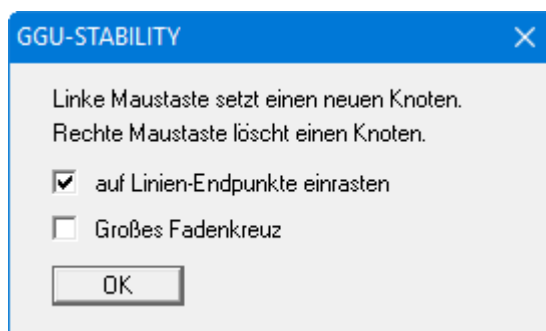
Falls Sie ein Porenwasserdrucknetz eingelesen haben oder ein Porenwasserdrucknetz von Hand definiert haben, können Sie mit diesem Menüeintrag die Linien gleicher Potentiale (Isolinien) darstellen lassen. Es besteht die Möglichkeit, herkömmliche Isolinien oder farbgefüllte Isolinien darzustellen. Die erscheinenden Dialogboxen werden in den Menüeinträgen "**Ausnutzungsgrade (Gleitkreise) / Isolinien**" und "**Ausnutzungsgrade (Gleitkreise) / farbig**" näher erläutert.

12.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "PW ermitteln"

Zur weiteren Kontrolle Ihrer Eingabe können Sie mit diesem Menüeintrag den Porenwasserdruck an allen beliebigen Stellen des Systems durch Mausklick bestimmen.

12.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Knoten setzen"

Mit diesem Menüeintrag legen sie die Lage von Dreiecksknoten mit der Maus fest. Die Bedienung der Maus erfolgt entsprechend der Beschreibung innerhalb der Box.



Nach dem Anklicken eines Knotens müssen Sie das zu diesem Knoten zugehörige Potential eingeben.

12.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "ändern"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags erscheint die folgende Dialogbox

Knotenkoordinaten + Potentiale

vor zurück Abbruch fertig

Gehe zu Nr.: 1 12 Knoten ändern

Nr	x[m]	y[m]	h[m]
1	0.0000	5.0000	20.7723
2	0.0000	15.0000	21.0000
3	15.0000	5.0000	20.2599
4	15.0000	15.0000	21.0000
5	31.7280	15.0000	15.1193
6	33.0000	5.0000	15.6050
7	23.5000	21.0000	21.0000
8	33.1792	16.9395	15.0822
9	36.0000	15.0000	15.0100
10	50.0000	5.0000	15.1094
11	27.0000	21.0000	19.1804
12	50.0000	15.0000	15.0100

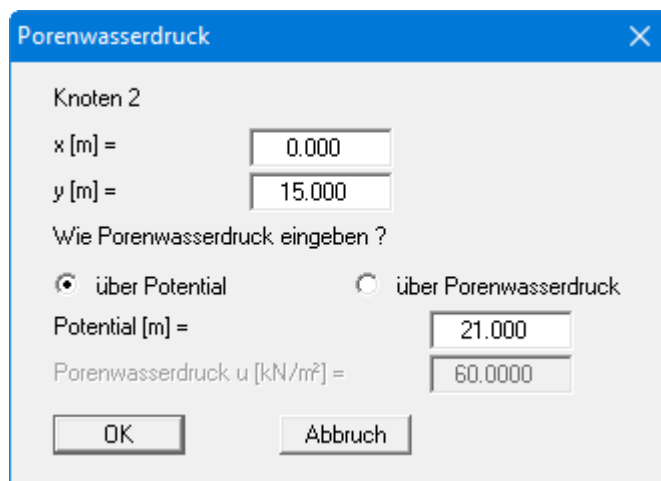
Innerhalb dieser Box ist es möglich, die x-/y-Koordinaten und das Potential über die Tastatur zu ändern. Die Bedienung der Schalter entspricht den Erläuterungen im "**Beispiel 2 - Schritt 2: Systemdaten eingeben (Bsp. 2) / Geländepunkte**".

12.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "verschieben"

Unter diesem Menüeintrag ist es möglich, vorhandene Dreiecksknoten mit der Maus zu verschieben und dadurch die x-/y-Koordinaten zu verändern. Die Bedienung der Maus ist entsprechend der Beschreibung innerhalb der Box.

12.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "editieren" (PW-Netz)

Dieser Menüeintrag ermöglicht die nachträgliche Änderung der Koordinaten und des Potentials für einzelne Dreiecksknoten. Die Bedienung ist entsprechend der Meldung innerhalb der Box. Ein Doppelklick mit der Maus auf Knoten Nummer 2 eines Beispiel-Porenwasserdrucknetzes würde folgende Box aufrufen.



Hier lassen sich die x-/y-Koordinaten und das Potential h ändern.

12.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Netz von Hand"

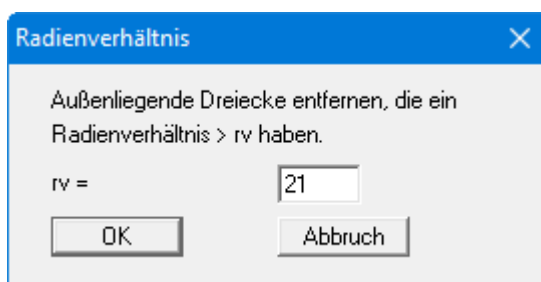
Sie können das Porenwasserdrucknetz von Hand erstellen. Die Triangulation (Zusammenfassen von 3 Netzknoten zu einem Dreieck) der PW-Netzknoten muss entsprechend der Erläuterungen in der sich öffnenden Dialogbox durchgeführt werden.

12.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "automatisch"

Dieser Menüeintrag führt eine vom Programm gesteuerte Netzgenerierung (Delauney-Triangulation) aus. Es besteht die Möglichkeit, eine bereits vorhandene Dreiecksvermaschung zu löschen oder zu ergänzen. Wählen Sie nur in Ausnahmefällen den Schalter "**ergänzen**", da die Delauney-Triangulation nach gewissen Gesetzmäßigkeiten abläuft, die unter Umständen eine sinnvolle Ergänzung eines zuvor von Hand eingegebenen Teilnetzes nicht zulässt.

12.12 GGU-STABILITY: Menüeintrag "entspitzen"

Bei der Delauney-Triangulation wird ein Dreiecksnetz erzeugt, das alle Knoten umhüllt. Dadurch können Dreieckselemente entstehen, die im Außenbereich sehr spitzwinklig sind. Sie können entsprechende Dreiecke durch diesen Menüpunkt aus dem Netz entfernen.



Das Radienverhältnis beschreibt das Verhältnis zwischen Außenradius und Innenradius eines Dreiecks. Gleichseitige Dreiecke besitzen das geringste Radienverhältnis von 2,0 (Optimum). Bevor Sie die obige Dialogbox erhalten, werden Ihnen das maximale und das mittlere Radienverhältnis im Netz angezeigt. Bei der obigen Vorgabe würden alle außen liegenden Dreiecke entfernt, die ein Radienverhältnis größer als 21 besitzen.

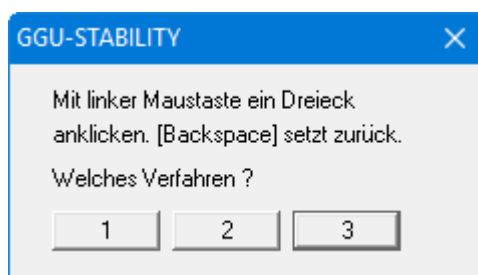
Um Interpolationslöcher im Dreieckssystem zu vermeiden, werden nur außen liegende Dreiecke gelöscht.

12.13 GGU-STABILITY: Menüeintrag "löschen"

Mit diesem Menüpunkt können Sie ausgewählte Dreiecke des Systems löschen. Sie müssen dazu vier Punkte im Gegenuhrzeigersinn anklicken. Alle Dreiecke, deren Schwerpunkt innerhalb dieses Vierecks liegen, werden gelöscht. Alternativ besteht auch die Möglichkeit ein Porenwasserdrucknetz vollständig zu löschen.

12.14 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einzeln verdichten"

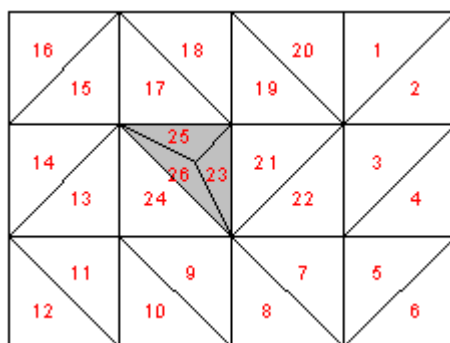
Sie können ein einzelnes Element des Porenwasserdrucknetzes verdichten. Es erscheint die folgende Box:



Zur Verdichtung des Porenwasserdrucknetzes stehen drei verschiedene Verdichtungsverfahren zur Verfügung:

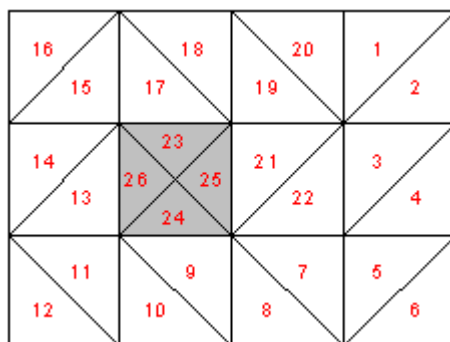
Verfahren 1:

Im Schwerpunkt des ausgewählten Dreiecks wird ein zusätzlicher Knoten erzeugt.



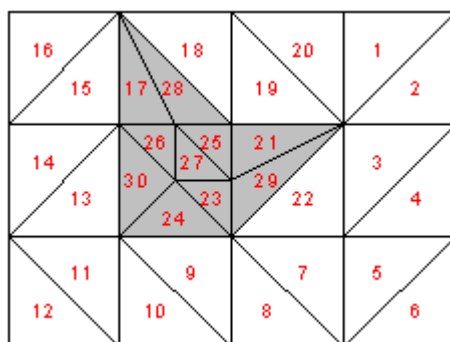
Verfahren 2:

Das ausgewählte Dreieckselement und das angrenzende Dreieckselement werden halbiert.



Verfahren 3:

Bei dem mit der Maus angeklickten Dreieckselement wird in den Seitenhalbierenden ein neues Dreieckselement eingefügt. Die angrenzenden Dreieckselemente werden halbiert.



Bei der Verdichtung des Netzes werden neuen Knoten Potentiale zugewiesen, die sich aus den Werten an den Nachbarknoten ergeben.

12.15 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Ausschnitt"

Sie können Bereiche des Dreiecksnetzes für eine Netzverdichtung auswählen, indem Sie im Gegenuhrzeigersinn vier Punkte eines Polygons anklicken, das den zu verdichtenden Bereich umschließt. Zur Verdichtung stehen ebenfalls die unter Menüeintrag "**PW-Netz / einzeln verdichten**" erläuterten Verfahren zur Verfügung.

12.16 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alle"

Sie können alle Dreieckselemente über die unter Menüeintrag "**PW-Netz / einzeln verdichten**" erläuterten Verfahren verdichten.

13 Menütitel Mittelpunkte (nur bei Gleitkreisen)

13.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "im Viereck festlegen"

Sie können die Mittelpunkte der zu berechnenden Gleitkreise über ein Viereckraster am Bildschirm definieren.

Das System wird auf dem Bildschirm dargestellt. Mit dem Mauszeiger können Sie die Eckpunkte eines Mittelpunktrasters festlegen. Sie müssen dazu die vier Eckpunkte eines Vierecks angeben. Mit der linken Maustaste wird zunächst der erste Eckpunkt festgelegt. Dann positionieren Sie die Maus auf den zweiten Eckpunkt und drücken die linke Maustaste ein zweites Mal. Falls der erste Eckpunkt nicht Ihren Vorstellungen entspricht, können Sie nach einem Klicken auf die rechte Maustaste den ersten Punkt neu festlegen (linke Maustaste drücken). Nach dem Festlegen der Eckpunkte des Vierecks müssen Sie die Anzahl der Unterteilungen des Rasters vorgeben (in x- und y-Richtung).

Durch Wiederholen der oben angegebenen Vorgehensweise können entsprechend auch mehrere Mittelpunktraster definiert werden. Sie können diese Aktion auch ausführen, wenn bereits Mittelpunkte berechnet wurden.

13.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "im Rechteck"

Die Vorgehensweise entspricht dem Festlegen eines Mittelpunktrasters über ein Viereck. Sie müssen für ein Rechteck-Raster die zwei diagonal gegenüberliegenden Punkte des Rechtecks angeben. Falls der erste Eckpunkt nicht Ihren Vorstellungen entspricht, können Sie nach einem Klicken auf die rechte Maustaste den ersten Punkt neu festlegen (linke Maustaste drücken). Nach dem Festlegen des Rechtecks geben Sie die Anzahl der Unterteilungen des Rasters vor (in x- und y-Richtung).

Durch Wiederholen der oben angegebenen Vorgehensweise können entsprechend auch mehrere Mittelpunktraster definiert werden. Sie können diese Aktion auch ausführen, wenn bereits Mittelpunkte berechnet wurden.

13.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einzeln (graphisch)"

Sie können die Koordinaten einzelner Mittelpunkte durch Klicken mit der linken Maustaste festlegen.

13.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag " einzeln (Editor)"

Sie können einzelne Mittelpunkte durch Eingabe der x-/y-Koordinaten in einer Editorbox festlegen. Dieser Menüeintrag ist sinnvoll, wenn z.B. im Rahmen einer Prüfung einer **fremden** Dammstatik ganz bestimmte Gleitkreismittelpunkte nachgerechnet werden sollen.

13.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "verdichten"

Das Programm führt mit bereits vorhandenen Mittelpunkten eine Triangulation aus. In die Mitte der so ermittelten Dreiecke wird ein zusätzlicher Mittelpunkt gelegt und somit das vorhandene Raster verdichtet.

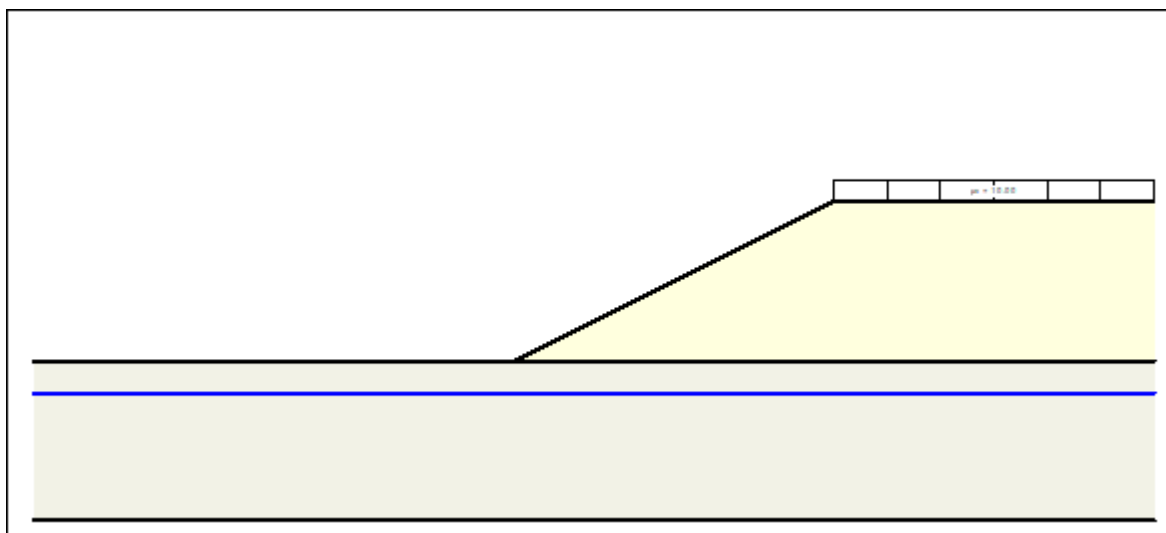
13.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Info" (Mittelpunkte)

Sie erhalten in einer Dialogbox Informationen über das vorhandene Mittelpunktraster.

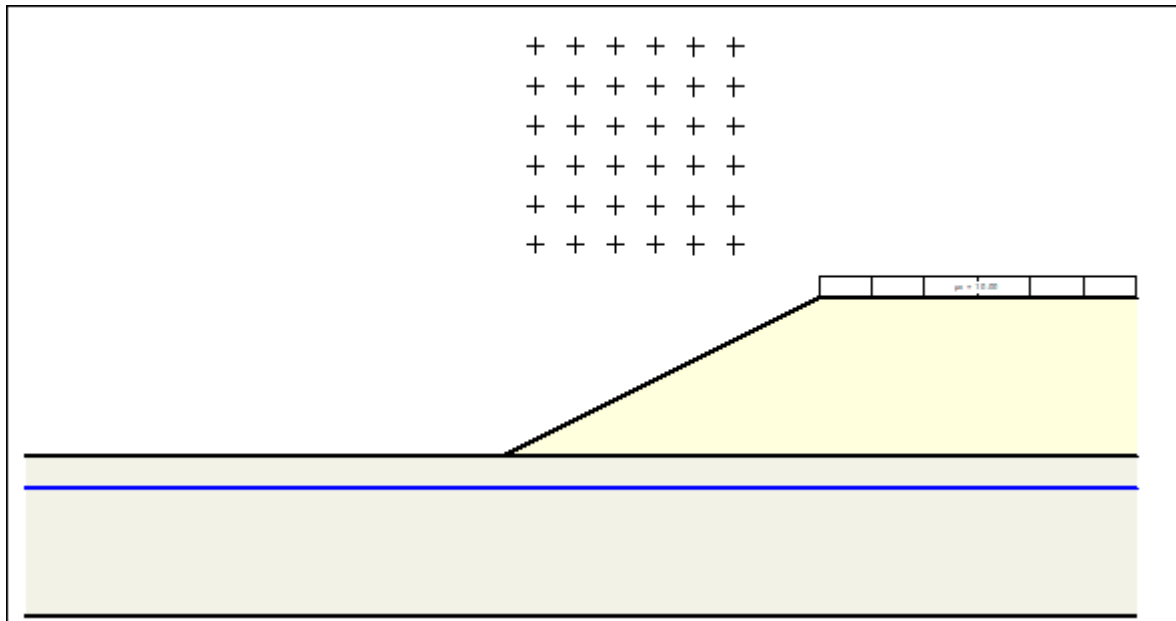
13.7 Menüeintrag "Suchbereich definieren"

13.7.1 GGU-STABILITY: Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 1)

Erläuterungen zu diesem Menüeintrag finden Sie bereits unter "**Beispiel 2 - Schritt 4: Gleitkreise definieren (Bsp. 2) / Suchbereich definieren**". Im Folgenden sollen weitere Beispiele am nachfolgend dargestellten Beispielsystem die Vorgehensweise bei der Definition des Suchbereiches verdeutlichen.



Erstellen Sie zunächst über den Menüeintrag "**Mittelpunkte / im Rechteck**" ein Mittelpunktraster, das ungefähr so aussieht wie das nachfolgende Mittelpunktraster 1.



Zur Definition des Suchbereichs erhalten Sie über diesen Menüeintrag die folgende Dialogbox. Wenn Unsicherheit bezüglich des Suchbereichs besteht, sollten Sie immer den Suchbereich "**Horizontale Tangenten**" wählen und je nach Sicherheitsbedürfnis eine höhere Anzahl der Radian (40 oder größer) wählen.

Suchbereich definieren [X]

Allgemein

Suchbereich mit Maus definieren. Berechnete μ werden gelöscht!

☒ auf vorhandene Linien-Endpunkte einrasten

☒ Kreise darstellen

☒ Radien darstellen

Variation von Gleitkreisradien

☒ verwenden von Hand definieren

☐ nur ersten und letzten Kreis darstellen

Anzahl Radien:

☐ Anfangs- und Endradius

☒ Horizontale Tangenten

☐ Vertikale Tangenten

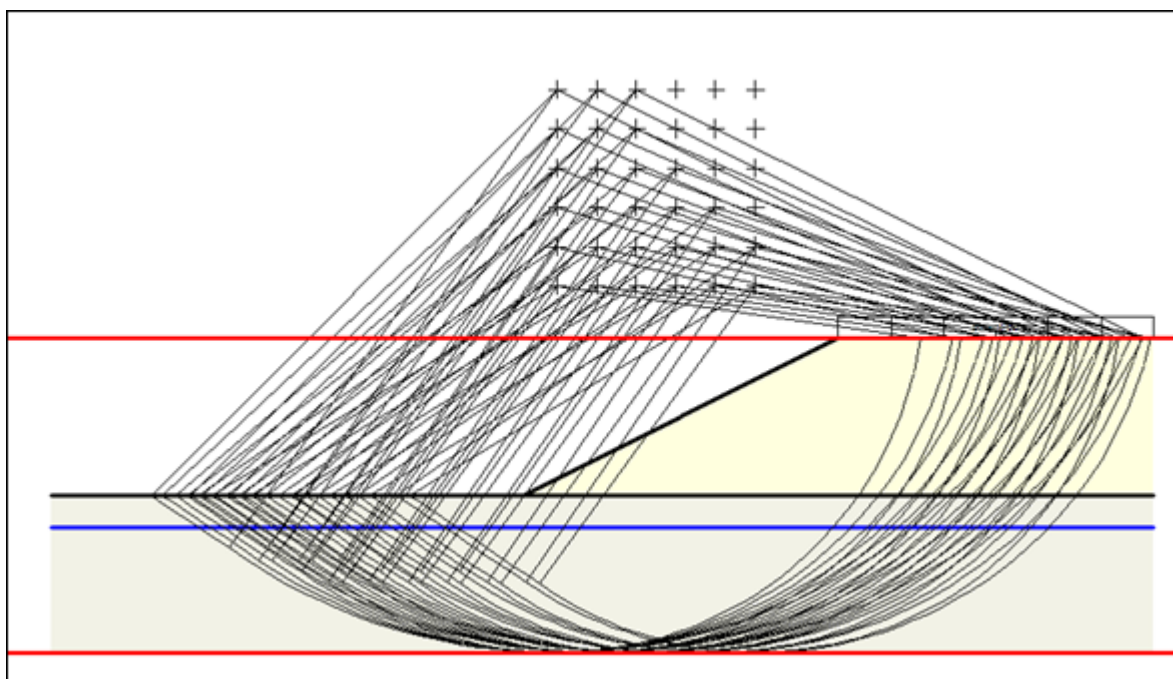
☐ "Senkrechte" Tangenten

Variation über Rechteck- oder Viereckbereiche

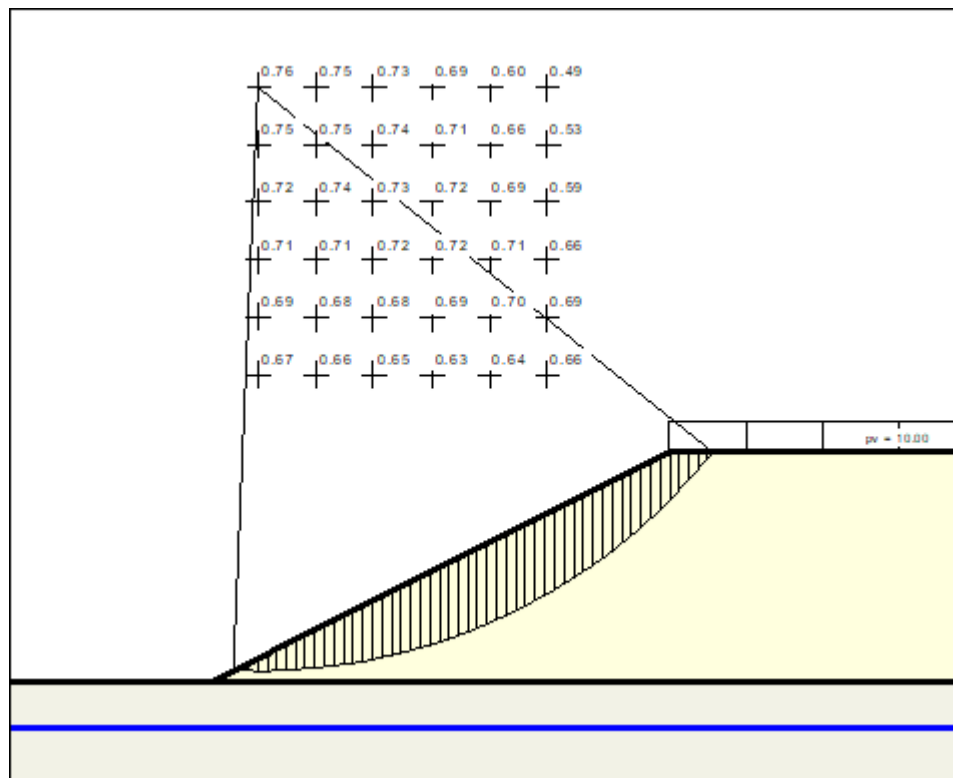
☐ verwenden

☒ Linie	☐ 2 Linien
☐ Rechteckiger Suchkasten	☐ 2 rechteckige Suchkästen
☐ Viereckiger Suchkasten	☐ 2 viereckige Suchkästen

Nach Verlassen der Dialogbox mit "OK" definieren Sie durch Klicken mit der Maus als obersten Punkt die **Oberkante Böschung** und als untersten Punkt die **Unterkante System**. Es werden zwei horizontale Linien dargestellt, zwischen denen mögliche Gleitkreise liegen.



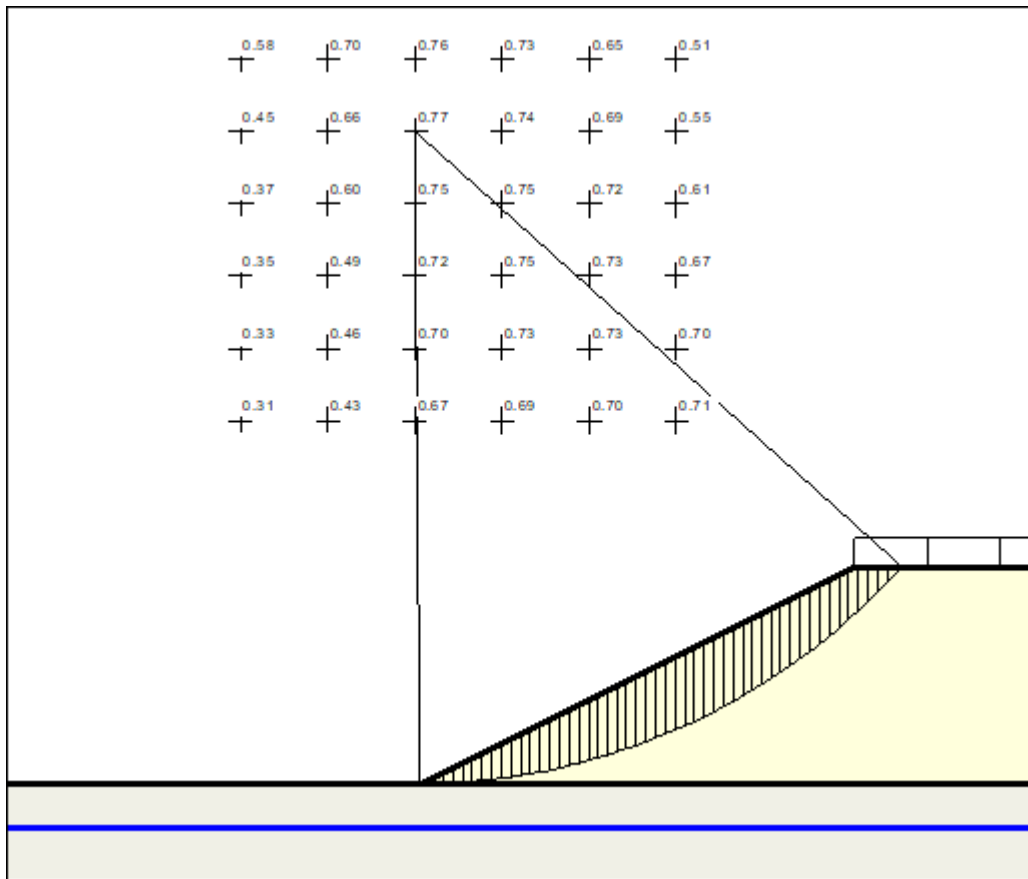
Anschließend starten Sie die Berechnung und erhalten folgendes Ergebnis:



Der Gleitkreis mit dem höchsten Ausnutzungsgrad liegt am linken oberen Rand des gewählten Rasters. Das Raster muss nach links oben erweitert werden, um sicherzustellen, dass es nicht noch ungünstigere Gleitkreise gibt.

13.7.2 GGU-STABILITY: Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 2)

Das zuvor erstellte Mittelpunktraster deckt möglicherweise nicht alle ungünstigen Gleitkreise ab. Das Raster muss nach links oben erweitert werden. Alternativ kann auch ein neues entsprechend verschobenes Raster gewählt werden. Mit dem neuen Mittelpunktraster 2 und demselben Suchbereich über die horizontalen Tangenten erhalten Sie folgendes Ergebnis.

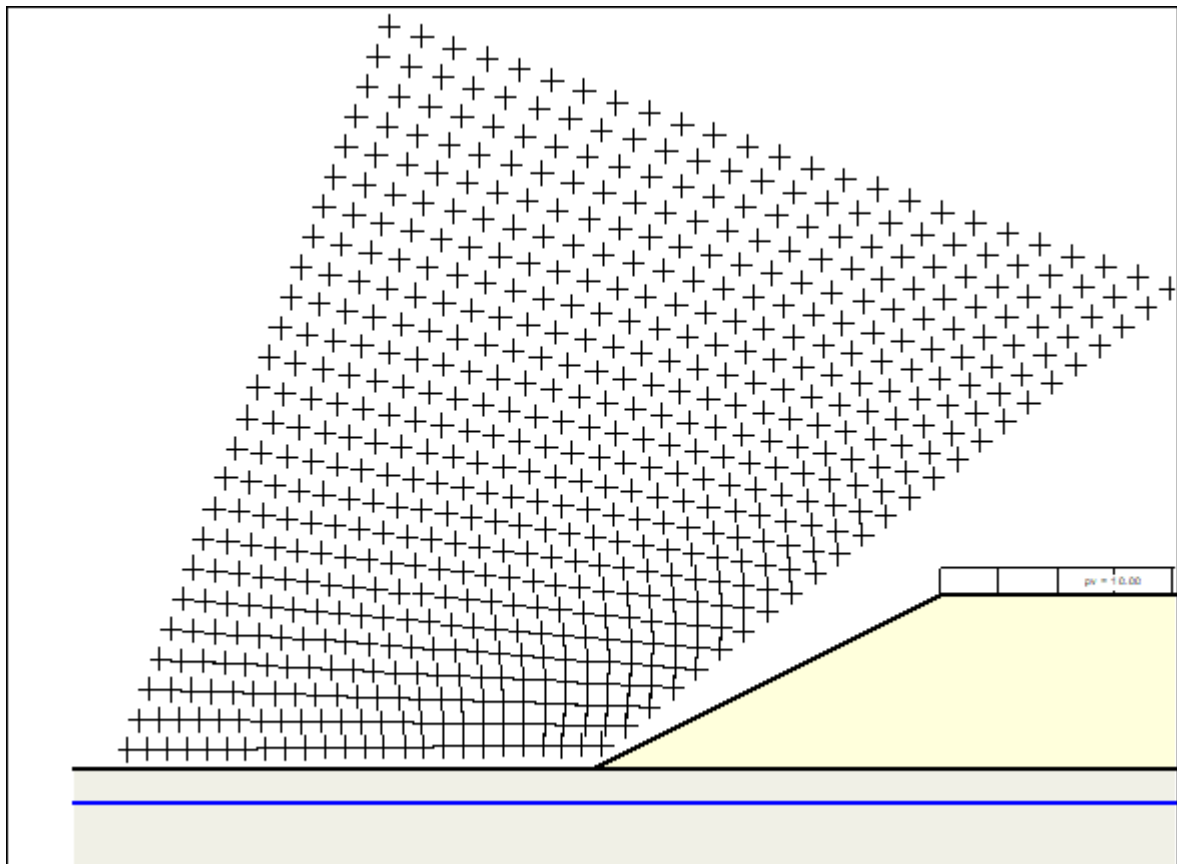


Jetzt liegt der Gleitkreis mit dem höchsten Ausnutzungsgrad innerhalb des gewählten Rasters. Die Standsicherheit der Böschung ist nachgewiesen.

Bei Böschungen mit vielen Schichten sind gegebenenfalls weitere Raster zu untersuchen.

13.7.3 GGU-STABILITY: Suchbereich "Horizontale Tangenten" (Mittelpunktraster 3)

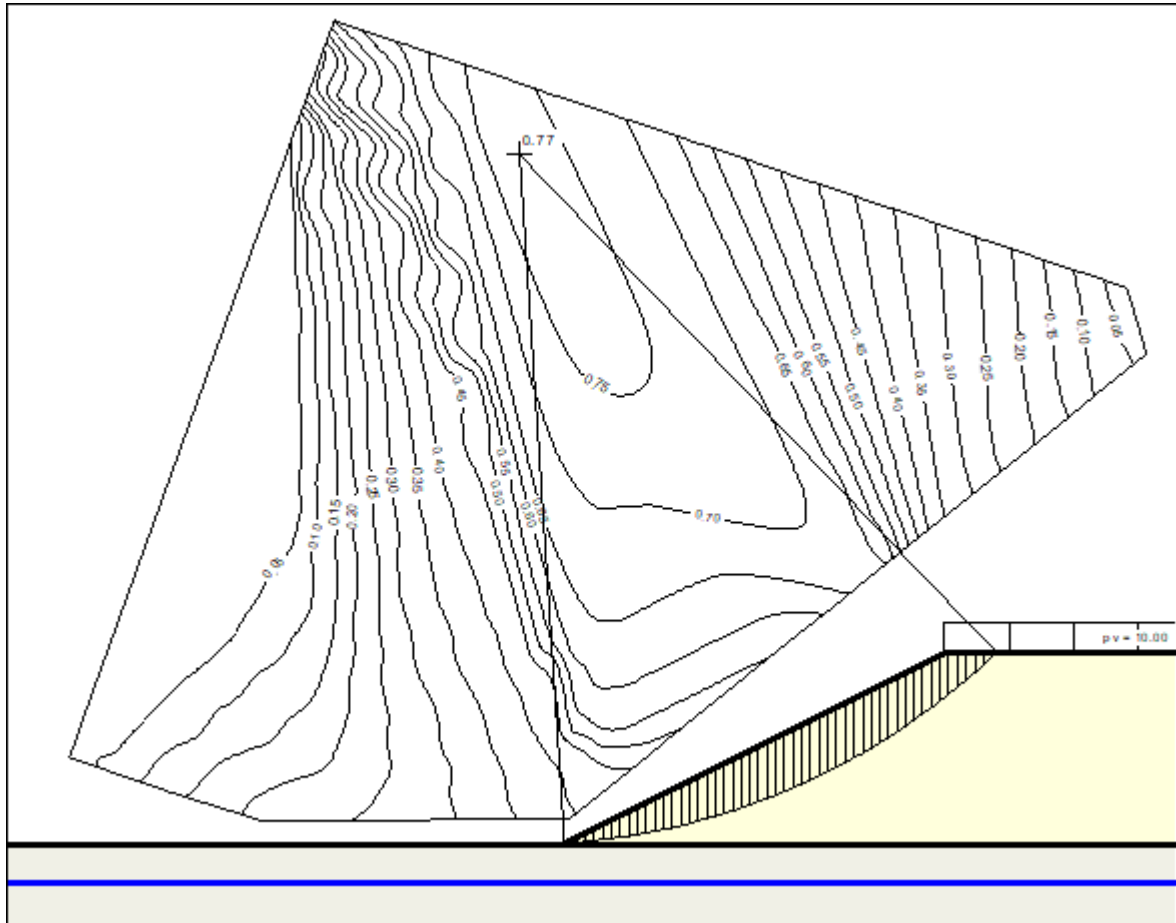
Wenn Unsicherheit besteht kann der Bereich oberhalb der Böschung auch mit Mittelpunkten **zugepflastert** werden.



Das Mittelpunktraster 3 wurde über den Menüeintrag "**Mittelpunkte / im Viereck festlegen**" erzeugt. Folgende Rasterunterteilung wurde gewählt:

A screenshot of a software dialog box titled "Mittelpunktraster". It has a blue header bar with a close button (X). The dialog contains two input fields: "Anzahl Raster 'x-Richtung'" and "Anzahl Raster 'y-Richtung'", both of which have the value "25" entered. At the bottom, there are two buttons: "OK" and "Abbruch".

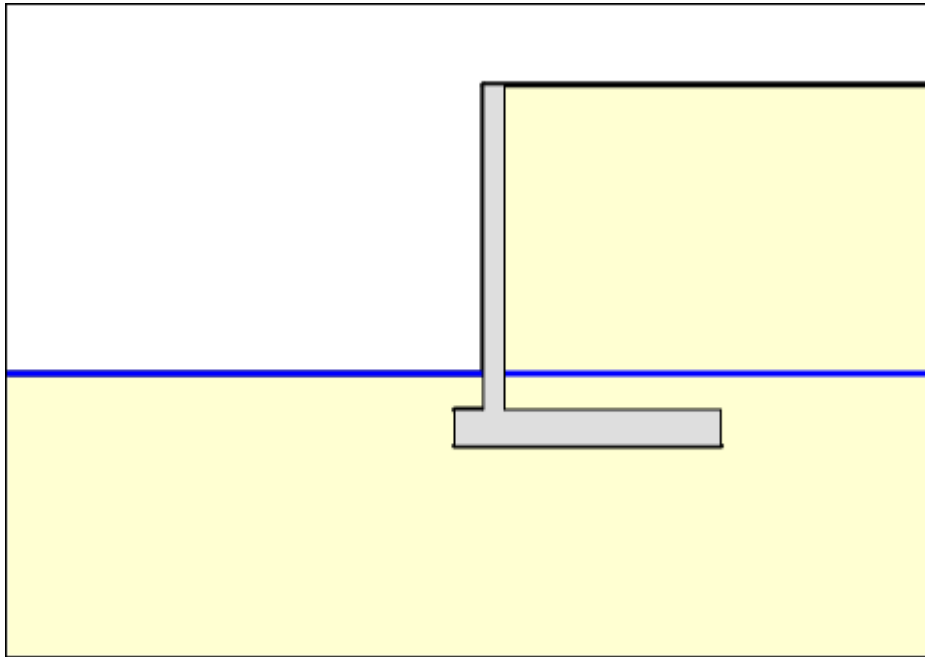
Mit dem gewählten Mittelpunktraster 3 wird folgendes Ergebnis erhalten:



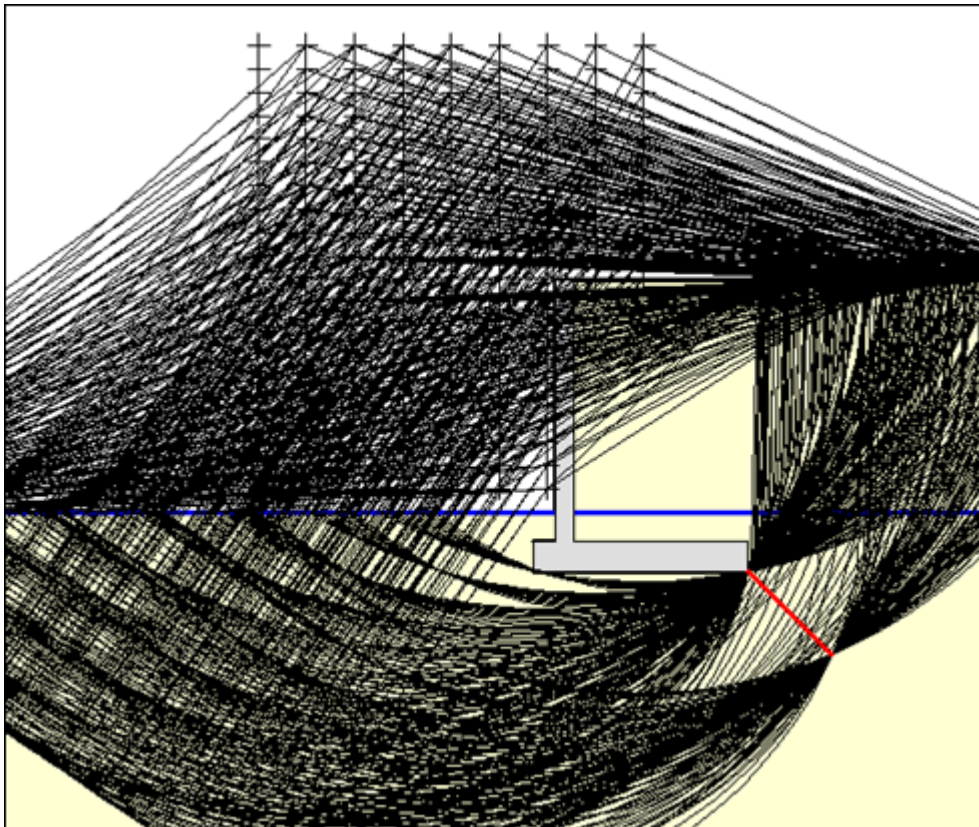
Das Ergebnis bestätigt die vorherigen Untersuchungen. Die Definition des Suchbereichs über "**Horizontale Tangenten**" funktioniert fast immer. Der Berechnungsaufwand kann allerdings durch eine andere Definition gegebenenfalls optimiert werden.

13.7.4 GGU-STABILITY: Suchbereich "Anfangs- und Endradius" (Winkelstützmauer)

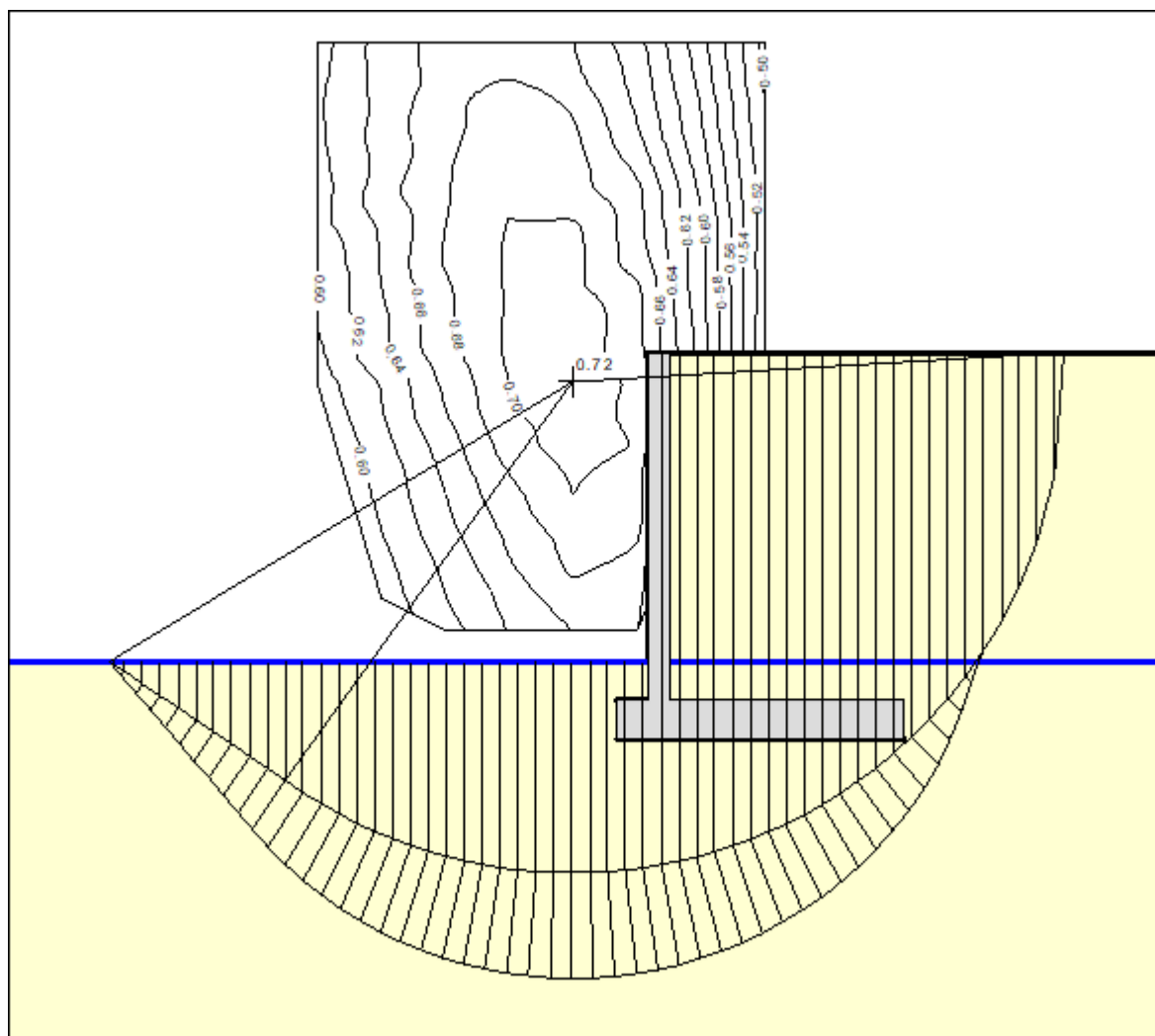
Die Definition des Suchbereichs über die Auswahl "**Anfangs- und Endradius**" ist sinnvoll, wenn z.B. die Geländebruchsicherheit einer Winkelstützmauer untersucht werden soll. Damit können dann Gleitkreise von der Berechnung ausgeschlossen werden, die durch die Winkelstützmauer verlaufen.



Ein sinnvoller Suchbereich ist nachfolgend dargestellt. Sie definieren durch zwei Mausklicks den Anfangs- und Endpunkt der dicken roten Linie, durch die die Gleitkreise laufen sollen.



Über diesen Suchbereich erhalten Sie das folgende Berechnungsergebnis.



13.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "halbautomatisch"

Sie können die Mittelpunkte der zu berechnenden Gleitkreise über die Tastatur eingeben, indem Sie die Anfangs- und Endkoordinaten sowie den maximalen Radius vorgeben.

13.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einzelne löschen" (Mittelpunkte)

Sie können einzelne Mittelpunkte durch Anklicken mit der linken Maustaste löschen.

13.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alle löschen" (Mittelpunkte)

Nach einer Sicherheitsabfrage werden alle bisher festgelegten Mittelpunkte zusammen mit eventuell bereits berechneten Ausnutzungsgraden gelöscht.

13.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "darstellen" (Gleitkreise)

Wenn Sie bereits einen Suchbereich definiert haben, können Sie die Grenz-Suchradien darstellen lassen. Sie sehen so, in welchen Bereichen mögliche Gleitkreise berechnet werden.

14 Menütitel Gleitkörper (nur bei Gleitpolygonen)

14.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Info" (Gleitkörper)

Sie erhalten Informationen über die Eingabe und Veränderung von Gleitkörpern.

14.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "neuen definieren"

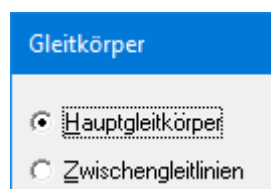
Sie können mit der linken Maustaste die Lage der einzelnen Gleitkörperpolygonpunkte festlegen. Nach Anwahl dieses Menüeintrags können Sie mit der Tastenkombination [**Shift**] + [**F4**] eine Dialogbox aktivieren, die Sie über die Position des Mauszeigers informiert (x-, y-Koordinate; Bodenart). Die Tastenkombination [**Shift**] + [**F5**] öffnet eine Dialogbox, die unter anderem Angaben über die Neigung der nächstgelegenen Gleitlinie liefert. Wenn die Form des Gleitkörpers Ihren Vorstellungen entspricht, dann müssen Sie zur Übernahme des Gleitkörpers die [**Return**]-Taste betätigen. Anschließend können Sie, wenn gewünscht, weitere Gleitkörper definieren.

Sie können die beschriebenen Aktionen auch ausführen, wenn bereits Gleitkörper berechnet wurden.

Falls Sie versehentlich eine falsche Mausektion ausgeführt haben, der Ihren Gleitkörper **verunstaltet**, drücken Sie einfach die Taste [**Backspace**] und Sie haben wieder den alten Zustand.

Wenn Sie als Berechnungsverfahren die "**Blockgleitmethode**" gewählt haben, ist die Eingabe völlig analog. Sie können sogar nach der Festlegung von polygonalen Gleitkörpern nach "**Janbu**" unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" auf die "**Blockgleitmethode**" umschalten und unmittelbar danach die Berechnung ausführen.

Gleiches gilt grundsätzlich auch für das Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**", nur werden dann vertikale Zwischengleitflächen unterstellt. Es erscheint dann zusätzlich links oben im Programmfenster eine Dialogbox:

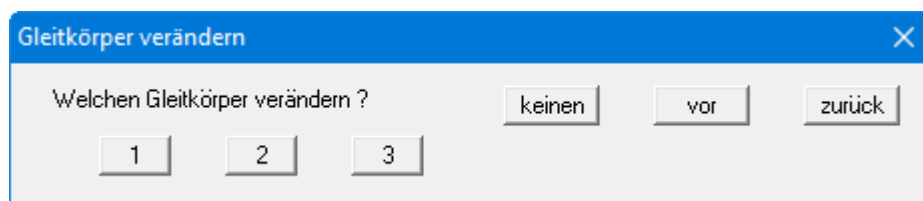


Aktivieren Sie den Schalter "**Hauptgleitkörper**", wenn Sie die Hauptgleitflächen Ihres Bruchkörpers definieren wollen. Sie gehen dann völlig analog zu den oben beschriebenen Aktionen vor. Bei jedem neuen Hauptgleitkörperpunkt vergibt das Programm automatisch eine vertikale Zwischengleitfläche. Aktivieren Sie anschließend oder auch zwischendurch den Schalter "**Zwischengleitlinien**", um die Lage der Zwischengleitlinien mit der Maus zu definieren.

Sie können sogar nach der Festlegung von polygonalen Gleitkörpern nach dem Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**" unter dem Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" auf die "**Blockgleitmethode**" oder auch auf "**Janbu**" umschalten und unmittelbar danach die Berechnung ausführen. Die definierten Zwischengleitlinien werden dann einfach nicht berücksichtigt.

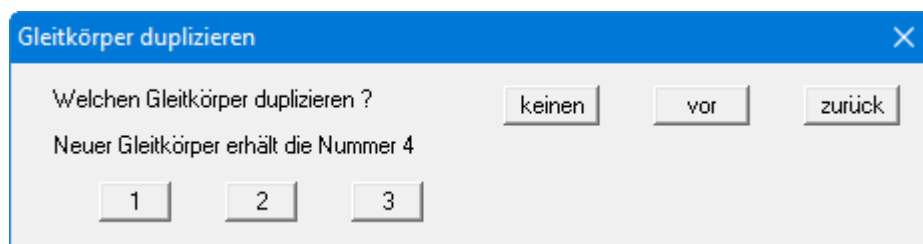
14.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alten ändern"

Sie können einen bestehenden Gleitkörper verändern.



14.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "duplizieren"

Sie können einen bestehenden Gleitkörper duplizieren, um auf dessen Grundlage Veränderungen vorzunehmen.



Klicken Sie dazu auf den zu duplizierenden Gleitkörper-Knopf. Der Gleitkörper wird dann im System dargestellt und kann durch Verschieben der Polygonpunkte mit der Maus entsprechend Ihren Vorstellungen modifiziert werden. Damit der neue Gleitkörper übernommen wird, drücken Sie anschließend die [Return]-Taste und bestätigen die Frage "**Gleitkörper übernehmen?**" mit "**ja**".

14.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "editieren" (Gleitkörper)

Sie können neue Gleitkörper über Koordinateneingabe definieren oder bestehende Gleitkörper ändern. Entsprechend klicken Sie in der zunächst erscheinenden Auswahlbox den Knopf "**neuen**" oder den Knopf "**alten**" an.

Wenn Sie "**neuen**" ausgewählt hatten, müssen Sie zunächst die "**Anzahl Polygonpunkte**" festlegen. In der nachfolgenden Eingabebox für die Koordinaten können Sie die Anzahl der Polygonpunkte nochmals über den Knopf "**x Aufpunkte ändern**" verändern. Wenn Sie "**alten**" gewählt haben, öffnen Sie die Eingabebox für die Koordinaten durch Klicken auf den Knopf mit der gewünschten Gleitkörpernummer.

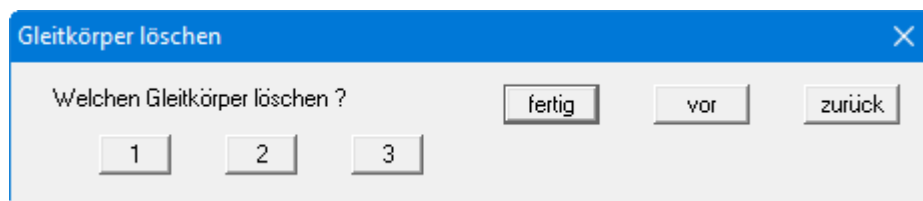
Wenn Sie mit "**Starrkörperbruchmechanismen**" rechnen, ist zusätzlich die Angabe des Schnittpunkts der Zwischengleitfläche mit der Geländelinie unter "**xzw**" und "**yzw**" einzugeben. Sie müssen den Schnittpunkt jedoch nicht exakt treffen, den korrekten Schnittpunkt berechnet das Programm automatisch vor der eigentlichen Berechnung der Sicherheit des Gleitkörpers.

14.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "darstellen" (Gleitkörper)

Sie können alle festgelegten polygonalen Gleitkörper darstellen lassen.

14.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einzeln löschen" (Gleitkörper)

Sie können einen einzelnen Gleitkörper durch Klicken auf den entsprechenden Knopf nach einer Sicherheitsabfrage löschen.

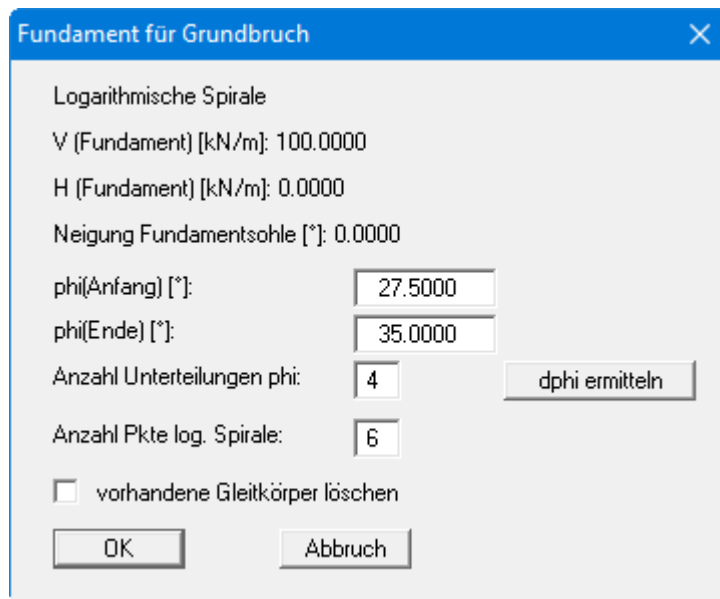


14.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alle löschen" (Gleitkörper)

Nach einer Sicherheitsabfrage werden alle bisher festgelegten Gleitkörper zusammen mit eventuell bereits berechneten Ausnutzungsgraden gelöscht.

14.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "logarithmische Spirale"

Wenn Sie im Menüeintrag "**Editor 1 / System einstellen**" den Schalter "**Grundbruch**" aktiviert haben, können Sie für das Streifenfundament polygonale Gleitflächen erzeugen, die gemäß DIN 4017 im Mittelbereich aus einer logarithmische Spirale bestehen, an deren Endpunkten sich Geraden anschließen.

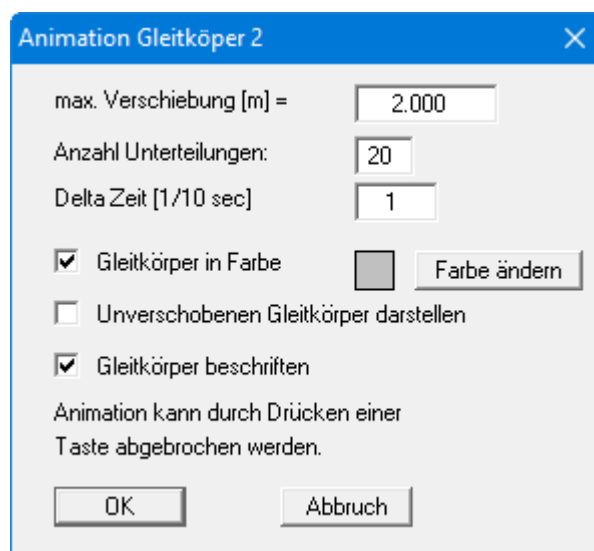


Sie definieren zunächst zwei Reibungswinkel und eine Anzahl von Unterteilungen. Der Knopf "**dphi ermitteln**" ermöglicht die Bestimmung des Zuwachses der Reibungswinkel, der sich aus den drei Werten ergibt.

Mit "**Anzahl Pkte log. Spirale**" legen Sie die Anzahl der Aufpunkte fest, mit der die logarithmische Spirale erzeugt wird. Nach der Bestätigung mit "**OK**" werden die polygonalen Gleitflächen gemäß Ihren Einstellungen erzeugt. Sie können anschließend diese polygonalen Gleitflächen berechnen.

14.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Animation" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)

Wenn Sie nach den o.g. Verfahren Gleitkörper untersuchen, können Sie den Bruchmechanismus für einen ausgewählten Gleitkörper als Zeichentrickfilm ablaufen lassen.



Wählen Sie zunächst die "**maximale Verschiebung**". Mit "**Anzahl Unterteilungen**" können Sie die Auflösung einstellen, mit der der Zeichentrickfilm abläuft. Alle weiteren Einstellungen sind selbsterklärend. Nach Drücken auf "**OK**" läuft der Zeichentrickfilm ab.

14.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper bewegen" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)

So eindrucksvoll wie die Animation des Gleitkörpers auch ist, es gibt keine Möglichkeit, dem Auftraggeber dies im Rahmen eines Gutachtens zu vermitteln. Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde dieser Menüeintrag ins Programm aufgenommen. Sie können damit Einzelbilder des Zeichentrickfilms darstellen und drucken. Die Bedienung läuft ähnlich ab wie im Abschnitt "**Gleitkörper / Animation**" beschrieben.

15 Menütitel Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitkreisen)

15.1 GGU-STABILITY: Allgemeiner Hinweis (Gleitkreise)

Der Menütitel erscheint gemäß der Voreinstellung unter "**Editor 1 / System einstellen**" bei "**DIN 4084:1981**" als "**Sicherheiten**" und bei "**DIN 4084:1996**", "**DIN 4084:2009**" und "**EC 7**" als "**Ausnutzungsgrade**". Im weiteren Verlauf verwenden wir den Ausdruck Ausnutzungsgrade, der auf den aktuellen Normen basiert.

Die folgenden Menüeinträge erscheinen nur bei einem Verfahren mit Gleitkreisen. Die Menüeinträge bei Verfahren mit polygonalen Gleitflächen finden Sie unter dem nächsten Menütitel "**Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitpolygonen)**".

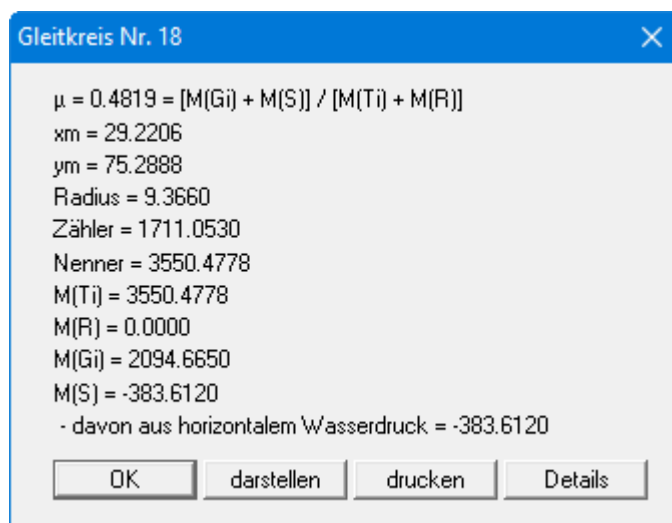
15.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "berechnen" (Gleitkreise)

Nachdem Sie ein Mittelpunkttraster und einen Suchbereich (siehe Abschnitte unter Menütitel "**Mittelpunkte**") festgelegt haben, können Sie die Berechnung der Ausnutzungsgrade starten. Alternativ können Sie die Berechnung auch über die Funktionstaste [F5] oder das Taschenrechner-Symbol starten.

Eine Erläuterung der Dialogbox finden Sie im "**Beispiel 2 - Schritt 5: Böschung mit Kreisgleitflächen berechnen**".

15.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "zeigen/Details"

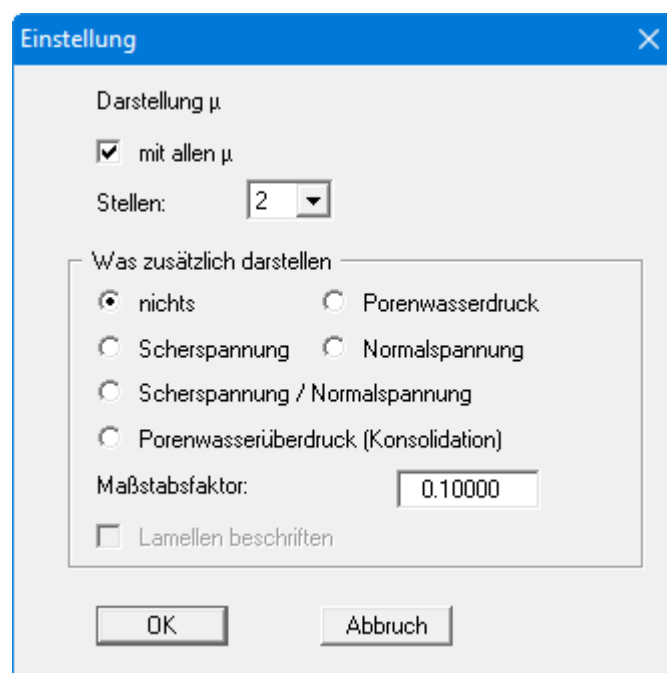
Sie klicken den Mittelpunkt an, von dem Sie alle wichtigen Berechnungsergebnisse angezeigt haben wollen. Die gewählten Bezeichnungen entsprechen den Angaben in DIN 4084.



Wenn Sie den Knopf "**Details**" wählen, können Sie ein Datenprotokoll des gewählten Gleitkreises mit allen Berechnungsergebnissen ausgeben (siehe Menüeintrag "**Datei / Protokoll ausgeben**" Knopf "**Ausgabe als ASCII**").

15.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellung" (Gleitkreise)

In einer Dialogbox können Sie festlegen, ob neben dem ungünstigsten bzw. einem bestimmten Gleitkreis auch noch die restlichen Mittelpunkte mit Ausnutzungsgraden dargestellt werden sollen und ob eine Darstellung von "**Porenwasserdruck**", "**Scherspannung**" oder "**Normalspannung**" auf der Gleitfläche erfolgen soll.



Mit dem Wert für "**Maßstabsfaktor**" legen Sie die grafische Darstellungslänge fest, mit der die Scherspannungen usw. dargestellt werden. Ein Wert von 0,02 bedeutet z.B., dass eine Scherspannungen von 120 kN/m² in einer Länge von $120 \cdot 0.02 = 2,4$ m (!) dargestellt wird.

15.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "ungünstigsten Gleitkreis darstellen"

Sie können nach Berechnung der Sicherheiten/Ausnutzungsgrade diese zusammen mit dem ungünstigsten Gleitkreis grafisch darstellen.

15.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "bestimmten"

Sie können nach Berechnung der Ausnutzungsgrade diese zusammen mit einem bestimmten Gleitkreis grafisch darstellen. Klicken Sie dazu den von Ihnen gewünschten Mittelpunkt mit der linken Maustaste anklicken.

15.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alle" (Gleitkreise darstellen)

Sie können nach Berechnung der Ausnutzungsgrade diese zusammen mit allen Gleitkreisen grafisch darstellen. Dabei können Sie die Auswahl einschränken durch Angabe eines Grenzwertes in der folgenden Dialogbox:

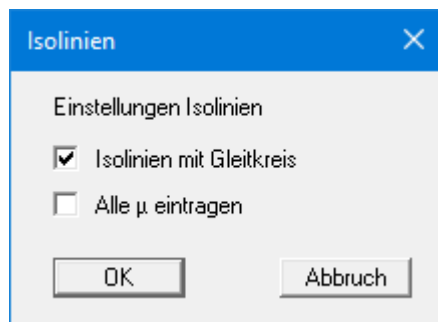
The dialog box titled "Gleitkreise darstellen" (Show Failure Circles) contains the following elements:

- Welche Gleitkreise darstellen** (Which failure circles to show):
 - ☒ Alle Gleitkreise (All failure circles)
- Ausgewählte Gleitkreise** (Selected failure circles):
 - ☐ Ausgewählte Gleitkreise (Selected failure circles)
 - Gleitkreise mit μ zwischen $\mu(a)$ und $\mu(b)$
 - $\mu(a)$: 0.714
 - $\mu(b)$: 1000.000
 - (max μ = 0.482 / min μ = 0.223)
- Gleitkreise einfärben** (Color failure circles):
 - ☐ Gleitkreise einfärben (Color failure circles)
 - Color selection area with a red square and a blue square, each with a corresponding text box:
 - Farbe für max μ oder $\mu(a)$
 - Farbe für min μ oder $\mu(b)$
- Buttons: OK, Abbruch (Cancel)

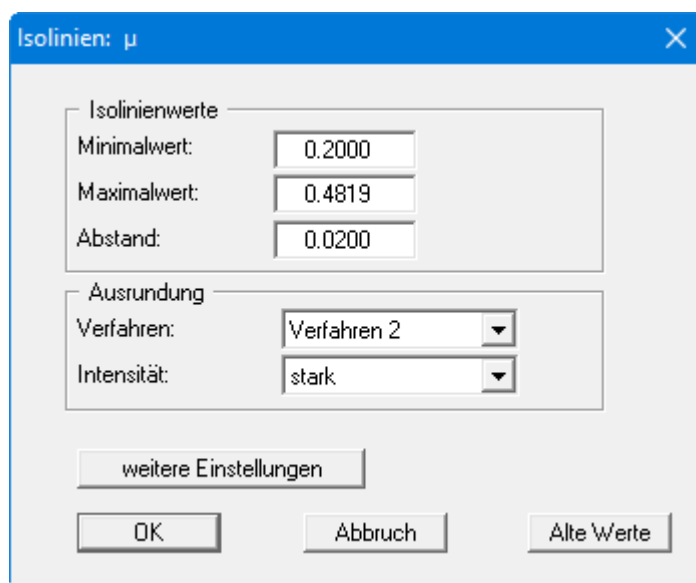
Eine farbige Darstellung der Gleitkreislinien ist ebenfalls möglich.

15.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Isolinien" (Gleitkreise)

Wenn Ausnutzungsgrade berechnet wurden, kann unter diesem Menüpunkt ein Isolinienplan gleicher Ausnutzungsgrade über der Böschung dargestellt werden. Das Programm trianguliert dazu die berechneten Mittelpunkte. Das so ermittelte Dreiecksnetz dient als Interpolationsnetz für die Darstellung. Nach Auswahl dieses Menüeintrags erscheint folgende Dialogbox:



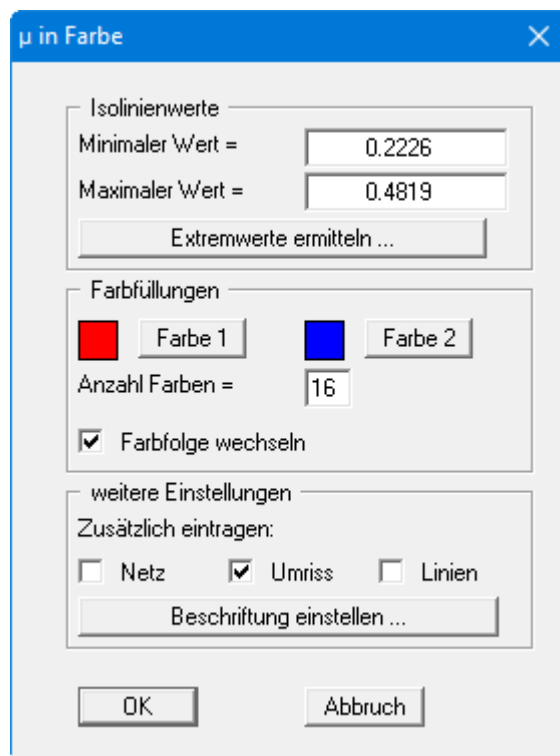
Hier können Sie bestimmen, was noch zusätzlich zu den Isolinien dargestellt werden soll. Der besseren Übersicht halber sollten Sie den unteren Schalter deaktivieren. Es wird dann nur der ungünstigste Ausnutzungsgrad eingetragen. Anschließend geben Sie die Darstellungsform der Isolinien vor.



Oben sind der minimale (nach unten gerundet) und der maximale Ausnutzungsgrad eingetragen. Darunter folgt ein vom Programm berechneter Abstand der Isolinien. Alle drei Werte können Sie nach Ihren eigenen Vorstellungen ändern. Darunter können Sie zwischen drei Ausrundungsverfahren wählen, wobei das Verfahren 2 die **rundesten** Isolinien erzeugt, andererseits bei abrupten Sicherheitssprüngen nicht exakt den Sicherheitsverlauf nachbilden kann. Mit dem Knopf "**weitere Einstellungen**" können Sie weitere Einstellungen hinsichtlich der Darstellungsform vornehmen. Wenn Sie diesen Menüpunkt vorher bereits einmal angewählt haben, können Sie die vorherigen Werte mit dem Knopf "**Alte Werte**" zurückholen. Wenn Sie die Box über "**OK**" verlassen, wird die Darstellung der Isolinien veranlasst.

15.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "farbig"

In Analogie zum vorherigen Menüeintrag können auch farbgefüllte Isolinien erzeugt werden. Es erscheint folgende Dialogbox:



- Bereich " **Isolinienwerte** "

Mit dem Knopf " **Extremwerte ermitteln ...** " veranlassen Sie die Berechnung der minimalen und maximalen Ausnutzungsgrade, die anschließend in die entsprechenden Eingabebenen eingetragen werden. Sie müssen diese Werte jedoch nicht beibehalten, sondern können eigene Werte vorgeben. Eine Ausrundung von Isolinien kann hier nicht vorgenommen werden.

- Bereich " **Farbfüllungen** "

Mit " **Anzahl Farben** " steuern Sie die Farbunterteilung des Isolinienplans. Im obigen Beispiel würden 16 Farbabstufungen zwischen den Farben " **Farbe 1** " und " **Farbe 2** " vorgenommen werden. Voreingestellt ist ein Verlauf von rot nach blau. Sie können diese beiden Farben nach Auswahl der Knöpfe " **Farbe 1** " bzw. " **Farbe 2** " beliebig verändern oder einfach über den Schalter " **Farbfolge wechseln** " den Farbverlauf umdrehen.

- Bereich " **weitere Einstellungen** "

Sie können zusätzlich zur Farbdarstellung das Dreiecksnetz und/oder den Umriss einzeichnen lassen. Ebenso ist eine zusätzliche Isoliniendarstellung möglich. Über den Knopf " **Beschriftung einstellen** " können Sie eine Linienbeschriftung einstellen. Hier können Sie auch die Schriftgröße der Farbleiste anpassen.

- "OK"

Nach Bestätigung wird die Farbdarstellung veranlasst.

Ein Farbbalken am rechten Bildrand Ihres Ausgabeblattes dient der Zuordnung zwischen jeweiliger Farbe und zugehöriger Größe. Wenn dieser Balken in die seitliche Blattbegrenzung gezeichnet wird, stellen Sie im Menüeintrag "**Blatt / Blattformat**" den rechten Plotrand auf einen größeren Wert (z.B. 25 mm) ein.

16 Menütitel Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitpolygonen)

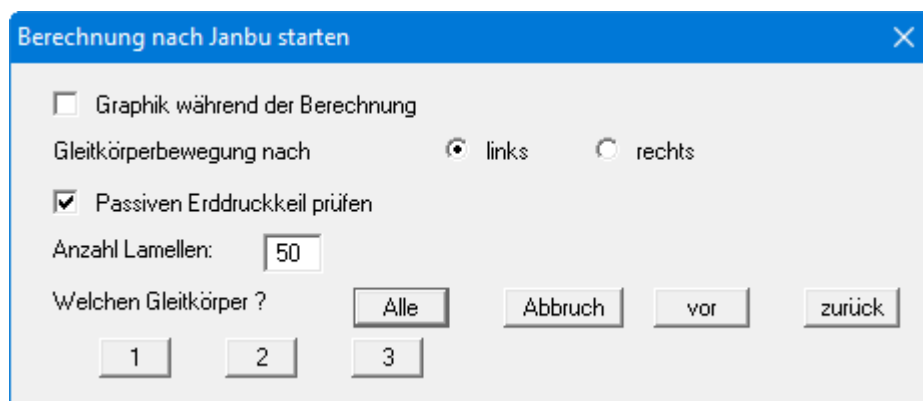
16.1 GGU-STABILITY: Allgemeiner Hinweis (polygonale Gleitflächen)

Der Menütitel erscheint gemäß der Voreinstellung unter "**Editor 1 / System einstellen**" bei "**DIN 4084:1981**" als "**Sicherheiten**" und bei "**DIN 4084:1996**", "**DIN 4084:2009**" und "**EC 7**" als "**Ausnutzungsgrade**". Im weiteren Verlauf verwenden wir den Ausdruck Ausnutzungsgrade, der auf den aktuellen Normen basiert.

Die folgenden Menüeinträge erscheinen nur bei einem Verfahren mit polygonalen Gleitflächen. Die Menüeinträge bei Verfahren mit Gleitkreisen finden Sie unter dem vorherigen Menütitel "**Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitkreisen)**".

16.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper berechnen"

Nachdem Sie die Gleitkörper festgelegt haben, können Sie die Berechnung der Ausnutzungsgrade starten. Alternativ können Sie auch die Funktionstaste [**F5**] drücken und erhalten dann dieselbe Dialogbox.



Verändern Sie die Lamellenanzahl entsprechend Ihren Vorstellungen. Wenn der Schalter "**Passiven Erddruckkeil prüfen**" aktiviert ist, prüft das Programm, ob im Erdwiderstandsbereich des jeweiligen Gleitkörpers Neigungen auftreten, die steiler sind als $45^\circ - \varphi/2$. Entsprechende Gleitkörper werden nicht untersucht. Geben Sie eine Gleitkörperbewegung nach "**links**" vor. Starten Sie die Berechnung für alle Gleitkörper mit dem Knopf "**Alle**".

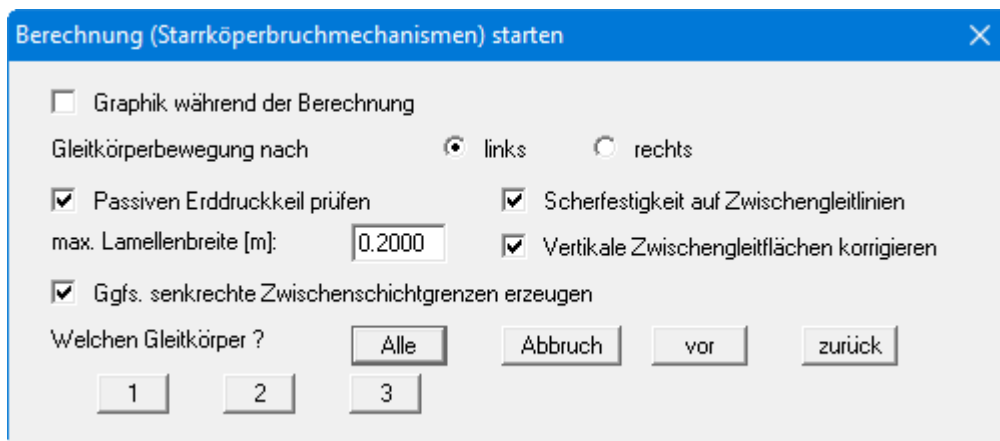
Wenn Sie die grafische Darstellung während der Berechnung angewählt haben, können Sie den

Berechnungsverlauf mit Sicherheitsangabe am Bildschirm verfolgen. Bei sehr vielen Gleitkörpern kann das aber die Rechenzeit stark verlängern. Schalten Sie dann den Schalter "**Graphik während der Berechnung**" aus.

Nach Abschluss der Berechnung erhalten Sie eine Statistik über den Rechenlauf. Neben der Standsicherheit werden jetzt auch die maximalen Geosynthetic-Kräfte aus der Gleitkörpervariation bestimmt.

Nach Bestätigen mit "**OK**" wird der Gleitkörper mit der geringsten Sicherheit dargestellt.

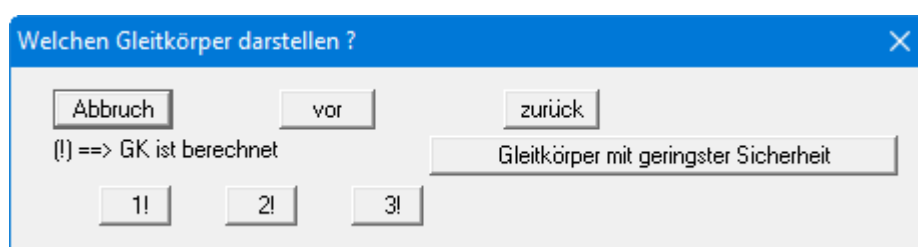
Bei einer Berechnung nach den Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**" oder "**Blockgleitmethode**" ist die Startdialogbox geringfügig anders aufgebaut.



Obwohl diese Berechnungsverfahren keine Lamellenverfahren sind, berechnet das Programm die Gewichte, Porenwasserdrücke usw. der einzelnen Gleitkörper intern durch eine Aufteilung des Systems in vertikale Lamellen. Die "**max. Lamellenbreite [m]**" können Sie in der Dialogbox einstellen. Unabhängig von dem vorgegebenen Wert wird allerdings immer mit einer Mindestlamellenzahl für jeden Gleitkörper von 10 gerechnet. Maximal werden 500 Lamellen für jeden Gleitkörper berücksichtigt. Der vor eingestellte Wert von "**0,2**" liefert im Allgemeinen immer ausreichend genaue Ergebnisse. Wenn Sie den Schalter "**Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien**" deaktivieren, werden die Scherfestigkeiten auf den Zwischengleitlinien nicht berücksichtigt.

16.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einzelnen Gleitkörper darstellen"

Sie können nach Berechnung der Sicherheiten/Ausnutzungsgrade diese für einzelne Gleitkörper grafisch darstellen.



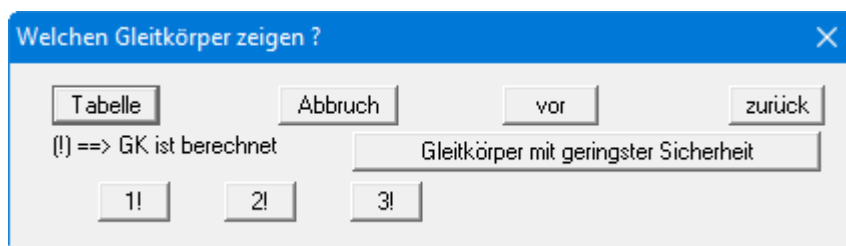
Über den Knopf "**Gleitkörper mit geringster Sicherheit**" können Sie diesen suchen und darstellen lassen.

16.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "alle" (Gleitkörper darstellen)

Sie können nach Berechnung der Ausnutzungsgrade diese zusammen mit allen Gleitkörpern grafisch darstellen. Dabei können Sie die Auswahl einschränken durch Angabe eines Grenzwertes. Die farbige Darstellung der Gleitkörperlinien ist ebenfalls möglich (siehe auch Menüeintrag "**Ausnutzungsgrade (nur bei Gleitkreisen) / alle (Gleitkreise darstellen)**").

16.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Ergebnisse sehen"

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie durch Klicken auf den Knopf für den gewünschten Gleitkörper eine Dialogbox mit allen wichtigen Berechnungsergebnissen für den ausgewählten Gleitkörper erhalten. Die gewählten Bezeichnungen entsprechen den Angaben in der Formel in DIN 4084.



In dieser Ergebnisbox des Gleitkörpers können Sie über den Knopf "**Tabelle**" ein Datenprotokoll des einzelnen Gleitkörpers mit allen Berechnungsergebnissen ausgeben (siehe Menüeintrag "**Datei / Protokoll ausgeben**" Knopf "**Ausgabe als ASCII**").

16.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Zwischengleitkörper berechnen"

Wenn Sie mindestens zwei polygonale Gleitkörper definiert haben, können Sie aus diesen beiden Gleitkörpern eine Vielzahl weiterer Gleitkörper (Zwischengleitkörper) berechnen lassen. Bedingung ist allerdings, dass beide Gleitkörper die gleiche Anzahl an Gleitkörperpunkten besitzen.

Mehrere Gleitkörper aus zwei Gleitkörpern

Sie können aus 2 bestehenden Gleitkörpern viele weitere Gleitkörper berechnen. Die neuen Gleitkörper werden durch lineare Interpolation zwischen den Punkten der beiden bestehenden erzeugt. Die Anzahl der Zwischenpunkte können Sie definieren.

Anzahl Zwischenpunkte:

Gleitkörper A: Gleitkörper B:

☒ Passiven Erddruckkeil prüfen

Anzahl Lamellen:

Gleitkörperbewegung nach ☒ links ☐ rechts

☐ Graphik während der Berechnung

Sie legen zunächst die Anzahl der Zwischenpunkte und die Nummer der beiden Gleitkörper fest, mit denen **Zwischengleitkörper** berechnet werden sollen. Mit diesem Wert wird die Lage von Zwischenpunkten zwischen den jeweiligen x-y-Koordinaten der beiden **Grenzgleitkörper** ermittelt. Je höher dieser Wert ist, desto mehr **Zwischengleitkörper** werden berechnet. Wenn die beiden zugehörigen Aufpunkte der beiden beteiligten **Grenzgleitkörper** gleich sind, reagiert das Programm intelligent und reduziert in diesem Fall die Anzahl der Zwischengleitkörper sinnvoll. Nach dem Drücken des "OK"-Knopfes wird die Berechnung gestartet. Sie sehen während der Berechnung jeweils den aktuell berechneten Gleitkörper. Sie können eine Berechnung auch vorzeitig abbrechen, indem Sie in der nach dem Start der Berechnung erscheinenden Dialogbox den "Abbrechen"-Knopf betätigen. Die zum aktuellen Berechnungszeitpunkt geringste Sicherheit und die Anzahl bisher berechneter Gleitkörper wird angezeigt. Nach Abschluss der Berechnung können Sie den Gleitkörper mit der geringsten Sicherheit in die Liste vorhandener Gleitkörper übernehmen.

Bei der Berechnung mit "Starrkörperbruchmechanismen" und "Blockgleitmethode" können Sie Scherfestigkeiten auf den Zwischengleitlinien berücksichtigen lassen.

Sinnvoll ist z.B. folgende Vorgehensweise:

- Definieren Sie einen Gleitkörper mit z.B. extrem steilen Neigungen im aktiven und passiven Erddruckbereich.
- Duplizieren Sie anschließend diesen Gleitkörper und verändern Sie die Neigungen auf extrem flach. Verändern Sie gegebenenfalls weitere Gleitkörperpunkte in ihrer Lage. Bestätigen Sie die Veränderungen an dem duplizierten Gleitkörper mit der [Return]-Taste.
- Durch das Duplizieren des ersten Gleitkörpers stellen Sie sicher, dass Gleitkörperpunkte, deren Lage bei beiden Gleitkörpern gleich sind, auch tatsächlich gleich sind und so das Programm für entsprechende Punkte keine Variation durchführt.
- Wählen Sie nun den Menüeintrag "Zwischengleitkörper berechnen".

16.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "zeigen"

Sie können sich die Zwischengleitkörper ansehen und gegebenenfalls auf Drucker ausgeben.

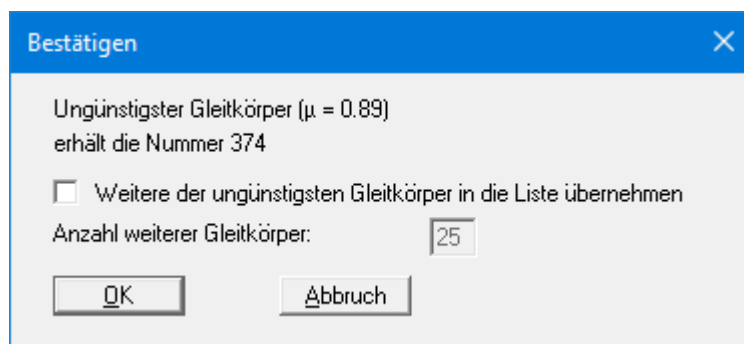
16.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper über Linien, Recht-/Vierecke definieren"

Mit geringem Aufwand kann über diesen Menüeintrag eine Schar von Gleitkörpern mit der Maus erzeugt werden. In einer Dialogbox haben Sie die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Verfahren zu wählen. Nach der Wahl des Verfahrens und Angabe der Unterteilung in einer weiteren Dialogbox wird auf dem Bildschirm zunächst das gewählte Element (Linie, Rechteck, etc.) dargestellt. Auf diese Weise erhalten Sie ein Beispiel für die Anwendung der einzelnen Verfahren und können anschließend analog Ihre eigenen Definitionen treffen.

Definieren Sie beispielsweise Gleitkörper über " **1 rechteckiger Suchkasten**". Durch die ausgewählte Rasterunterteilung und die Größe des Kastens, den Sie anschließend auf dem Bildschirm erstellen, werden mehr oder weniger Polygone definiert. Die Rasterpunkte sind dann Polygonpunkte der Gleitkörper.

16.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper ... berechnen"

Sie können die über den Menüeintrag " **Gleitkörper über Linien, Recht-/Vierecke definieren**" erstellten Gleitkörper berechnen lassen. Der ungünstigste Gleitkörper kann anschließend den Polygonen, die Sie über den Menütitel " **Gleitkörper**" bereits definiert haben, hinzugefügt werden.



16.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper ... darstellen"

Sie können die über den Menüeintrag " **Gleitkörper über Linien, Recht-/Vierecke definieren**" erstellten Gleitkörper darstellen lassen.

16.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitkörper ... laden/speichern"

Die über den Menüeintrag "**Gleitkörper über Linien, Recht-/Vierecke definieren**" erstellten Gleitkörper können Sie in eine Datei speichern bzw. bereits abgespeicherte Gleitkörper laden. Auf diese Weise können Sie verschiedene Varianten durchrechnen.

16.12 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellung" (Gleitpolygone)

Sie können festlegen, wie die Darstellung von bestimmten Spannungen usw. auf den Gleitflächen erfolgen soll. Sie erhalten für die verschiedenen Verfahren unterschiedliche Dialogboxen:

- **Janbu:**

Sie können auswählen, ob die Darstellung mit dem Porenwasserdruck, der Scherspannung oder der Normalspannung usw. auf den Gleitflächen erfolgen soll.

- **Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode:**

Sie können unter anderem einstellen, welche Kräfte des Kraftecks in der Grafik dargestellt werden sollen. Unter "**Faktor Kräfte**" geben Sie den Maßstabsfaktor ein, mit dem die Kräfte dargestellt werden. Ein Wert von 0,02 bedeutet z.B., dass eine Kraft von 120 kN/m in einer Länge von $120 \cdot 0.02 = 2,4$ m (!) dargestellt wird. Die Kräfte können mit Pfeilspitzen versehen werden, die farbig (Knopf "**Farbe**") gefüllt werden und auf Wunsch auch mit der Standardfarbe umrahmt (eingefasst) werden. Die Kraftpfeile können beschriftet werden (nur mit dem Buchstaben z.B. "**C**" für Kohäsionskraft). Zusätzlich kann auch der Wert der Kraft eingetragen werden. Experimentieren Sie mit den Einstellungen, um das für Sie optimale Layout zu erreichen. Bei der Blockgleitmethode können Sie weiterhin die Stützlinie darstellen lassen.

16.13 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Krafteck" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode)

Nach der Berechnung eines Gleitkörpers kann mit diesem Menüeintrag das Krafteck zu einem Bruchkörper dargestellt werden.

16.14 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Verschiebungsplan" (nur bei Starrkörperbruchmechanismen)

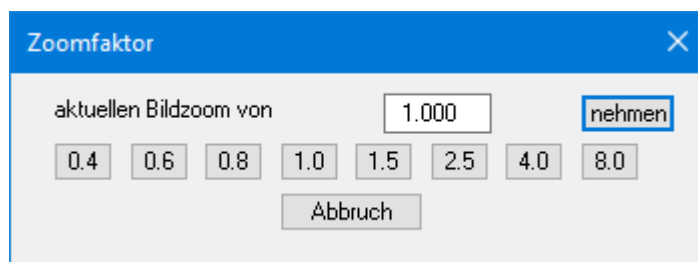
Nach der Berechnung eines Gleitkörpers kann mit diesem Menüeintrag der Verschiebungsplan zu einem Bruchkörper dargestellt werden.

17 Menütitel Ansicht

17.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "aktualisieren"

Das Programm arbeitet nach dem Prinzip **What you see is what you get**. Das bedeutet, dass die Bildschirmdarstellung weitgehend der Darstellung auf dem Drucker entspricht. Bei einer konsequenten Verwirklichung dieses Prinzips müsste nach jeder Änderung, die Sie vornehmen, vom Programm der Bildschirminhalt aktualisiert werden. Da das bei komplexem Bildschirminhalt jedoch einige Sekunden dauern kann, wird dieser Neuaufbau des Bildschirminhalts aus Gründen der Effizienz nicht bei allen Änderungen vorgenommen.

Wenn z.B. durch die Lupenfunktion (siehe unten) nur Teile des Bildes sichtbar sind, können Sie mit diesem Menüeintrag wieder eine Vollbilddarstellung erreichen.

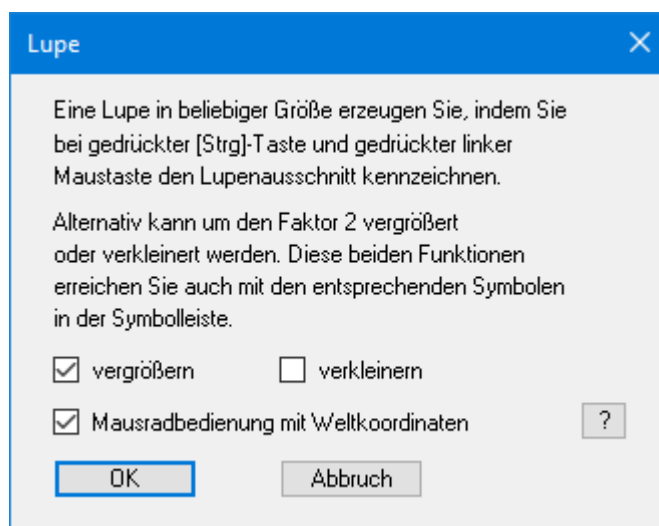


Sie können einen beliebigen Zoomfaktor zwischen 0,4 und 8,0 in das Eingabefeld eintragen. Durch anschließendes Klicken auf "**nehmen**" verlassen Sie die Box, die Eingabe wird als aktueller Faktor übernommen. Beim Klicken auf die Knöpfe "**0.4**", "**0.6**" usw. wird der angewählte Faktor direkt übernommen und die Dialogbox verlassen.

Wesentlich einfacher erreichen Sie eine Vollbilddarstellung jedoch mit der [**Esc**]-Taste. Das Drücken der [**Esc**]-Taste bewirkt eine Vollbilddarstellung mit dem unter diesem Menüeintrag eingestellten Zoomfaktor. Mit der Taste [**F2**] erreichen Sie einen Neuaufbau des Bildschirms, ohne dass Koordinaten und Zoomfaktor verändert werden.

17.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Lupe"

Eine Infobox informiert Sie über Aktivierung und Möglichkeiten der Lupenfunktion.



Eine schnelle Variante, um einen bestimmten Bildschirmausschnitt zu vergrößern, ist das Aufziehen eines Lupenfensters bei gedrückter [**Strg**]-Taste und gedrückter Maustaste.

Eine schnellere Möglichkeit in die Systemgrafik rein- und raus zu zoomen, können Sie über das Mausrad erreichen. Beim ersten Starten des Programms ist als Standard für die Mausradbedienung die Einstellung nach Windows-Konventionen aktiviert.

Wenn Sie über das Mausrad die Systemkoordinaten und den Maßstab Ihres Systems verändern möchten, aktivieren Sie den Schalter " **Mausradbedienung mit Weltkoordinaten**". Wenn Sie mit dieser Einstellung das Programm schließen, ist die Einstellung auch beim nächsten Start weiterhin aktiviert.

Die Funktionen über das Mausrad finden Sie auf der Seite " **Tipps und Tricks: Tastatur und Maus**" zusammengestellt.

17.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Stifte"

Zur übersichtlicheren Gestaltung der Grafiken können Sie die Stifteinstellung für verschiedene Zeichnungselemente in den GGU-Programmen voreinstellen.

Für die in der Dialogbox aufgeführten Elemente können Sie die Stiftbreiten ändern und nach Klicken auf den Knopf mit der Elementbezeichnung die Stift- und/oder Füllfarben anpassen. In einigen GGU-Programmen können Sie für ausgewählte Elemente zusätzlich noch eine Strichelung definieren.

Bei der grafischen Ausgabe von Farben auf **Einfarbdruckern**(z.B. Laserdruckern) werden Farben durch eine äquivalente Grauschattierung ersetzt. Bei sehr hellen Farben sind dann entsprechende Grafikelemente auf dem Drucker kaum noch erkennbar. In entsprechenden Fällen ist eine Änderung der Farbeinstellung auf dunklere Farben sinnvoll.

17.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Schriftart"

Mit diesem Menüeintrag können Sie auf einen anderen True-Type-Font umschalten. In der Dialogbox werden alle zur Verfügung stehenden True-Type-Fonts angezeigt.

17.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Mini-CAD und CAD für Kopfdaten"

Mit diesen beiden Menüeinträgen können Sie Ihre Zeichnung frei beschriften sowie mit zusätzlichen Linien, Kreisen, Polygonen und Grafiken (z.B. Dateien im Format BMP, JPG, PSP, etc.) versehen. Sie können auch PDF-Dateien als Grafiken einlesen. Bei beiden Menüeinträgen erscheint das gleiche Popupmenü, dessen Symbole und Funktionen im [Handbuch "Mini-CAD"](#) näher erläutert sind.

Zwischen Mini-CAD und CAD für Kopfdaten besteht folgender Unterschied:

- Zeichenobjekte, die Sie mit "**Mini-CAD**" erstellen, beziehen sich auf das Koordinatensystem (im Allgemeinen in [m]), in dem die Zeichnung erstellt ist, und werden entsprechend dargestellt. Diesen Menüeintrag sollten Sie daher anwählen, wenn Sie zusätzliche Informationen zum System eingeben wollen. Diese Objekte können über das Symbol



im Popupmenü in eine Datei "**.mcd**" gespeichert werden und als solche in anderen GGU-Programmen über das Symbol



im Popupmenü geladen werden.

- Zeichenobjekte, die Sie mit "**CAD für Kopfdaten**" erstellen, beziehen sich auf das Blattformat (in [mm]). Sie bleiben damit unabhängig vom Koordinatensystem der Messpunkte immer an der gleichen Blattposition. Diesen Menüeintrag sollten Sie wählen, wenn Sie allgemeine Informationen auf der Zeichnung angeben wollen (z.B. Firmenlogo, Berichtsnummer, Anlagennummer, Stempel). Wenn Sie diese so genannten Kopfdaten über das Symbol



im Popupmenü in eine Datei "**.kpf**" abspeichern, können Sie diese Kopfdaten für ein völlig anderes System (mit anderen Systemkoordinaten) und auch in anderen GGU-Programmen über das Symbol



im Popupmenü wieder laden. Die abgespeicherten Kopfdaten befinden sich dann wieder an der gleichen Position. Das vereinfacht die Erstellung von allgemeinen Blattinformationen wesentlich.

17.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Symbol- und Statusleiste"

Nach dem Programmstart erscheint unter der Programm-Menüleiste eine horizontale Symbolleiste für ausgewählte Menüeinträge. Wenn Sie lieber mit einem mehrspaltigen Popupfenster arbeiten, können Sie unter diesem Menüeintrag die entsprechenden Veränderungen vornehmen. Die Smarticons der Menüeinträge können auch ausgeblendet werden.

Am unteren Rand des Programmfensters ist eine Statusleiste vorhanden, aus der Sie verschiedene Informationen entnehmen können. Auch die Statusleiste kann ausgeblendet werden. Die Einstellungen werden unter anderem in die Datei **GGU-STABILITY.alg** übernommen (siehe Menüeintrag "**Ansicht / Einstellungen speichern**") und sind dann nach dem nächsten Programmstart wieder aktiv.

Durch Anklicken dieser Symbole (Smarticons) für die Menüeinträge können Sie wesentliche Programmfunktionen direkt erreichen. Die Bedeutung der Smarticons erscheint als Textfeld, wenn Sie mit der linken Maustaste etwas über dem entsprechenden Symbol verweilen. Einige Symbolfunktionen können nicht über normale Menütitel und Menüeinträge angerufen werden.

Nicht alle nachfolgend beschriebenen Symbole sind in allen GGU-Programmen verfügbar.



"Nächste Seite"/"Vorherige Seite"

Über diese Symbole können Sie zwischen einzelnen Blättern vor- und zurückblättern. In vielen GGU-Programmen können Sie das bei der **Protokolldarstellung** nutzen.



"Seite wählen" bzw. "Diagramm/Protokoll"

Wenn Sie in der **Protokolldarstellung** sind, können Sie über dieses Symbol zu einer bestimmten Seite springen oder wieder zur **Normaldarstellung**, also Ihrer Grafikdarstellung, wechseln.



"entzoomen"

Über dieses Symbol erreichen Sie wieder eine Vollbilddarstellung, wenn Sie zuvor in das Bild gezoomt hatten.



"Zoom (-)"/"Zoom (+)"

Mit diesen Lupenfunktionen können Sie den Teil des Bildes, den Sie mit der linken Maustaste anklicken, verkleinern oder vergrößern.



" Farbe ein/aus" bzw. " Farbe/Schraffur"

Wenn Sie die Farbe aus der Systemdarstellung nehmen möchten, um z.B. einen Schwarzweiß-Ausdruck zu erstellen, erreichen Sie dies über diesen An-/Ausschalter.

In mehreren GGU-Programmen sind über dieses Symbol 4 Farb- und Schraffureinstellungen möglich, die Sie der Reihe nach durchklicken können. Voreingestellt ist die farbige Systemdarstellung, mit dem nächsten Klick wird das System schraffiert dargestellt, anschließend farbig und schraffiert zusammen. Der vierte Klick nimmt Farbe und Schraffur aus der Darstellung. Mit dem nächsten Klick können Sie erneut durchwählen.



" Bereich kopieren/drucken"

Wenn Sie nur Teile der Grafik kopieren möchten, um sie z.B. in Ihren Berichtstext einzufügen, können Sie dieses Symbol anklicken. Sie erhalten eine Info über die Funktion und können jetzt einen Bereich markieren, der in die Zwischenablage kopiert oder in eine Datei gespeichert wird. Alternativ können Sie den markierten Bereich direkt auf Ihrem Drucker ausdrucken (siehe " **Tipps und Tricks**").



" Objekt verschieben"

Über dieses Symbol können beispielsweise Legenden und Diagramme bei gedrückter linker Maustaste beliebig auf dem Bildschirm positioniert werden.



" Rückgängig Objekt verschieben"

Durch Klicken auf dieses Symbol wird die letzte Verschiebung von Objekten, die Sie über die Funktionstaste [F11] bzw. über den Menüeintrag " **Formblatt / Objekte verschieben**" durchgeführt haben, wieder zurückgesetzt.



" Wiederherstellen Objekt verschieben"

Durch Klicken auf dieses Symbol wird die letzte Verschiebung von Objekten, die Sie über das Icon " **Rückgängig Objekt verschieben**" zurückgenommen haben, wiederhergestellt.



" Bauphase zurück"/" Bauphase vor"

Wenn Sie in der Darstellung von Bauphasen sind, können Sie über diese Symbole zwischen den einzelnen Bauzuständen hin- und her blättern.



"Verfahren umschalten"

Durch Klicken auf dieses Symbol schalten Sie auf das nächste Verfahren (Janbu, Starrkörperbruchmechanismen etc.) um. Welches Verfahren und welche Norm angewählt ist, wird im rechten Bereich der Statusleiste (unterer Bildschirmrand) angezeigt.

17.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Maßketten"

Sie können eine horizontale, vertikale und/oder parallele Maßkette in die Grafik aufnehmen, um die Systemabmessungen zu verdeutlichen. Wenn die Maßketten auf dem Bildschirm dargestellt sind, können Sie die folgende Dialogbox auch direkt mit einem Doppelklick der linken Maustaste über der Maßkette öffnen.

Maßketten für Geländepunkte

Horizontale Maßkette

☒ eintragen ☐ auch Lasten ☐ auch Schichten

Schriftgröße [mm]: Stellen:

y [m über höchsten Geländepunkt]:

Vertikale Maßkette

☒ eintragen ☐ auch Lasten ☐ auch Schichten

Schriftgröße [mm]: Stellen:

x [m vom 1. Geländepunkt]:

Parallele Maßkette

☒ eintragen

Schriftgröße [mm]: Stellen:

Abstand [m]:

OK Abbruch

Über "y" (horizontal), "x" (vertikal) bzw. "Abstand" (parallel) legen Sie den Abstand zu den Geländepunkten fest. Die Eingabe negativer Werte bezeichnet dabei die Richtung unterhalb bzw. links der Geländepunkte. Alle Angaben beziehen sich auf Meter des eingestellten Maßstabs (siehe Menüeintrag "**Blatt / von Hand**").

Am schnellsten positionieren Sie die Maßketten, indem Sie die Funktionstaste [F11] drücken und anschließend die Maßkette mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

17.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellungen speichern"

Einige Einstellungen in den unter dem Menütitel "**Ansicht**" aufgeführten Menüeinträgen

können in einer Datei abgespeichert werden. Wenn Sie diese Datei unter dem Namen

"**GGU-STABILITY.alg**" auf der gleichen Ebene wie das Programm abspeichern, dann werden diese Daten beim nächsten Programmstart automatisch eingeladen und müssen nicht von neuem eingegeben werden.

Wenn Sie beim Programmstart nicht auf "**Datei / Neu**" gehen, sondern eine vorher gespeicherte Datendatei öffnen, werden die beim damaligen Speichervorgang gültigen Einstellungen dargestellt. Sollen später getroffene Änderungen in den allgemeinen Einstellungen für schon vorhandene Dateien übernommen werden, müssen diese Einstellungen über den Menüeintrag "**Ansicht / Einstellungen laden**" übernommen werden.

17.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Einstellungen laden"

Sie können eine Datei ins Programm laden, die im Rahmen des Menüeintrags "**Ansicht / Einstellungen speichern**" abgespeichert wurde. Es werden dann nur die entsprechenden Einstellungen aktualisiert.

18 Menütitel Blatt

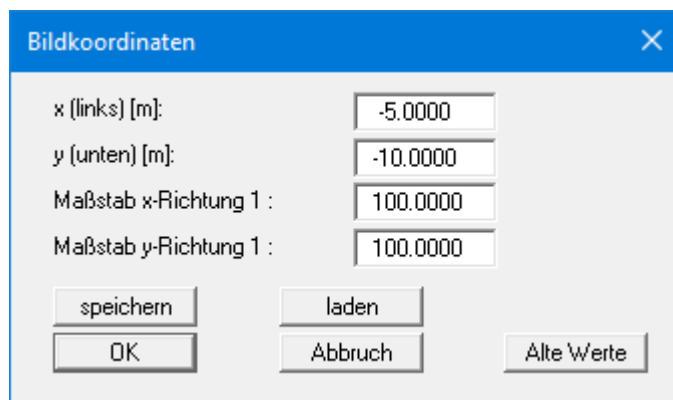
18.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Koordinaten neu berechnen"

Durch Aufruf dieses Menüeintrags wird eine in beiden Koordinatenachsen maßstäbliche Darstellung der System- und Ergebnisgrafiken erreicht. Wenn Sie in der vorherigen Darstellung die Bildkoordinaten grafisch oder über Editor verändert haben, erreichen Sie so schnell wieder eine Gesamtdarstellung.

Diese Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste [F9] erreicht werden.

18.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "von Hand"

In einer Dialogbox können Sie die Bildkoordinaten über direkte Zahleneingabe verändern. Eine exakte Maßstabsangabe ist so möglich. Die Koordinaten beziehen sich auf den **Zeichenbereich**, den Sie im Menüeintrag " **Blatt / Blattformat**" über die Plotränder größenmäßig festlegen können.



Die eingegebenen Bildkoordinaten können Sie in eine Datei mit dem Format " **.bxy**" speichern und bei einer späteren Bearbeitung oder bei einer anderen Datei einladen.

Wenn Sie während der Eingabe die vorherigen Werte wiederbekommen möchten oder nach Veränderung der Koordinaten den Menüpunkt erneut aufrufen, bekommen Sie durch Klicken auf den Button " **Alte Werte**" die davor eingegebenen Werte dargestellt.

18.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "zoomen"

Sie können die Bildkoordinaten linear vergrößern oder linear verkleinern. Dieser Menüeintrag ist dann sinnvoll, wenn Sie ein Mittelpunktstraster festlegen wollen, das oberhalb des Bildschirmausschnitts liegt.

18.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "graphisch"

Sie können die Koordinaten eines Ausschnitts Ihrer bisherigen Grafikdarstellung als neue Bildkoordinaten übernehmen lassen, in dem Sie bei gedrückter [**Strg**]- und gedrückter [**Shift**]-Taste mit gedrückter linker Maustaste den gewünschten Bereich kennzeichnen. Dabei werden die Maßstäbe der x-Richtung und der y-Richtung entsprechend angepasst.

In der Standardeinstellung ist der Schalter "**Proportionaler Ausschnitt**" aktiviert. Dadurch werden die bisherigen Proportionen (Maßstab x-Richtung/Maßstab y-Richtung) beibehalten.

Wenn Sie den Schalter "**Linken unteren Ursprung neu definieren**" aktivieren, können Sie die Bildkoordinaten ohne Maßstabsänderung anpassen. Auf diese Weise erreichen Sie bei passend eingestelltem Maßstab ohne lästiges Ausprobieren der x-/y-Koordinaten schnell die gewünschte Darstellung.

18.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Koordinaten speichern"

Die aktuellen Bildkoordinaten können Sie in eine Datei mit dem Format "**.bxy**" speichern und bei einer späteren Bearbeitung oder bei einer anderen Datei einladen.

18.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Koordinaten laden"

Sie können Bildkoordinaten laden, die Sie vorher abgespeichert haben (siehe Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten speichern**").

18.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Blattformat"

Beim Programmstart ist standardmäßig ein DIN A3-Blatt eingestellt. In der folgenden Dialogbox können Sie das Blattformat verändern.

Blattformat ändern

Blatt allgemein

Höhe = 297.00 Breite = 420.00

Blattränder in mm

links = 25.00 rechts = 8.00
oben = 8.00 unten = 8.00

Plotränder in mm

links = 25.00 rechts = 8.00
oben = 50.00 unten = 25.00

☒ mit Schneidkanten ☒ mit Blatträndern

OK Abbruch

- " **Blatt allgemein**" definiert die Größe Ihres Ausgabeblattes. Voreingestellt ist ein DIN A3-Blatt. Das Programm zeichnet automatisch um das Ausgabeblatt dünne Schneidkanten, die beim Ausdruck auf Plottern mit Rollenmedien benötigt werden. Die Schneidkanten können durch Ausstellen des Schalters " **mit Schneidkanten**" ausgeblendet werden.
- Mit den " **Blatträndern**" legen Sie die Lage eines dick ausgezogenen Rahmens als Abstand von den Schneidkanten fest. Dieser Rahmen umschließt Ihre spätere Anlage. Sie können diesen Rahmen ausblenden, wenn Sie den Schalter " **mit Blatträndern**" deaktivieren.
- Mit den " **Ploträndern**" definieren Sie einen festen Abstand von den Blatträndern zum eigentlichen **Zeichenbereich**, in dem die grafische Auswertung Ihrer Eingaben dargestellt wird.

18.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Schriftgrößen"

Sie können die Schriftgrößen für die Beschriftung verschiedener Zeichnungselemente verändern.

Die Schriftgröße von Texten innerhalb von Legenden werden im jeweiligen Editor der Legende verändert. Klicken Sie dazu mit einem Doppelklick der linken Maustaste in die Legende.

19 Menütitel Nagelwand

19.1 GGU-STABILITY: Allgemeine Hinweise zur Nagelwandeingabe

Nagelwände werden gemäß geltenden Zulassungen mit polygonalen Gleitflächen berechnet. Die Berechnung mit Kreisgleitflächen (Bishop) dient dazu, die Gesamtstandsicherheit zu untersuchen, also Gleitkreise, die die Nägel und die Wand nicht schneiden.

Die Eingabe der Systemgeometrie erfolgt gemäß den Erläuterungen der bisherigen Menüeinträge. Die Einstellungen für die Nagelwand treffen Sie unter dem Menütitel "**Nagelwand**". Die Menüeinträge können nur angewählt werden, wenn Sie im Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**" den Schalter "**Wand berechnen**" aktivieren.

Für die Berechnung müssen Sie den Polygonzugabschnitt der Geländelinie angeben, in dem die Nagelwand liegt. Der angegebene Polygonzugabschnitt (= vernagelte Böschungskante) ist maßgebend für alle erforderlichen Nachweise.

Die Untersuchung von Nagelwänden kann nur an nach **links brechenden Böschungen** erfolgen.

19.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "einstellen" (Nagelwand)

Mit diesem Menüeintrag nehmen Sie Grundeinstellungen für die Nagelwand vor. Dazu muss der Schalter "**Wand berechnen**" aktiviert sein. Als erstes wählen Sie die Elemente aus, aus denen die Wand besteht.

Wandberechnung

☒ Wand berechnen

Wand besteht aus:

Zugglieder

Kantendefinition

Anzahl Kanten: 1

Kante 1: 2

Kante 4:

Kante 2: 2

Kante 5:

Kante 3: 3

Kante 6:

Bauzustand

☐ Bauzustand untersuchen

Betonschale

Dicke der Betonschale [m]: 0.250

Mindesterdruk

☒ Mindesterdruk verwenden

$\phi_{1,ers}$ [°]: 40.00

☒ Wandfuß ist unverschieblich

OK

Abbruch

R0/L0 für Geosynthetics

☐ L0 vorgeben und R0 automatisch ermitteln
 ☒ R0 vorgeben

(L0 = Länge des Rückschlags)
 (R0 = Festhaltekraft am Kopf durch Rückschlag)

Lage Rückschlag oben

Rückschlag oben [m]: 0.100

?

(in m unter OK Wand)

Kohäsion und Geosynthetics

☐ Kohäsion beim Reibungsanteil berücksichtigen

Beiwert [-]: 0.500

Für Durchstanzen, Zugglieder und Export GGU-SLAB

Horizontaler Nagelabstand [m]: 1.500

Grundbruch- und Gleitnachweis

☐ γ_{m2} als Auftriebswichte
☐ selbst definierte Bodenkennwerte verwenden

$\phi_{1,k}$ [°]: 25.00

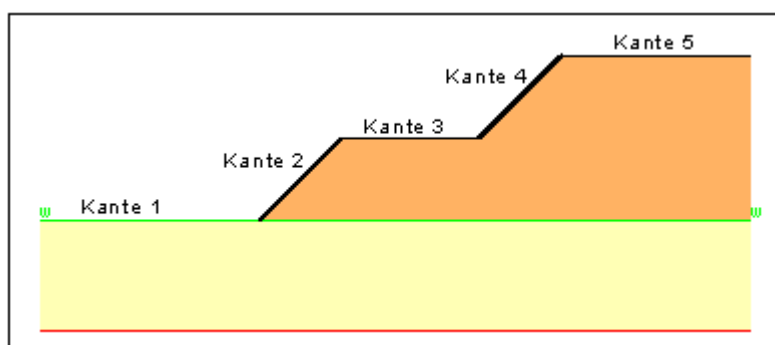
$\gamma_{m2,k}$ [kN/m³]: 8.00

$c_{1,k}$ [kN/m²]: 0.00

$\sigma(\bar{u})$ [kN/m²]: 0.00

Böschungsneigung β [°]: 0.00

Die Kanten sind die Abschnitte des definierten Geländepolygonzuges. Sie werden von links nach rechts durchnummeriert. Im Programm **GGU-STABILITY** ist die Definition von maximal 6 vernagelten Böschungskanten möglich. Dazu geben Sie die Anzahl der vernagelten Böschungskanten vor und weisen diesen Kanten die entsprechenden Kantennummern zu (siehe nachfolgende Abbildung). Die definierten Böschungskanten werden in der Darstellung mit einer Linienwand hervorgehoben. Die Dicke der "Wand" können Sie unter dem Menüeintrag "Nagelwand / Graphik" verändern.



In der Abbildung sehen Sie die Kantennummerierung, die Kante 2 und die Kante 4 sind vernagelt (dicke Linie).

Je nach gewähltem Element sind verschiedene Eingabebereiche aktiv. Erläuterungen finden Sie nach Klicken auf die "?"-Knöpfe.

Die Kraft R_0 kennzeichnet eine Verankerung am Kopf eines Geosynthetics, z. B. an einer Gabionenwand. Wenn Sie "**Geosynthetics**" als Vernagelungselement und "**L0 vorgeben und R_0 automatisch ermitteln**" gewählt haben, geben Sie bei der anschließenden Generierung der Geosynthetics die Rückschlaglänge L_0 ein. Das Programm berechnet dann automatisch die Kraft R_0 aus dem Rückschlag.

Die "**Dicke der Betonschale**" und der "**Horizontale Nagelabstand**" sind nur für den Durchstanznachweis, für Zugglieder und für den Datenexport nach **GGU-SLAB** von Bedeutung.

Weitere Informationen zum Schalter "**Bauzustand untersuchen**" werden Ihnen nach Klicken auf den Knopf "?" angezeigt.

Wenn Sie den Schalter "**gam2 als Auftriebswichte**" aktivieren, wird dies beim Nachweis der Grundbruchsicherheit entsprechend berücksichtigt (siehe "**Theoretische Grundlagen: Nachweis der Grundbruchsicherheit**"). Wenn die Bodenkennwerte im Untergrund von den automatisch über Mittelwerte ermittelten Kennwerten abweichen, können Sie nach Aktivierung des Schalters "**selbst definierte Bodenkennwerte verwenden**" in den nachfolgenden Eingabeboxen eigene Werte eingeben.

19.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Graphik"

Sie können die grafische Darstellung des Erddruckkeils und des Gewichtskörpers verändern. Enthält Ihr System mehr als 1 vernagelte Böschungskante, ist der Menüeintrag nicht anwählbar.

Graphik

Erddruckkeil

☒ darstellen ☒ beschriften

Stiftbreite [mm]: 0.2

Schriftgröße [mm]: 3.0

Strichlänge [mm]: 3.0

Strichelung: gestrichelt

Gewichtskörper

☒ darstellen ☒ beschriften

☐ Körper farbig

Wanddicke für Grafik

Dicke der Wand [m]: 0.25

Die Erläuterungen der Dialogbox sind selbsterklärend und für die Berechnungsergebnisse ohne Bedeutung. Mit der Wanddicke können Sie bei Geosynthetics oder Stahlbändern die Nagelkante stärker hervorheben. Bei Verwendung von Zuggliedern entspricht die Wanddicke dem Wert, den Sie im Menüeintrag "**Nagelwand / einstellen**" als Dicke der Betonschale eingegeben haben. Probieren Sie die Möglichkeiten der Dialogbox aus.

19.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Nachweise / Sicherheiten"

Mit diesem Menüeintrag können Sie die Eintragungen in der Legende und dem Protokoll (siehe Menüeintrag "**Datei / Protokoll ausgeben**") beeinflussen.

The dialog box 'Nachweise/Sicherheiten einstellen' contains the following settings:

- Nachweise**
 - ☒ Gleitsicherheit
 - ☒ Kippsicherheit
 - ☒ Grundbruchsicherheit
 - ☒ Durchstanznachweis
- Ständige/Veränderliche Einwirkungen (GEO-2)**
 - gamma(g): 1.35
(g: BS-P: 1,35 / BS-T: 1,20 / BS-A: 1,10 / BS-E: 1,00)
 - gamma(q): 1.50
(q: BS-P: 1,50 / BS-T: 1,30 / BS-A: 1,10 / BS-E: 1,00)
- Gleitsicherheit (GEO-2)**
 - gamma(Gleiten): 1.10
(BS-P: 1,10 / BS-T: 1,10 / BS-A: 1,10 / BS-E: 1,00)
 - ☐ Gleitsicherheit mit Kohäsion
- Grundbruchsicherheit (GEO-2)**
 - gamma(Grundbruch): 1.40
(BS-P: 1,40 / BS-T: 1,30 / BS-A: 1,20 / BS-E: 1,00)
- Geosynthetics (GEO-2)**
 - gamma(Geosynthetics): 1.40
(BS-P: 1,40 / BS-T: 1,30 / BS-A: 1,20 / BS-E: 1,00)

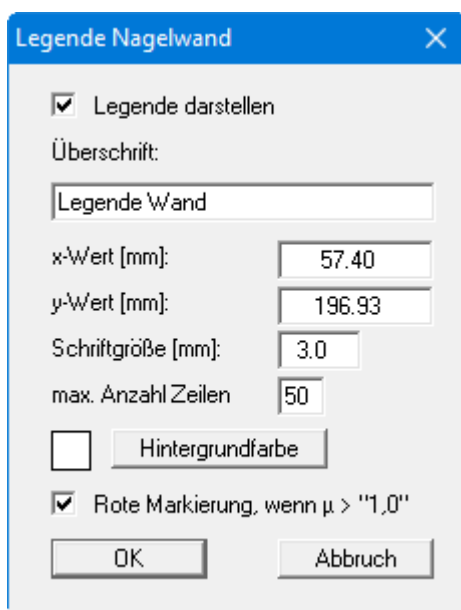
Buttons at the bottom: OK, Abbruch, Standardwerte.

Wenn Sie z.B. die Grundbruchsicherheit nicht mit dem vereinfachten Verfahren berechnen wollen, sondern das lieber mit einer exakteren Berechnung über gesonderte polygonale Gleitflächen oder auch über Kreisleitflächen durchführen wollen, können Sie die Ausgabe der Grundbruchsicherheit nach dem vereinfachten Verfahren komplett ausblenden.

Über den Knopf "**Standardwerte**" können Sie die Teilsicherheitswerte der DIN 1054:2010 bzw. des EC 7 für die verschiedenen Lastfälle übernehmen lassen (siehe Menüeintrag "**Editor 1 / Teilsicherheiten ...**").

19.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Legende Nagelwand"

Bei einer Nagelwandberechnung wird eine Legende in der Grafik dargestellt, wenn der Schalter "**Legende darstellen**" aktiviert ist.

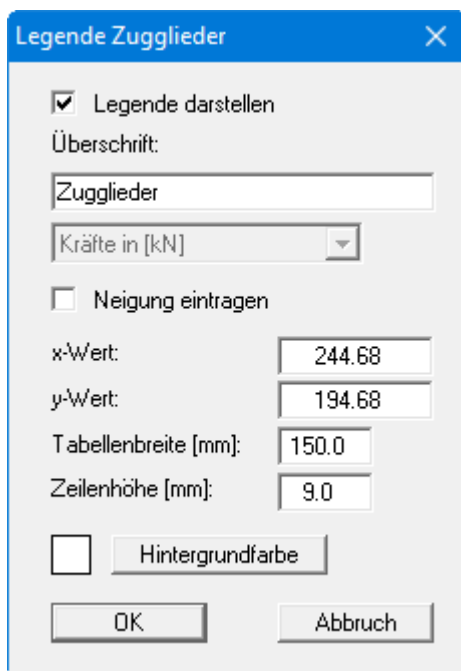


Mit den Werten für "**x**" und "**y**" definieren und verändern Sie die Lage der Legende auf dem Ausgabeblatt. Über die "**Schriftgröße**" und "**max. Anzahl Zeilen**" steuern Sie die Größe der Legende, gegebenenfalls erfolgt eine mehrspaltige Darstellung. In einigen Legenden können Sie auch eine Hintergrundfarbe definieren.

Am schnellsten können Sie die Position der Legende verändern, indem Sie die Funktionstaste [**F11**] drücken und anschließend die Legende mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

19.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Legende Nagelkräfte"

Wenn Sie den Schalter "**Legende darstellen**" in der Dialogbox aktivieren, wird in der Grafik eine Tabelle mit den Kräften des ausgewählten Vernagelungselements dargestellt.



Position und Abmessungen der Legende können hier eingestellt werden. Die Schriftgröße wird je nach eingestellter Tabellenbreite angepasst.

Am schnellsten können Sie die Position der Legende verändern, indem Sie die Funktionstaste [F11] drücken und anschließend die Legende mit der gedrückten linken Maustaste an die gewünschte Position ziehen.

19.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Nägel von Hand"

Dieser Menüeintrag ist identisch mit den Knöpfen " **Geosynthetics**", " **Stahlbänder**" und " **Zugglieder**", die in der Dialogbox im Menüeintrag " **Editor 1 / eingeben**" erscheinen, und wurde hier nur nochmals für die Bequemlichkeit des Programmnutzers aufgenommen.

Erläuterungen zur Eingabe der 3 Vernagelungselemente finden Sie daher im Menüeintrag " **Editor 1 / eingeben**" jeweils unter dem Knopf " **Geosynthetics**", " **Stahlbänder**" und " **Zugglieder**".

19.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "generieren"

Mit diesem Menüeintrag können Sie mit wenigen Eingaben alle Nägel der Wand definieren. Wenn die Wand aus Zuggliedern besteht, erscheint folgende Dialogbox:

Zugglieder generieren

☒ vorhandene Zugglieder löschen

1. Zugglied unten [m]: 0.500

Vertikalabstand Zugglieder [m]: 1.000

R,d [kN]: 100.00

Freie Länge [m]: 0.000

Durchmesser [m]: 0.100

Horizontaler Abstand [m]: 1.500

☒ Reibung im Lamellenfußpunkt ansetzen ?

☐ Kraft T0 am Kopf verwenden ?

T0 [kN]: 0.000

Länge unten [m]: 6.000

Länge oben [m]: 6.000

Neigung [°]: 0.000

OK Abbruch

Nach dem Verlassen der Dialogbox werden die Zugglieder dargestellt. Falls Lage und Länge der Zugglieder dann doch nicht Ihren Vorstellungen entsprechen, wählen Sie den Menüeintrag erneut, aktivieren den Schalter "**vorhandene Zugglieder löschen**" und korrigieren Ihre Eingaben.

Bei einer Nagelwand mit Geosynthetics oder Stahlbändern erhalten Sie eine entsprechend angepasste Dialogbox für die Generierung.

Im Anschluss an die Generierung der Geosynthetics, Stahlbänder oder Zugglieder erhalten Sie direkt die Dialogbox, mit der Sie, wenn gewünscht, Gleitflächen neu generieren lassen können (siehe Menüeintrag "**Nagelwand / Gleitflächen generieren**")

19.9 GGU-STABILITY: Menüeintrag "manipulieren"

Nachdem Sie Zugglieder definiert haben und die Berechnung z.B. ergeben hat, dass kürzere Zugglieder ausreichen, können Sie mit diesem Menüeintrag die Längen und die Haftkraft einfach verändern.

The dialog box 'Zugglieder manipulieren' contains several sections for manipulating cable elements:

- Alle mit Faktor verlängern:** Faktor: 1.2000, button: ausführen
- Neue Länge für alle:** Länge [m]: 4.0000, button: ausführen
- Neuer Durchmesser für alle:** Durchmesser [m]: 0.1000, button: ausführen
- Neue Freie Länge für alle:** Freie Länge [m]: 0.0000, button: ausführen
- Neues R_d für alle:** R_d [kN]: 100.0000, button: ausführen
- Reibung im Lamellenfußpunkt:** ☒ ansetzen, button: ausführen
- T0-Kraft am Kopf:** ☐ ansetzen, T0 [kN]: 0.0000, button: ausführen

At the bottom is a 'Schließen' button.

Wenn Sie einen der Knöpfe "**ausführen**" anwählen, wird die entsprechende Veränderung vorgenommen.

Bei einer Nagelwand mit Geosynthetics oder Stahlbändern erhalten Sie eine entsprechend angepasste Dialogbox für die Manipulation.

19.10 GGU-STABILITY: Menüeintrag "optimieren"

Wenn Ihr System mit den gewählten Geosynthetics nicht standsicher ist, können Sie über diesen Menüeintrag die optimalen Geosynthetics suchen lassen. Sie erhalten die folgende Dialogbox:

The dialog box 'Geosynthetics optimieren' contains the following elements:

- Auswählen:** 6 Geosynthetic vorhanden
- Welches Geosynthetics optimieren ?
- A dropdown menu with 'Alle' selected.
- Buttons: OK, Abbruch

Übernehmen Sie die Einstellung und lassen Sie die Optimierung für alle Geosynthetics durchführen. Das Ergebnis mit den optimalen Geosynthetics wird Ihnen in einer Infobox angezeigt. Übernehmen Sie die neuen Geosynthetics mit "OK". Anschließend starten Sie über " **Ausnutzungsgrade / Gleitkörper berechnen**" erneut die Berechnung der Böschung.

19.11 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleitflächen generieren"

Mit diesem Menüeintrag können Sie mit wenigen Angaben eine Vielzahl von Gleitflächen erzeugen. Es werden Gleitflächen mit 2 Polygonabschnitten erzeugt (Zweikörperbruchmechanismus).

Gleitflächen generieren

☒ vorhandene Gleitflächen löschen

aktiver Erddruckkeil

min. Neigung [°] 45.0

max. Neigung [°] 65.0

Anzahl Unterteilungen 2

Gleitflächen

☐ nur vom untersten Nagel

Ansatzpunkt unter Nagelkopf [m:] 0.50

☐ Ansatzpunkt auch für untersten Nagel verwenden
(sonst Ansatzpunkt = UK Wand)

Anzahl Schnittpunkte auf Nagel 5

☒ nur einsinnig gekrümmte erzeugen

OK Abbruch

Im oberen Bereich der Dialogbox definieren Sie die Neigungen der hinteren Gleitlinie, die für den aktiven Erddruck auf das System **zuständig** ist. Es werden die beiden angegebenen Neigungen als Grenzwerte verwendet. Zwischen diesen wird, wenn der Wert " **Anzahl Unterteilungen**" > 0 ist, entsprechend häufig unterteilt.

Im unteren Bereich der Dialogbox definieren Sie die Lage des vorderen Gleitkörpers. Die untersten Gleitlinien beginnen immer an Unterkante Wand und enden an den Nagelfußpunkten. Wenn der Schalter " **nur vom untersten Nagel**" ausgeschaltet ist, werden zusätzlich Gleitlinien von den darüber liegenden Nägeln erzeugt. Diese beginnen am jeweiligen Nagelkopf bzw. in einer bestimmten Entfernung darunter, die Sie hinter " **Ansatzpunkt unter Nagelkopf**" eingeben können. Die Gleitlinien enden am Nagelfuß, wenn die Gleitlinie eine positive Neigung aufweist, ansonsten wird die Gleitlinie verworfen (gilt nicht für untersten Nagel). Wenn der Wert " **Anzahl Schnittpunkte auf Nagel**" > 0 ist, werden zusätzliche Gleitflächen erzeugt, die den jeweiligen Nagel schneiden.

Streng genommen muss bei einer Berechnung nach dem Verfahren der "**Starrkörperbruchmechanismen**" auch die Zwischengleitlinie variiert werden. Die Neigung der Zwischengleitlinie wird im Programm mit der gleichen Neigung wie die hintere Hauptgleitlinie allerdings mit umgekehrten Vorzeichen angesetzt. Das ist im Allgemeinen nur bei stark unterschiedlichem Schichtaufbau im Bereich der Zwischengleitlinie und der Hauptgleitlinie nicht die ungünstigste Lage der Zwischengleitlinie.

19.12 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Gleiten, Kippen, Grundbruch"

Gemäß den Angaben im Abschnitt "**Theoretische Grundlagen**" werden die Nachweise geführt. Die nachfolgende Box erhalten Sie bei der Verwendung von Geosynthetics oder Stahlbändern.

Aktiver Erddruck

Allgemein
Der aktive Erddruck auf die Hinterkante der Wand und auf die Außenhaut wird berechnet über eine Variation des Gleitflächenwinkels zwischen 30.0 und 80.0° in Schritten von 0.2°

Aktiver Erddruck auf Hinterkante Wand
Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi [-]: 0.667

Aktiver Erddruck auf Außenhaut
Zusätzlich wird nach dem gleichen Verfahren der Erddruck auf die Außenhaut berechnet für Nachweise der Außenhaut nach EBGE0.
Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi [-]: 0.667

☒ Frontelemente sind bedingt verformbar

OK Abbruch

Sie sehen die Ergebnisse in Infoboxen angezeigt. Nach Verlassen der Infoboxen werden wesentliche Bemessungswerte in der "**Legende Nagelwand**" auf dem Bildschirm dargestellt, wenn Sie die entsprechenden Nachweise im Menüeintrag "**Nagelwand / Nachweise/Sicherheiten**" aktiviert haben.

Diese Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste [**F7**] erreicht werden. Enthält Ihr System mehr als 1 vernagelte Böschungskante, ist der Menüeintrag nicht anwählbar.

19.13 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Maximale Nagelkräfte"

Dieser Menüeintrag ist nur bei einer Nagelwandberechnung mit Geosynthetics oder Stahlbändern aktiv.

Gemäß geltender Normung ist für die Bemessung der Nägel der Nachweis maßgebend, der die größten Nagelkräfte ergibt. Dazu sind folgende Untersuchungen erforderlich:

- Lastanteile in den Nägeln aufgrund der Gleitkörperuntersuchungen für End- und Bauzustände
- Lastanteile in den Nägeln aus dem Erddruck auf die Betonschale bzw. Außenhaut. Der von dem vernagelten Bodenkörper auf die Betonschale bzw. Außenhaut einwirkende Erddruck darf dabei mit dem 0,85-fachen Wert des aktiven Erddrucks, jedoch ohne Ansatz der Kohäsion, angenommen werden. Der Erddruck darf rechteckförmig verteilt angesetzt werden, auch wenn der Boden geschichtet ist. Der Wandreibungswinkel ist mit $\delta = 0$ anzusetzen.

Der Menüeintrag "**Maximale Nagelkräfte**" kann nur angewählt werden, wenn Gleitkörperuntersuchungen bereits durchgeführt worden sind. Es werden über diesen Menüeintrag der Erddruck auf die Außenhaut bestimmt und die nach EBGEO erforderlichen Nachweise untersucht. Im Anschluss an die Berechnung erhalten Sie die maximalen Nagelkräfte in einer Infobox angezeigt.

19.14 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Max. Nagelkräfte + Durchstanzen"

Die Berechnung der maximalen Nagelkräfte bei Verwendung von Zuggliedern erfolgt wie unter Menüeintrag "**Nagelwand / Maximale Nagelkräfte**" beschrieben.

Maximale Nagelkräfte berechnen

Gemäß geltenden Zulassungen sind die max. Nagelkräfte sowohl aus der Gleitkörperuntersuchung als auch aus dem 0.85-fachen Erddruck (ohne c) zu ermitteln. Der jeweils größere Wert ist maßgebend. Die im Rahmen der Gleitkörperuntersuchungen berechneten Nagelkräfte werden nachfolgend mit den Kräften aus Erddruck verglichen. Der jeweils größere Wert wird übernommen. Der nachfolgende Erddruckwert e wird auch für den Durchstanznachweis verwendet.

$E_{k,g+q}$ (ohne c) = 87.06 kN/m
 $E_{k,g}$ (ohne c) = 87.06 kN/m
 $E_{k,q}$ (ohne c) = 0.00 kN/m
Länge Wand = 6.08 m
daraus folgt:

Erddruck e_d [kN/m²] = $0.85 \cdot (1.350 \cdot 87.06 + 1.500 \cdot 0.00) / 6.08$

Erddruck e_d [kN/m²]:

Maximale Nagelkräfte für Durchstanzen berechnen aus:

Je nach [Einstellung](#) erscheint nun entweder der Durchstanznachweis nach DIN 1045, oder der Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1 (Eurocode 2).

19.14.1 Nach DIN 1045

Der in der Dialogbox "**Maximale Nagelkräfte berechnen**" vorgeschlagene Wert für den Erddruck e_d wird auch für den Durchstanznachweis übernommen. Nach Bestätigung oder auch gegebenenfalls Änderung des berechneten Erddruckwerts erscheint folgende Dialogbox:

Durchstanznachweis

373 Gleitkörper von 373 berechnet
 Horizontaler Nagelabstand = 1.500 m
 Max. Nagelkraft in Nagel-Nr. 1 = 62.82 kN

Max. Nagelkräfte [kN]:
 (jeweils durch $1/\mu$ geteilt)

Nachweis mit [kN]: 62.82

Alten Nachweiswert holen

Erddruck e [kN/m²] = 16.42

Nutzbare Höhe / Dicke [-]: 0.850

Breite = Höhe (Nagelplatte) [m]: 0.250

Vorh. Biegebewehrung [cm²/m]: 5.03 ?

Beton: C 20/25 B500

OK Abbruch

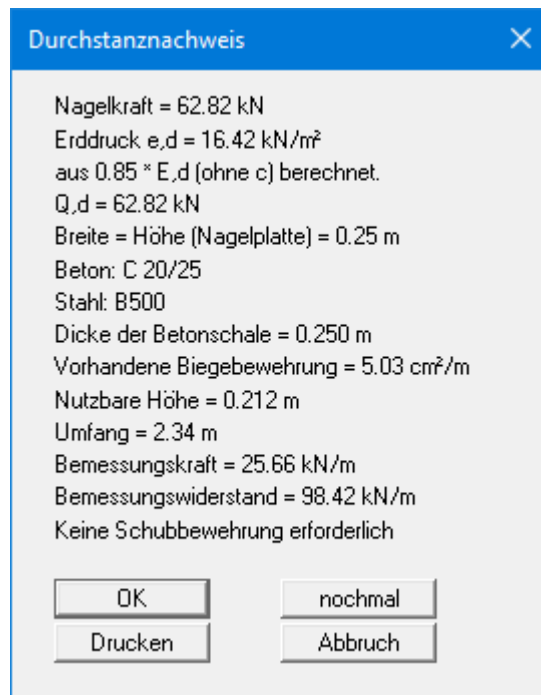
6: 25.31
 5: 25.31
 4: 32.51
 3: 43.21
 2: 52.93
 1: 62.82

Die gemäß den Erläuterungen im Menüeintrag "**Nagelwand / Maximale Nagelkräfte**" ermittelten maximalen Nagelkräfte werden in der Liste der Dialogbox angezeigt. Der maximale Wert aller Nägel wird mit dem horizontalen Nagelabstand multipliziert und als Bemessungswert für den Durchstanznachweis vorgeschlagen (siehe Eintrag hinter "**Nachweis mit [kN]:**"). Dieser Wert kann, falls gewünscht, geändert werden. Falls Sie mehrere Berechnungen von Gleitkörpern durchführen, den Nachweis der Durchstanzsicherheit jedoch mit einem anderen als den vorgeschlagenen Wert führen wollen, können Sie mit dem Knopf "**Alten Nachweiswert holen**" den zuletzt eingegebenen Wert in die Eingabebox zurückholen.

Danach erfolgt der Nachweis der Durchstanzsicherheit. Die Pressung unter dem Durchstanzbereich wird gemäß EC 2 von der Nagelkraft abgezogen. Die Pressung ergibt sich aus dem abgeminderten Erddruck (siehe oben). Neben diesen Angaben sind gemäß EC 2 für den Durchstanznachweis noch anzugeben:

- nutzbare Höhe der Betonschale im Bereich des Nachweises (% der Dicke der Betonschale),
- Breite der Nagelplatte (= Höhe),
- vorhandene Biegebewehrung,
- verwendeter Beton,
- verwendeter Betonstahl.

Diese Eingaben tätigen Sie im unteren Bereich der Dialogbox. Mit dem Knopf "**OK**" wird der Nachweis geführt und Sie erhalten die Ergebnisse angezeigt.



Die Dialogbox enthält alle maßgebenden Werte des Nachweises. Mit dem Knopf "**nochmal**" können Sie den Nachweis mit gegebenenfalls veränderten Eingabewerten wiederholen.

Falls Sie im Menüeintrag "**Nagelwand / Nachweise/Sicherheiten**" den Schalter "**Durchstanznachweis**" aktiviert haben, werden anschließend wesentliche Bemessungswerte in der "**Legende Nagelwand**" auf dem Bildschirm dargestellt.

19.14.2 NACH DIN EN 1992-1 (Abs. 6.4.4 Durchstanzen)

Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1 bearbeiten

Durchstanznachweis Allgemein	
Stützentyp rechteckig	β (Laststellungsfaktor) 1.05
cx (Stützenbreite in x-Richtung) [cm] 19,0	CRdc [-] 0.15 / γ_C
cy (Stützenbreite in y-Richtung) [cm] 19,0	Querschnitt
eah (aktiver Erddruck) [kN/m ²] 108	max θ (maximaler Winkel des Durchstanzkegels) [°] 76,000
r (Stützenradius) [cm] 0,0	θ Schrittweite [°] 0,100
θ (Winkel Durchstanzkegel) [°] 69,770	Nachweisverfahren Iterativer Nachweis

Nachweis Ergebnisse

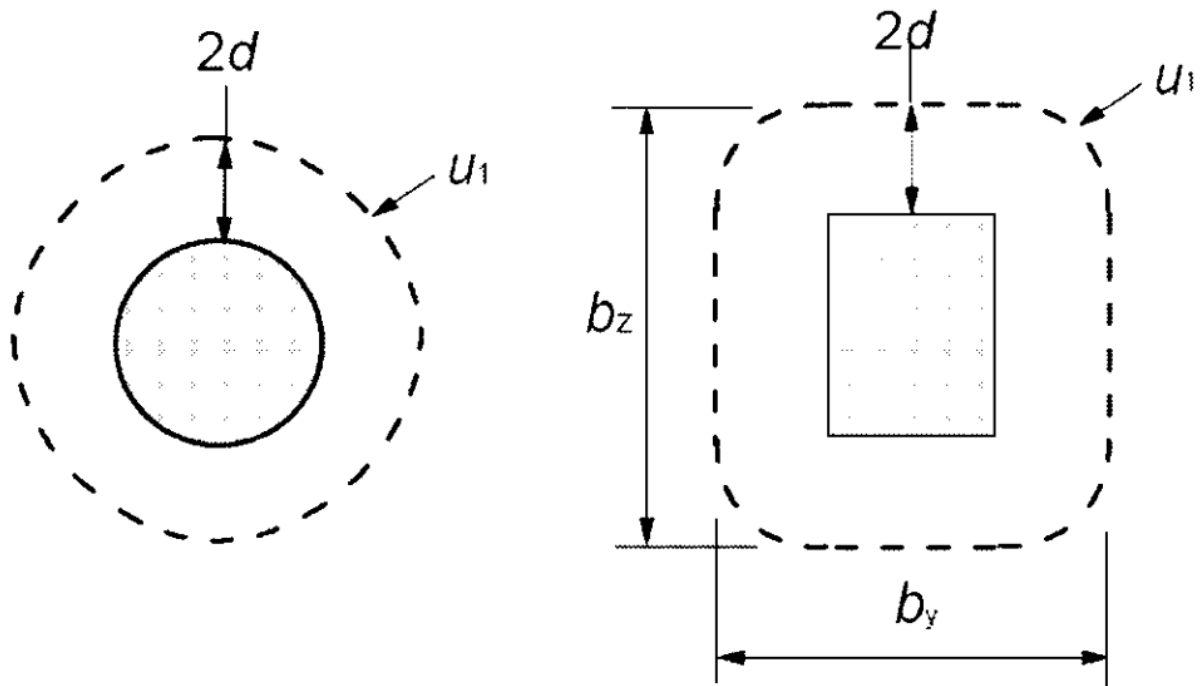
Nachweisen

Ausnutzungsgrad [%]
0,00

Ok Abbrechen

Stützentyp

Die Einstellung des **Stützentyps** bezieht sich auf die Querschnittsabmessung der Stütze. Es gibt "rechteckig", "quadratisch" und "rund" zur Auswahl, je nach Ankerplatte.



c_x, c_y, r

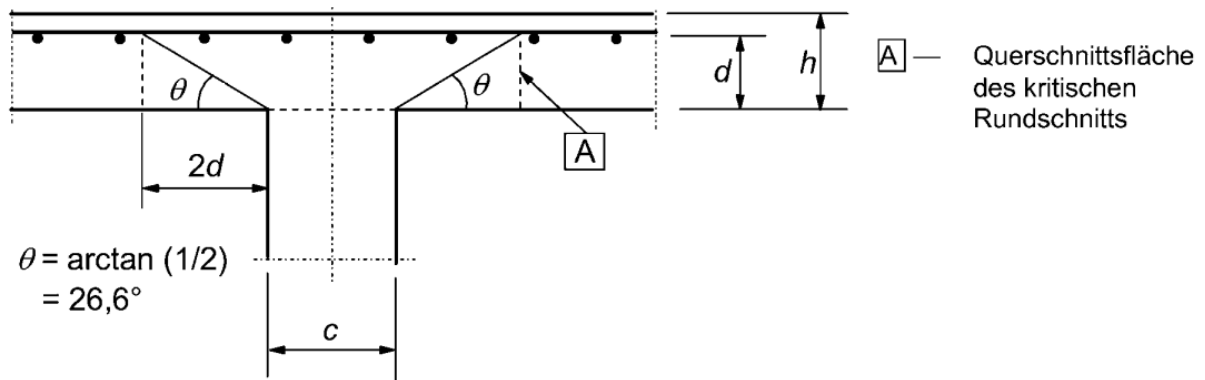
Die Felder **c_x** , **c_y** , und **r** sind die Abmessungen der Ankerplatte, **Breite in x-Richtung (c_x)**, **Breite in y-Richtung (c_y)** und **Radius der Ankerplatte (r)**.

e_{ah}

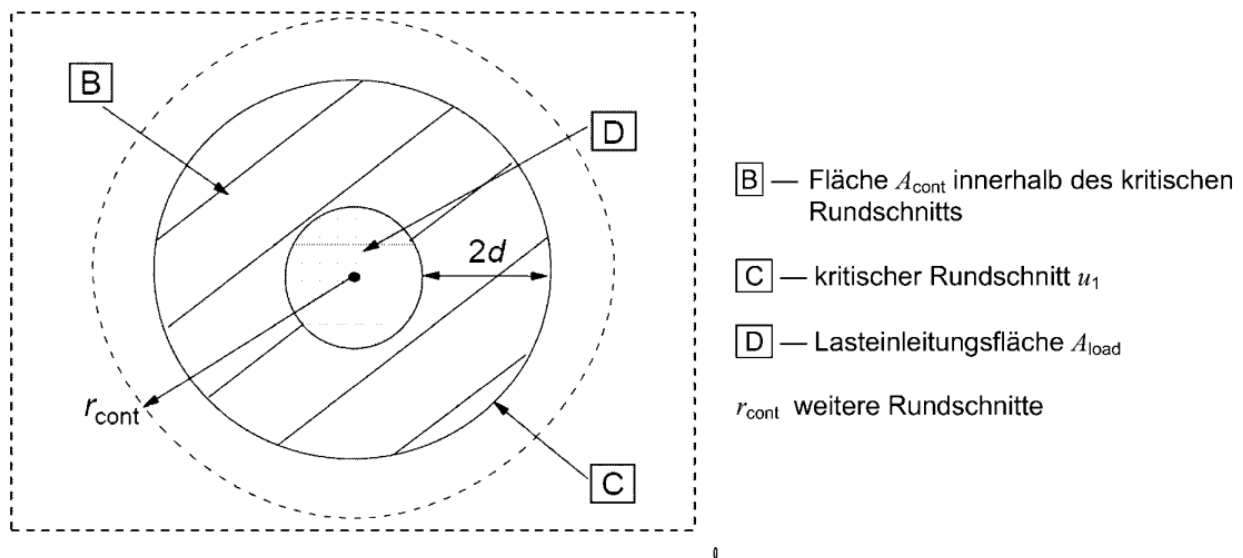
Der **Erdruck e_{ah}** kann hier nicht mehr editiert werden, da er sich aus den vorigen Eingabemasken ergibt.

Winkel θ , max θ , θ Schrittweite

θ beschreibt den Winkel unterhalb des Durchstanzkegels, welcher in Bild 6.12 dargestellt ist. Die Norm gibt hier keinen maximalen Winkel für θ vor, weshalb Sie hier einen **max θ** Winkel vorgeben müssen. Bei Spritzbetonschalen und Fundamenten haben Versuche auch Winkel $\theta > 45^\circ$ nachgewiesen. Mit der



a) Querschnitt

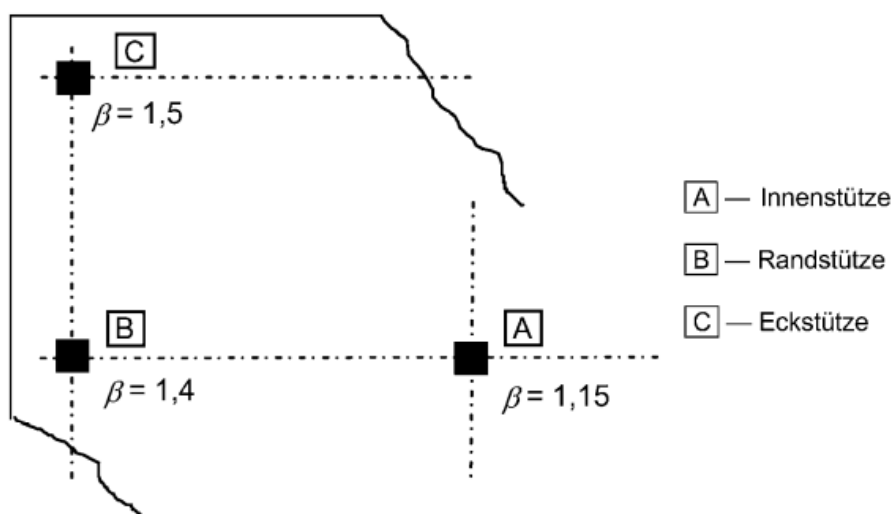


b) Grundriss

Bild 6.12 — Bemessungsmodell für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

β (Laststellungsfaktor)

ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte für β dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Die empfohlenen Werte sind in Bild 6.21N angegeben.



NDP Zu 6.4.3 (6)

Für unverschiebliche Systeme gilt Bild NA.6.21 mit folgenden Werten für β :

A – Innenstütze: $\beta = 1,10$; B – Randstütze: $\beta = 1,4$; C – Eckstütze: $\beta = 1,5$
 D – Wandende: $\beta = 1,35$; E – Wandecke: $\beta = 1,20$

CRdc

NDP Zu 6.4.4 (1)

— bei Flachdecken und Bodenplatten:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

Für Innenstützen bei Flachdecken mit $u_0/d < 4$ gilt jedoch:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \cdot (0,1 u_0/d + 0,6)$$

— bei Fundamenten:

$$C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c$$

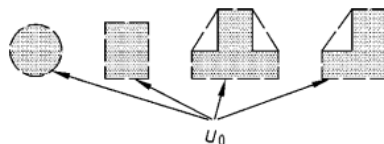
Nachweisverfahren:

Beim Nachweisverfahren darf zwischen "Iterativer Nachweis" und "Einzelnachweis" gewählt werden. Der Nationale Anhang zu DIN EN 1992-1 schreibt in NCI Zu 6.4.2 (2), dass der Abstand a_{crit} beim Durchstanznachweis iterativ zu ermitteln ist. Hierfür dient auch die Schrittweite der Iteration, mit welcher der θ Winkel verändert wird und dessen Obergrenze **max θ** zuständig.

NCI Zu 6.4.2 (1)

Bei Wänden und großen Stützen sind, sofern kein genauere Nachweis geführt wird, die Rundschnitte nach Bild NA.6.12.1 festzulegen, da sich die Querkkräfte auf die Ecken der Auflagerflächen konzentrieren.

Zu Bild 6.13 wird ergänzt:

**NCI Zu 6.4.2 (2)**

Der Abstand a_{crit} des maßgebenden Rundschnitts ist iterativ zu ermitteln. Für Bodenplatten und schlanke Fundamente mit $\lambda > 2,0$ darf zur Vereinfachung der Rechnung ein konstanter Rundschnitt im Abstand $1,0d$ angenommen werden.

Die Fundamentschlankheit $\lambda = a_\lambda / d$ bezieht sich auf den kürzesten Abstand a_λ zwischen Lasteinleitungsfläche und Fundamentrand (siehe auch Bild NA.6.21.1).

Querschnitt

Wenn Sie auf die Schaltfläche Querschnitt klicken, öffnet sich die Eingabemaske des Querschnitts der Spritzbetonschale. Die **Höhe** und die Bemessungseinwirkung **VEd** des Querschnitts wurden bereits vorausgefüllt und sind hier nicht mehr veränderbar. Sie können die Betondeckung **cnom**, sowie die **Bewehrung** und den **Beton** über diese Maske anpassen

Spritzbetonschale bearbeiten

Querschnitt Allgemein	
cnom [cm]	VEd [kN]
3,00	399,21
Höhe Querschnitt [cm]	
58,00	
Bewehrung	
Beton	
MEd [kN]	
0,00	
NEd [kN]	
0,00	
Ok	Abbrechen

Bewehrung

In der Eingabemaske **Bewehrung** können die nach DIN EN 1992-1 maßgeblichen Parameter bearbeitet werden. Es kann über das Dropdown die **Art der Bewehrung** verändert werden, je nach vorhandener Biegebewehrung der Spritzbetonschale. Als Standard ist hier Q636 A eingestellt.

The dialog box titled "Bewehrung bearbeiten" contains the following elements:

- A section titled "Bewehrung allgemein" with two dropdown menus:
 - "y_S (Teilsicherheitsbeiwert Baustahl)" set to "1.15".
 - "Baustahl Sorte" set to "B500B".
- A section titled "Bewehrung" with a text input field containing the word "Bewehrung".
- At the bottom, "Ok" and "Abbrechen" buttons.

The dialog box titled "Bewehrung nach DIN EN 1992-1 bearbeiten" contains the following elements:

- A section titled "Bewehrung Allgemein" with several input fields:
 - "Art der Bewehrung" dropdown set to "Betonstahlmatten".
 - "Betonstahlmatte" dropdown set to "Q636 A".
 - "dx (Längsbewehrung) [mm]" dropdown set to "Ø28".
 - "ax (Abstand Längsbewehrung) [cm]" text input set to "2000,00".
 - "dy (Querbewehrung) [mm]" dropdown set to "Ø16".
 - "ay (Abstand Querbewehrung) [cm]" text input set to "2500,00".
- At the bottom, "Ok" and "Abbrechen" buttons.

Beton

In der Eingabemaske Beton können Sie die Eigenschaften des verwendeten Betons definieren. Standardmäßig ist ein C25/30 mit Teilsicherheitsbeiwert γ_c 1.5 eingestellt.

Beton nach DIN EN 1992-1 bearbeiten

Beton allgemein

α_{cc} (Korrekturfaktor für die Druckfestigkeit) [-]

0,85

α_{ct} (Korrekturfaktor für die Zugfestigkeit) [-]

0,85

Betonsorte

C25/30

γ_c (Teilsicherheitsbeiwert für Beton) [-]

1,5

Ok Abbrechen

Nachweisen

Über die Schaltfläche Nachweisen können Sie den Durchstanznachweis führen. Zu beachten ist, dass wenn der Durchstanznachweis geöffnet ist, Sie aber nicht auf Nachweisen klicken, auch kein Nachweis geführt wird. Das Ergebnis erscheint dann als Popup-Fenster.

Sofern der Nachweis erfüllt ist wird der Ausnutzungsgrad angezeigt:

Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1

i Durchstanznachweis erfüllt. Ausnutzungsgrad = 34 %

OK

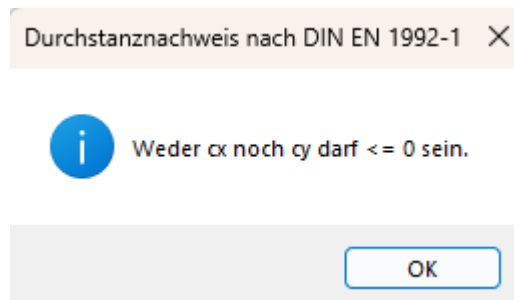
Sofern Durchstanzbewehrung erforderlich ist wird die Menge an Durchstanzbewehrung um den Nachweis zu erfüllen ausgegeben. Diese erscheint auch im Ausdruck.

Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1

i Durchstanzbewehrung erforderlich: $A_{sw} = 2,50 \text{ cm}^2$

OK

Sofern bei der Berechnung ein Fehler auftrat (in den meisten Fällen wenn die Vorwerte nicht eingestellt wurden), wird die Fehlermeldung ebenso ausgegeben:



Beispiel einer Fehlermeldung. Hier wurde vergessen der Wert für α einzugeben.

19.15 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Erddruck + Gewicht berechnen"

Sie können getrennt von vorherigen Menüeinträgen Erddruck und Gewicht berechnen und erhalten die Ergebnisse in Infoboxen angezeigt.

19.16 GGU-STABILITY: Menüeintrag "nach GGU-SLAB exportieren"

Für die Biegebemessung der Betonschale steht dieser Menüeintrag zur Verfügung. Es wird ein Datensatz exportiert, der vom Programm **GGU-SLAB** gelesen werden kann. Es kann nur ein System mit 1 Böschungskante exportiert werden. Das Programm **GGU-SLAB** ermöglicht die Berechnung und Bemessung von Platten nach der Finiten-Element-Methode.

nach GGU-SLAB exportieren

Welche Art Platte ?

☐ Vollplatte

☒ horizontal durchgehende Platte für einen Nagel

☐ "Soloplatte" für einen Nagel

FE-Netz GGU-SLAB

max. Knotenabstand (horizontal) [m]: 0.125

max. Knotenabstand (vertikal) [m]: 0.125

Flächenlast für GGU-SLAB

0.85 * Berechneter Erddruck (ohne c) E:

E,k,g = 74.00 kN/m

E,k,q = 0.00 kN/m

Länge Wand = 6.08 m

=> Flächenlast Platte [kN/m²]:

e,g = 12.166

e,q = 0.000

Beschriftung

☒ mit Beschriftung Farbe

OK Abbruch

Hinsichtlich des oberen Bereichs der Dialogbox "**Welche Art Platte ?**" wird auf "**Theoretische Grundlagen: Nagelwand bzw. Bewehrte-Erde-Wand**" Abschnitt "**Nachweis der Betonschale**" verwiesen. Falls Sie keine "**Vollplatte**" gewählt haben, erscheint nach Bestätigen mit "**OK**" die folgende Dialogbox:

Einzelplattenhöhe für Export

max. Einzelplattenhöhe [m]: 2.0276

OK Abbruch

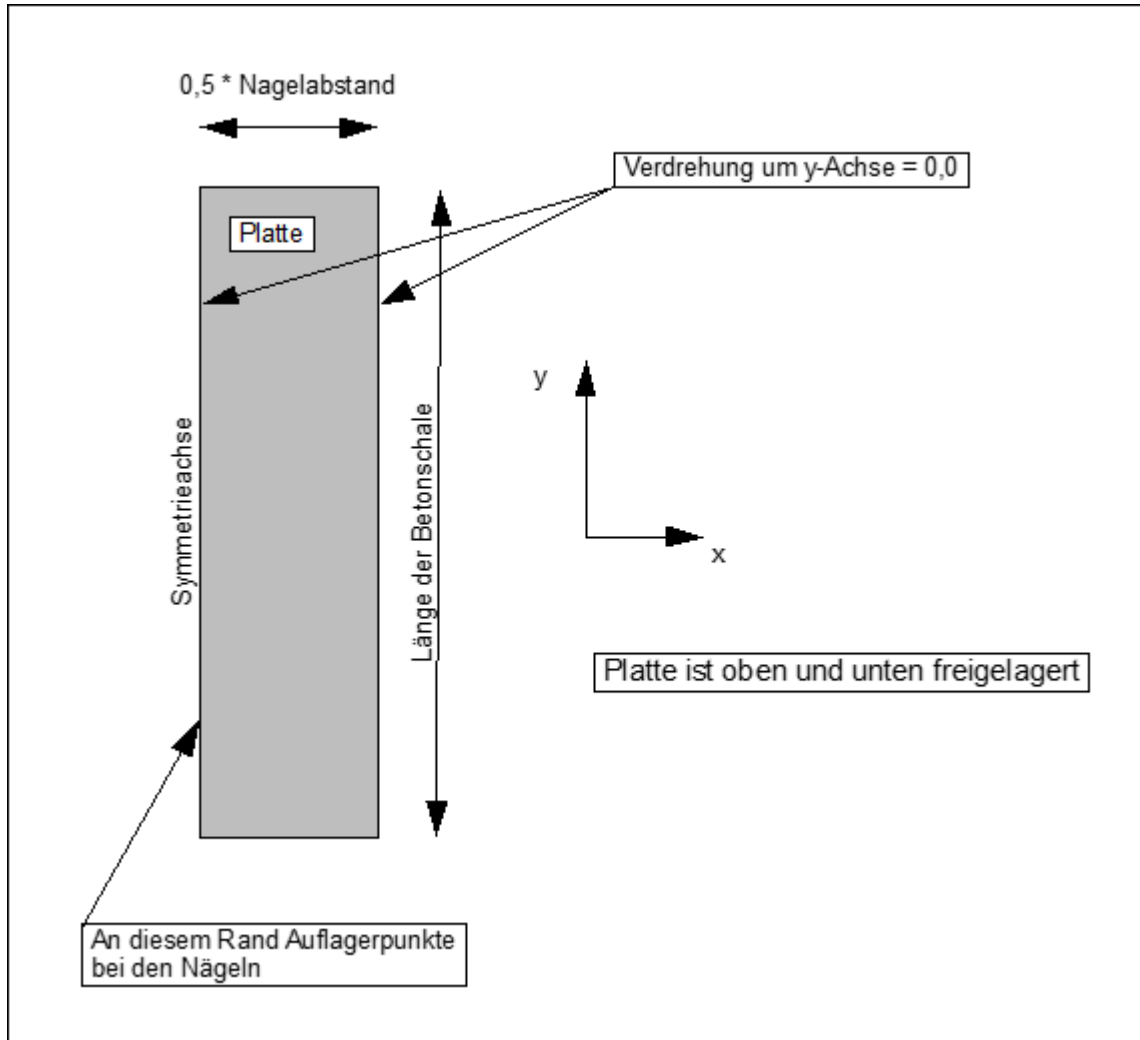
Das Programm berechnet aus den vorhandenen vertikalen Nagelabständen den maximalen Wert und schlägt diesen als Wert für die Ersatzplatte vor, an der die Berechnungen vom Programm **GGU-SLAB** durchgeführt werden sollen. Der Wert kann von Ihnen verändert werden.

Mit den beiden Werten im Bereich "**FE-Netz GGU-SLAB**" der Dialogbox "**nach GGU-SLAB exportieren**" können Sie die Enge des Finite-Element-Netzes, das nach **GGU-SLAB** exportiert wird, beeinflussen. Eine Verdichtung des Finite-Element-Netzes kann aber auch sehr einfach direkt im Programm **GGU-SLAB** erzeugt werden.

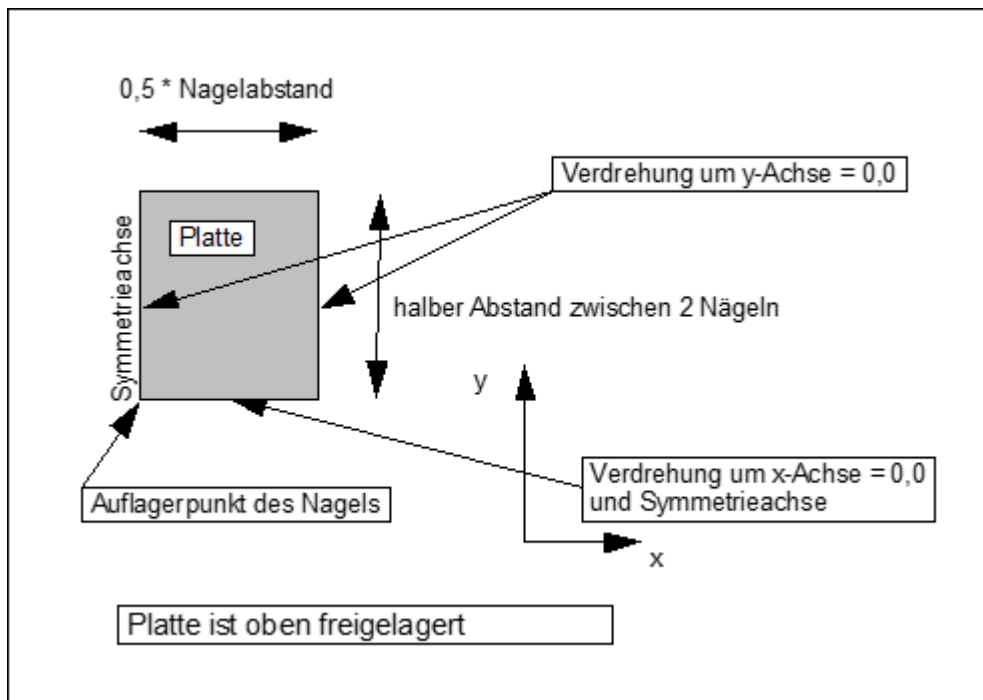
Hinsichtlich der konstanten Flächenbelastung der Platte wird auf "**Theoretische Grundlagen: Nagelwand bzw. Bewehrte-Erde-Wand**" Abschnitt "**Nachweis der Betonschale**" verwiesen.

Das statische System, das nach **GGU-SLAB** exportiert wird, nutzt die Symmetrie einer Bodenvernagelung aus. Die drei möglichen statischen Systeme für den Export ins Programm **GGU-SLAB** sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

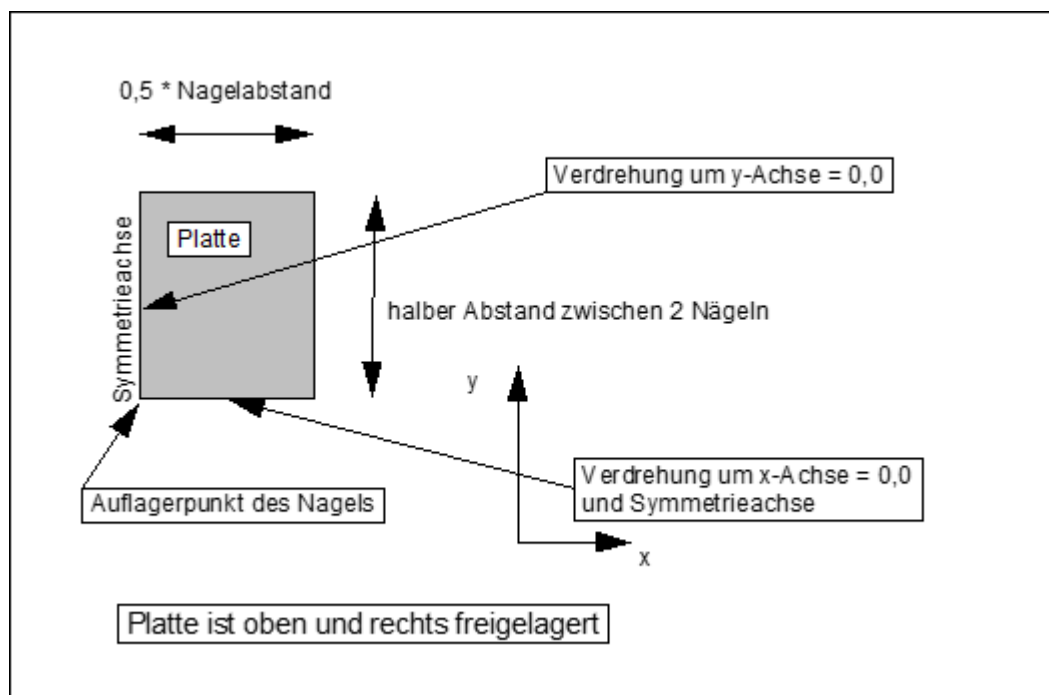
- Statisches System einer Vollplatte:



- Statisches System einer horizontal durchgehenden Platte



- Statisches System einer "Soloplatte"



19.17 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Aktiver Erddruck nach Culmann"

Über diesen Menüeintrag können Sie den aktiven Erddruck nach Culmann bestimmen lassen. Sie erhalten die folgende Dialogbox:

Aktiver Erddruck nach Culmann [X]

Info

Der Erddruck auf die Wand wird berechnet über eine Variation des Gleitflächenwinkels zwischen "theta(1)" und "theta(2)" in Schritten von "Delta theta"

theta(1) [°]:

theta(2) [°]:

Delta theta [°]:

Die Berechnung erfolgt nach dem Verfahren von Janbu.

Die Wirkung von eventuell vorhandenen konstruktiven Elementen wie Geosynthetics usw. ist ausgeschaltet.

Der Erddruck eah wird durch numerische Differentiation aus Eah gewonnen und kann daher bei z.B. geschichtetem System mit Fehlern behaftet sein.

Die Berechnung hat KEINEN Einfluss auf die Berechnung der Nagelwand !!!

Eingaben

Anzahl Unterteilungen:

Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi [-]:

Anzahl Lamellen:

Grafische Darstellung

Größe des Erddrucks [m]:

☒ Erddruck eah darstellen ☐ Gesamterddruck Eah darstellen

☐ Erddruck eah + Wasserdruck darstellen

☐ Erddruck eah als Treppenfunktion

☐ Gleitflächen darstellen

Für die spätere grafische Darstellung können Sie verschiedene Einstellungen wählen. Die Ergebnisse der Berechnung werden Ihnen zunächst in einer Infobox dargestellt. Über den Knopf "**Ins Klemmbrett**" in dieser Infobox können Sie die Werte über die Windows-Zwischenablage z.B. in ein Word-Dokument einfügen. Nach Verlassen der Infobox wird der berechnete Erddruck im System entsprechend der gewählten Einstellungen dargestellt.

19.18 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Erdwiderstand nach Culmann"

Über diesen Menüeintrag können Sie den Erdwiderstand nach Culmann bestimmen lassen. Sie erhalten die folgende Dialogbox:

Erdwiderstand nach Culmann [X]

Info

Der Erdwiderstand auf die Wand wird berechnet über eine Variation des Gleitflächenwinkels zwischen "theta(1)" und "theta(2)" in Schritten von "Delta theta"

theta(1) [°]:

theta(2) [°]:

Delta theta [°]:

Die Berechnung erfolgt nach dem Verfahren von Janbu.

Die Wirkung von eventuell vorhandenen konstruktiven Elementen wie Geosynthetics usw. ist ausgeschaltet.

Der Erdwiderstand eph wird durch numerische Differentiation aus Eph gewonnen und kann daher bei z.B. geschichtetem System mit Fehlern behaftet sein.

Eingaben

Anzahl Unterteilungen:

Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi [-]:

Anzahl Lamellen:

Grafische Darstellung

Größe des Erdwiderstands [m]:

☒ Erdwiderstand eph darstellen ☐ Gesamterdwiderstand Eph darstellen

☐ Erdwiderstand eph + Wasserdruck darstellen

☐ Erdwiderstand eph als Treppenfunktion

☐ Gleitflächen darstellen

Für die spätere grafische Darstellung können Sie verschiedene Einstellungen wählen. Die Ergebnisse der Berechnung werden Ihnen zunächst in einer Infobox dargestellt. Über den Knopf "**Ins Klemmbrett**" in dieser Infobox können Sie die Werte über die Windows-Zwischenablage z.B. in ein Word-Dokument einfügen. Nach Verlassen der Infobox wird der berechnete Erddruck im System entsprechend der gewählten Einstellungen dargestellt.

20 Menütitel Info

20.1 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Copyright"

Sie erhalten die Copyrightmeldung mit Informationen zur Versionsnummer des GGU-Programms.

Über den Knopf "**System**" erhalten Sie Informationen zu Ihrem Rechner und den Verzeichnissen, mit denen das GGU-Programm arbeitet.

20.2 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Hilfe"

Sie werden auf die Startseite des Online-Handbuchs zum GGU-Programm geleitet. Die Hilfe-Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste [F1] gestartet werden.

20.3 GGU-STABILITY: Menüeintrag "GGU-Homepage"

Über dieses Menü gelangen Sie zur GGU-Software Homepage:

www.ggu-software.com

Informieren Sie sich auf der Seite Ihres Programm-Moduls in regelmäßigen Abständen über Updates und Änderungen. Auf der Unterseite "**Changelogs**" können Sie auch eine E-Mail-Benachrichtigung abonnieren, die Sie monatlich über alle Änderungen informiert.

20.4 GGU-STABILITY: Menüeintrag "GGU-Support"

Über dieses Menü gelangen Sie zum [GGU-Software Support-Portal](#).

Hier können Sie Ihre Supportanfrage direkt eingeben und Ihre bearbeitete GGU-Programmdatei hochladen.

20.5 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Was ist neu?"

Sie erhalten Informationen über die Neuerungen in Ihrer Version gegenüber älteren Programmversionen.

20.6 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Spracheinstellung"

Sie können unter diesem Menüeintrag die Sprache (Deutsch oder Englisch) für die Darstellung der Grafiken und der Programmmenüs auswählen. Um englischsprachig zu arbeiten, aktivieren Sie die beiden Schalter "**Dialoge + Menüs übersetzen (translate dialogues, menus)**" und "**Graphiktexte übersetzen (translate graphics)**".

Alternativ können Sie auch zweisprachig arbeiten, z.B. mit deutschen Dialogboxen und Menüs, aber einer Grafikausgabe in Englisch. Das Programm startet immer in der Sprache, in der es beendet wurde.

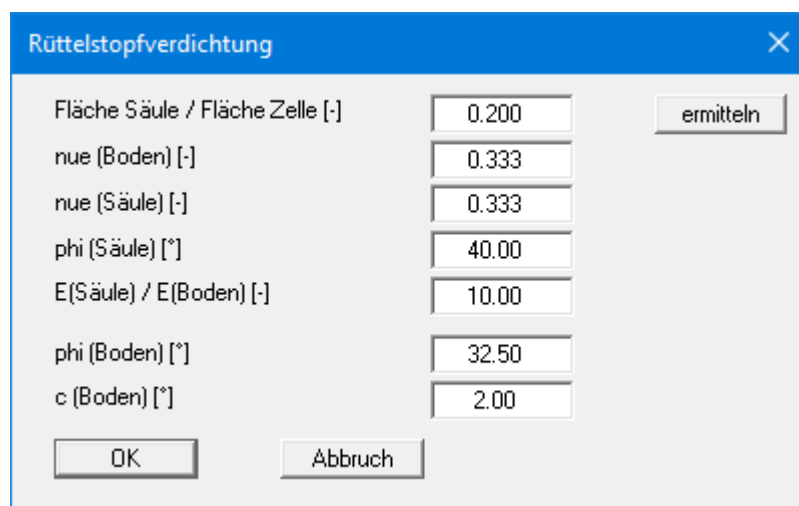
20.7 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Verfahren Kölsch einstellen"

Für die Berechnung von Abfallböschungen hat Kölsch 1996 ein Stoffgesetz entwickelt (siehe "*Der Einfluss der Faserbestandteile auf die Scherfestigkeit von Siedlungsabfall*." Mitteilungen des Leichtweiß-Institutes für Wasserbau der TU Braunschweig, Heft 133/96). Dieses Stoffgesetz ist in **GGU-STABILITY** als "**Verfahren nach Kölsch**" implementiert und kann über diesen Menüeintrag für eine entsprechende Berechnung aktiviert werden. In der Dialogbox der Bodenkennwerte sind dann die für die Berechnung erforderlichen Spalten eingefügt.

Die theoretischen Grundlagen sind im Kapitel "**Allgemeines zur Berechnung mit Faserkohäsion**" erläutert, weitere Literaturhinweise finden Sie im Abschnitt 11.

20.8 GGU-STABILITY: Menüeintrag "Rüttelstopfverdichtung testen"

Über diesen Menüeintrag können Sie mit verschiedenen Bodenkennwerten die Verbesserung über eine Rüttelstopfverdichtung testen.



Parameter	Value
Fläche Säule / Fläche Zelle [-]	0.200
nue (Boden) [-]	0.333
nue (Säule) [-]	0.333
phi (Säule) [°]	40.00
E(Säule) / E(Boden) [-]	10.00
phi (Boden) [°]	32.50
c (Boden) [°]	2.00

Buttons: OK, Abbruch, ermitteln

Über den Knopf "**ermitteln**" können Sie das Flächenverhältnis Säule/Zelle "**A(C)/A**" über verschiedene Rasterverfahren ermitteln lassen. Nach Bestätigen Ihrer eingegebenen Werte mit "**OK**" werden Ihnen die Ergebnisse in einer Infobox dargestellt:

Rüttelstopfverdichtung nach Priebe

Eingaben

Fläche Säule / Fläche Zelle [-] = 0.200
nue (Boden) [-] = 0.333
nue (Säule) [-] = 0.333
phi (Säule) [°] = 40.00
Es(Säule) / Es(Boden) [-] = 10.000

Ergebnis

n0 [-] = 2.180 (ohne Kompressibilität Säulenmaterial)
(A(C)/A)1 [-] = 0.659
delta (A(C)/A)1 [-] = 0.517
n1 [-] = 2.046 (mit Kompressibilität Säulenmaterial)

Ergebnis Reibung und Kohäsion

m' = (n1 - 1) / n1 = 0.511
phi (Boden) = 32.50 °
tan(phi,neu) = m' · tan(phi (Säule)) + (1 - m') · tan(phi (Boden))
phi,neu = 36.51 °

c (Boden) = 2.00 kN/m²
c,neu = (1 - m') · c (Boden)
c,neu = 0.98 kN/m²

OK

Um den Menüeintrag zu beenden, klicken Sie auf "**Abbruch**" in der obigen Dialogbox.

21 GGU-STABILITY: Literatur

- Collins, Kölsch, Ziehmann (1997): Veränderung des Tragverhaltens und der mechanischen Eigenschaften von Abfällen durch Alterung und Abbau. Abschlussbericht DFG Az. Co 76/26-1 bis -5. Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig
- Kölsch (1996): Der Einfluss der Faserbestandteile auf die Scherfestigkeit von Siedlungsabfall. Mitteilungen des Leichtweiß-Institutes für Wasserbau der TU Braunschweig, Heft 133/96
- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (1997): Empfehlungen der Arbeitskreise zur "Geotechnik der Deponien und Altlasten" GDA, Berlin: Ernst, ISBN 3-433-01318-7
- Gömmel, R., Neidhart, T. (2016): Zum Ansatz von Stabilisierungssäulen beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit. 10. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, S. 399–409, Technische Akademie Esslingen e.V. (Hrsg.), ISBN 978-3-943563-21-4