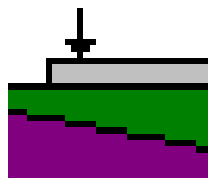


Berechnung von elastisch gebetteten Platten nach dem
Bettungsmodul- und dem Steifemodulverfahren mit
der Finite-Element-Methode

GGU-SLAB

VERSION 12





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
Wuert 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

Inhaltsverzeichnis:

1	Vorab	8
2	Lizenzschutz	9
3	Sprachwahl.....	9
4	Programmstart.....	10
5	Tipps und Tricks	11
5.1	"?"- und "Info"-Knöpfe	11
5.2	Tastatur und Maus	11
5.3	Funktionstasten.....	13
5.4	Rechenfunktionen in Eingabeboxen mit Zahlen	13
5.5	Symbol "Bereich kopieren/drucken"	14
6	Kurzbeschreibung.....	15
6.1	Allgemeines zur Einarbeitung in das Programm	15
6.2	Vorgehensweise Bettungsmodulverfahren	15
6.3	Vorgehensweise Steifemodulverfahren	17
6.4	Hinweise für beide Verfahren	19
7	Beispiele für Plattenberechnungen	20
7.1	Beispiel 1: Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren.....	20
7.1.1	Systembeschreibung (Beispiel 1).....	20
7.1.2	Schritt 1: Berechnungsverfahren wählen (Beispiel 1).....	21
7.1.3	Schritt 2: FE-Netz definieren (Beispiel 1)	21
7.1.4	Schritt 3: Diagonalen des FE-Netzes optimieren (Beispiel 1)	22
7.1.5	Schritt 4: Bettungsmodul zuweisen (Beispiel 1).....	22
7.1.6	Schritt 5: Weg-Randbedingungen zuweisen (Beispiel 1)	23
7.1.7	Schritt 6: Plattenmaterial zuweisen (Beispiel 1)	24
7.1.8	Schritt 7: Platte berechnen (Beispiel 1).....	24
7.1.9	Schritt 8: Auswerten über Einzelwerte (Beispiel 1).....	25
7.1.10	Schritt 9: Biegelinie zeichnen und weitere Auswertungen (Beispiel 1).....	26
7.2	Beispiel 2: Platte mit einer konstanten Bettung.....	27
7.2.1	Systembeschreibung (Beispiel 2).....	27
7.2.2	Schritt 1: Bettungsmodul verändern (Beispiel 2).....	27
7.2.3	Schritt 2: Randbedingungen ändern (Beispiel 2)	27
7.3	Beispiel 3: Berechnung nach dem Steifemodulprofilverfahren.....	29
7.3.1	Systembeschreibung (Beispiel 3).....	29
7.3.2	Schritt 1: Berechnungsverfahren wählen (Beispiel 3).....	29
7.3.3	Schritt 2: Steifemodulprofil definieren (Beispiel 3).....	30
7.3.4	Schritt 3: Steifemodulprofilnetz definieren (Beispiel 3)	31
7.3.5	Schritt 4: Platte berechnen (Beispiel 3).....	32
8	Theoretische Grundlagen	33
8.1	Allgemeine Berechnungsverfahren	33
8.2	Bettungsmodulverfahren	34
8.3	Steifemodulverfahren	35
8.4	Drehfedersteifigkeit von Kreisfundamenten	36
8.5	Vorzeichen und Bezeichnungen	36

9 Erläuterung der Menüeinträge	37
9.1 Menütitel Datei	37
9.1.1 Menüeintrag "Neu"	37
9.1.2 Menüeintrag "Laden"	38
9.1.3 Menüeintrag "Speichern"	38
9.1.4 Menüeintrag "Speichern unter"	38
9.1.5 Menüeintrag "ASCII-Datei lesen"	39
9.1.6 Menüeintrag "ASCII-Datei speichern"	39
9.1.7 Menüeintrag "Protokoll ausgeben"	40
9.1.7.1 Wahl des Ausgabeformates	40
9.1.7.2 Knopf "Ausgabe als Grafik"	41
9.1.7.3 Knopf "Ausgabe als ASCII"	43
9.1.8 Menüeintrag "Drucker einstellen"	44
9.1.9 Menüeintrag "Drucken"	44
9.1.10 Menüeintrag "Mehrere Dateien drucken"	47
9.1.11 Menüeintrag "Beenden"	47
9.1.12 Menüeinträge "1,2,3,4"	47
9.2 Menütitel FE-Netz	48
9.2.1 Menüeintrag "Einstellungen"	48
9.2.2 Menüeintrag "FE-Netz"	48
9.2.3 Menüeintrag "Umriß"	48
9.2.4 Menüeintrag "(FE-)Knoten setzen"	49
9.2.5 Menüeintrag "(FE-Knoten) ändern"	50
9.2.6 Menüeintrag "(FE-Knoten) verschieben"	51
9.2.7 Menüeintrag "(FE-Knoten) editieren"	51
9.2.8 Menüeintrag "Raster"	52
9.2.8.1 Art des Rasters wählen	52
9.2.8.2 Knopf "regelmäßig"	52
9.2.8.3 Knopf "unregelmäßig"	54
9.2.9 Menüeintrag "Kreisplatte, ..."	55
9.2.10 Menüeintrag "(FE-)Netz von Hand"	57
9.2.11 Menüeintrag "(FE-Netz) automatisch"	57
9.2.12 Menüeintrag "(FE-Netz) entspitzen"	57
9.2.13 Menüeintrag "(FE-Netz) löschen"	57
9.2.14 Menüeintrag "(FE-Netz) optimieren"	58
9.2.14.1 Knopf "Diagonalen"	58
9.2.14.2 Knopf "Topologie"	58
9.2.15 Menüeintrag "(FE-Netz) ausrichten"	58
9.2.16 Menüeintrag "einzeln verdichten"	59
9.2.17 Menüeintrag "Ausschnitt (verdichten)"	61
9.2.18 Menüeintrag "alle (verdichten)"	61
9.3 Menütitel Bettung (nur beim Bettungsmodulverfahren)	62
9.3.1 Allgemeiner Hinweis zu Bettungsmodulen	62
9.3.2 Menüeintrag "Standard-Bettung"	62
9.3.3 Menüeintrag "Bettung einzeln"	62
9.3.4 Menüeintrag "(Bettung an FE-Knoten) manipulieren"	62
9.3.5 Menüeintrag "(Bettung) im Ausschnitt"	63

9.3.6	Menüeintrag "Isolinien Bettung"	63
9.3.7	Menüeintrag "Interpolationsnetz"	63
9.3.8	Menüeintrag "Knoten"	64
9.3.9	Menüeintrag "Netz"	64
9.3.10	Menüeintrag "(Bettung an Interpolationsnetz-Knoten) manipulieren"	65
9.3.11	Menüeintrag "Isolinien"	65
9.3.12	Menüeintrag "lesen/speichern"	65
9.3.13	Menüeintrag "zuweisen"	65
9.4	Menütitel Steifemodul (nur beim Steifemodulverfahren)	66
9.4.1	Allgemeiner Hinweis zu Steifemodulen	66
9.4.2	Menüeintrag "Einstellungen"	66
9.4.3	Menüeintrag "Schichten"	67
9.4.4	Menüeintrag "Standardtiefen"	69
9.4.5	Menüeintrag "Isolinien UK Schicht"	70
9.4.6	Menüeintrag "Schichttiefen editieren"	71
9.4.7	Menüeintrag "bestimmen"	71
9.4.8	Menüeintrag "(Schichten) manipulieren"	72
9.4.9	Menüeintrag "im Schnitt darstellen"	72
9.4.10	Menüeintrag "Autonetz"	73
9.4.11	Menüeintrag "Knoten setzen"	73
9.4.12	Menüeintrag "(Knoten) ändern"	74
9.4.13	Menüeintrag "(Knoten) verschieben"	74
9.4.14	Menüeintrag "(Knoten) editieren"	74
9.4.15	Menüeintrag "Netz von Hand"	75
9.4.16	Menüeintrag "automatisch"	75
9.4.17	Menüeintrag "löschen"	75
9.4.18	Menüeintrag "verdichten"	75
9.4.19	Menüeintrag "Speichern/Laden"	75
9.5	Menütitel Rand	76
9.5.1	Menüeintrag "Einstellungen"	76
9.5.2	Menüeintrag "kontrollieren"	76
9.5.3	Menüeintrag "Weg + Lasten einzeln"	77
9.5.4	Menüeintrag "im Ausschnitt (Weg)"	78
9.5.5	Menüeintrag "im Ausschnitt (Last)"	79
9.5.6	Menüeintrag "Streckenlasten"	80
9.5.7	Menüeintrag "Flächenlasten"	81
9.5.8	Menüeintrag "Flächenlasten für Materialien"	81
9.5.9	Menüeintrag "Lasten / Einzelfedern manipulieren"	82
9.5.10	Menüeintrag "Material einzeln"	82
9.5.11	Menüeintrag "(Material) im Ausschnitt"	82
9.5.12	Menüeintrag "Stäbe"	83
9.5.13	Menüeintrag "alle löschen"	83
9.5.14	Menüeintrag "Einzelfedern"	84
9.5.15	Menüeintrag "Einzelfedern im Ausschnitt"	84
9.6	Menütitel System	85
9.6.1	Menüeintrag "Info"	85
9.6.2	Menüeintrag "Dimension + Datensatzbez."	85

9.6.3	Menüeintrag "Material Platte"	85
9.6.4	Menüeintrag "Material Stäbe"	86
9.6.5	Menüeintrag "testen"	86
9.6.6	Menüeintrag "berechnen"	87
9.6.6.1	Optimierung Bandbreite / Wahl des Gleichungslösers	87
9.6.6.2	Berechnung mit dem Bettungsmodulverfahren	87
9.6.6.3	Berechnung mit dem Steifemodulverfahren	88
9.6.7	Menüeintrag "Platte bewehren"	92
9.6.8	Menüeintrag "Gründungssohlen"	93
9.6.9	Menüeintrag "Vorbelastung"	93
9.6.10	Menüeintrag "OK Gelände"	94
9.7	Menütitel Ansicht	95
9.7.1	Menüeintrag "aktualisieren"	95
9.7.2	Menüeintrag "Lupe"	96
9.7.3	Menüeintrag "Stifte"	96
9.7.4	Menüeintrag "Schriftart"	96
9.7.5	Menüeinträge "Mini-CAD" und "CAD für Kopfdaten"	97
9.7.6	Menüeintrag "Symbol- und Statusleiste"	97
9.7.7	Menüeintrag "Symbolleiste 3D"	98
9.7.8	Menüeintrag "Allgemeine Legende"	99
9.7.9	Menüeintrag "Material-Legende"	100
9.7.10	Menüeintrag "Steifemodul-Legende"	101
9.7.11	Menüeintrag "Bewehrungs-Legende"	102
9.7.12	Menüeintrag "Stab-Legende"	102
9.7.13	Menüeintrag "Schnitt-Legende"	103
9.7.14	Menüeintrag "Legenden verschieben"	103
9.7.15	Menüeintrag "Einstellungen speichern"	103
9.7.16	Menüeintrag "Einstellungen laden"	103
9.8	Menütitel Blatt	104
9.8.1	Menüeintrag "Koordinaten neu berechnen"	104
9.8.2	Menüeintrag "graphisch"	104
9.8.3	Menüeintrag "von Hand"	104
9.8.4	Menüeintrag "Blattformat"	105
9.8.5	Menüeintrag "Schriftgrößen"	105
9.8.6	Menüeintrag "Blattränder und Schneidkanten"	106
9.8.7	Menüeintrag "Mini-CAD zuerst zeichnen"	106
9.8.8	Menüeintrag "Rückgängig"	106
9.8.9	Menüeintrag "Wiederherstellen"	106
9.8.10	Menüeintrag "Einstellen"	106
9.9	Menütitel Auswerten	107
9.9.1	Allgemeines zur Darstellung von Isolinien, Kreisen und Tabellen	107
9.9.2	Menüeintrag "Isolinien normal"	108
9.9.3	Menüeintrag "farbig"	109
9.9.4	Menüeintrag "3D"	109
9.9.5	Menüeintrag "3D Raster"	111
9.9.6	Menüeintrag "Kreise"	112
9.9.7	Menüeintrag "Tabelle"	113

9.9.8	Menüeintrag "Werte im Knoten-Schnitt"	114
9.9.9	Menüeintrag "Lage Knoten-Schnitt"	114
9.9.10	Menüeintrag "Beliebiger Schnitt / Drehfedersteifigkeit"	115
9.9.11	Menüeintrag "Lage beliebiger Schnitt"	117
9.9.12	Menüeintrag "Auflager"	117
9.9.13	Menüeintrag "Hauptmomente"	118
9.9.14	Menüeintrag "Bewehrung"	119
9.9.15	Menüeintrag "Stäbe"	120
9.9.16	Menüeintrag "Einzelfedern"	121
9.9.17	Menüeintrag "Summe V"	122
9.9.18	Menüeintrag "Einzelwerte"	122
9.9.19	Menüeintrag "Bettungsmodule"	123
9.9.20	Menüeintrag "Differenz"	123
9.9.21	Menüeintrag "Grenztiefen"	123
9.9.22	Menüeintrag "Isolinien Setzungen"	123
9.10	Menütitel Spezial (nur beim Steifemodulverfahren)	124
9.10.1	Menüeintrag "Spannungsschnitt definieren"	124
9.10.2	Menüeintrag "einstellen"	125
9.10.3	Menüeintrag "Spannungszwiebel Schnitt"	125
9.10.4	Menüeintrag "(Spannungszwiebel) Isolinien normal"	125
9.10.5	Menüeintrag "(Spannungszwiebel) farbig"	125
9.10.6	Menüeintrag "Vertikalsetzungen Schnitt"	126
9.10.7	Menüeintrag "(Vertikalsetzungen) Isolinien normal"	126
9.10.8	Menüeintrag "(Vertikalsetzungen) farbig"	126
9.10.9	Menüeintrag "Setzungsmulde"	126
9.10.10	Menüeintrag "Spannungen für GGU-CONSOLIDATE"	126
9.11	Menütitel Info	127
9.11.1	Menüeintrag "Copyright"	127
9.11.2	Menüeintrag "Maximalwerte"	127
9.11.3	Menüeintrag "Hilfe"	127
9.11.4	Menüeintrag "Plattenbewehrung testen"	127
9.11.5	Menüeintrag "Rüttelstopfverdichtung testen"	127
9.11.6	Menüeintrag "alles drehen"	129
9.11.7	Menüeintrag "GGU-Homepage"	129
9.11.8	Menüeintrag "GGU-Support"	129
9.11.9	Menüeintrag "Was ist neu ?"	129
9.11.10	Menüeintrag "Spracheinstellung"	129
9.11.11	Menüeintrag "Benchmark" (nur beim Steifemodulverfahren)	129
10	Index	130

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen:

<i>Abbildung 1 Beispiel aus Schwarz 1991</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 2 Optimierung von Diagonalen</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 3 FE-Netz für Beispiel-Verdichtung</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 4 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 1</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 5 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 2</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 6 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 3</i>	<i>60</i>
 <i>Tabelle 1 Verschiebungen in Plattenmitte [m]</i>	 <i>25</i>
<i>Tabelle 2 Verschiebungen am unteren Plattenrand [m]</i>	<i>26</i>

1 Vorab

Das Programm **GGU-SLAB** kann Platten nach dem Bettungsmodulverfahren und dem Steifemodulverfahren berechnen. Zur Lösung der Differentialgleichung wird das Finite-Element-Verfahren mit Dreieckselementen verwendet. Der Bettungsmodulverlauf kann nahezu beliebig variiert werden. Die Steifemodulverteilung kann über Schichtenprofile und ein Interpolationsnetz definiert werden. Damit können alle denkbaren Schichtungen erzeugt werden. Der Einfluss einer Rüttelstopfverdichtung nach Priebe kann untersucht werden.

Weitere wesentliche Leistungsmerkmale sind:

- Grenztiefenberechnung nach DIN 4019 beim Steifemodulverfahren
- Beliebige Plattenberandungen auch mit Löchern
- Linear veränderliche Bettung innerhalb eines Elements
- Stabelemente zur Modellierung von z.B. Fundamentbalken
- Einzelfedern, senkrecht zur Platte, z.B. zur Modellierung von Pfählen

Das Programmsystem verfügt über einen leistungsfähigen Netzgenerator und komfortable Auswerterroutinen für die Berechnungsergebnisse (Höhenlinienpläne, 3D-Grafiken, etc.).

Das Programmsystem beinhaltet eine komfortable Dateneingabe. Auf das Lesen des Handbuchs kann größtenteils verzichtet werden, weil zu nahezu allen geotechnischen und programmspezifischen Fragestellungen in den Dialogboxen

"?"-Knöpfe  und "Info"-Knöpfe 

vorhanden sind. Durch Anklicken der "?"- oder "Info"-Knöpfe erhalten Sie die notwendigen Informationen (siehe auch Abschnitt 5.1).

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**").

Es ist nicht die Aufgabe dieses Handbuches, eine Einführung in die Methode der Finiten Elemente zu geben. Für Details zur Finite-Element-Methode wird auf O. C. Zienkiewicz, "Methode der Finiten Elemente", Carl Hanser Verlag München Wien 1984, verwiesen.

Das Programmsystem wurde bereits bei einer Vielzahl von Projekten eingesetzt und ist ausführlich getestet (anhand von analytischen Lösungen und im Vergleich mit anderen Finite-Element-Programmen). 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 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. Vereinfachend bezeichnen wir im Weiteren Ihren Rechner mit installiertem CodeMeter Runtime Kit und CmContainer als *CodeMeter-Lizenzserver*.

Wir verwenden 3 alternative CmContainer-Arten, die auf Ihrem CodeMeter-Lizenzserver eingesetzt werden können:

- CmStick
Die Lizenz für Ihr GGU-Programm wird in einem USB-Dongle gespeichert.
- CmActLicense (Softlizenz, nicht für virtuelle PC/Server)
Die Lizenz für Ihr GGU-Programm 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 GGU-Programme prüfen beim Start und während der Laufzeit, ob eine entsprechende Lizenz auf einem CmContainer vorhanden ist.

3 Sprachwahl

GGU-SLAB ist ein zweisprachiges Programm. 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 (siehe Abschnitt 9.11.10).

4 Programmstart

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

- Datei
- Info

Unter dem Menütitel "**Datei**" können Sie entweder über "**Laden**" ein bereits bearbeitetes System laden oder über "**Neu**" ein neues System erstellen. Das Programm erleichtert Ihnen hier die Systemeingabe, indem Sie nach Klicken auf "**Neu**" direkt die Dialogbox erhalten, die Sie auch über den Menüeintrag "**Datei / Neu**" aufrufen (siehe Abschnitt 9.1.1). Sie wählen in der Dialogbox das Berechnungsverfahren und das anzuwendende Sicherheitskonzept aus. Nach Bestätigung Ihrer Eingaben sehen Sie am oberen Fensterrand neun bzw. zehn Menütitel:

- Datei
- FE-Netz
- Steifemodul bzw. Bettung
- Rand
- System
- Ansicht
- Blatt
- Auswerten
- Spezial (nur beim Steifemodulverfahren)
- Info

Nach dem Anklicken eines Menütitels klappen die so genannten Menüeinträge herunter, 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 **GGU-SLAB** 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 voreingestellt auf 1,0 steht, was einem DIN A3-Blatt entspricht.

5 Tipps und Tricks


5.1 "?"- und "Info"-Knöpfe

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

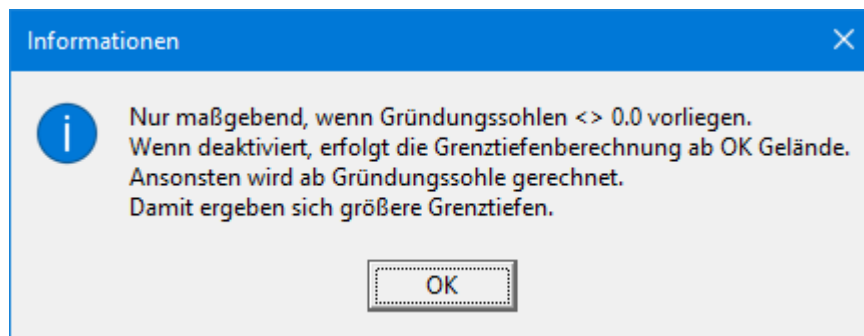
"?"-Knöpfe  und "Info"-Knöpfe 

vorhanden sind. Durch Anklicken der Knöpfe erhalten Sie die notwendigen Informationen.

In der Dialogbox "**System / berechnen**" finden Sie beispielsweise den Schalter:

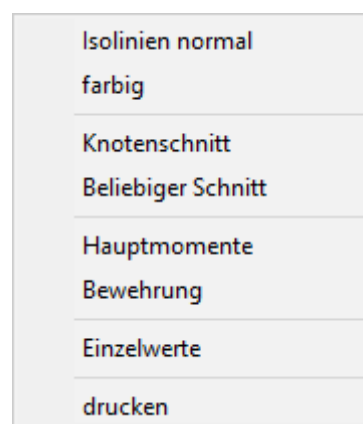
☒ Grenztiefe mit Gründungssohlen 

Wenn Sie auf das Fragezeichen dahinter klicken, erhalten Sie die folgende Info-Box:



5.2 Tastatur und Maus

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



Mit einem Doppelklick der linken Maustaste über Legenden 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]/[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.

Mit den Cursortasten und den **[Bild auf]**- und **[Bild ab]**-Tasten können Sie ein Scrollen des Bildschirms über die Tastatur erreichen. Durch Klicken und Ziehen der Maus bei gedrückter **[Strg]**-Taste aktivieren Sie die Lupenfunktion, d. h. der mit der Maus aufgezugene Fensterausschnitt wird bildschirmfüllend dargestellt.

Um in die Bildschirmdarstellung rein- oder rauszuzoomen oder diese zu verschieben, können Sie auch das **Mausrad** nutzen. Beim ersten Starten des Programms ist als Standard für die Mausradbedienung die Einstellung nach Windowskonventionen 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 rauszoomen)

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**" (s. Abschnitt 9.7.2). 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.

Sie können sich die Eingabe von Systemen vereinfachen, wenn Sie eine Grafik oder DXF-Datei des Systems über das **Mini-CAD** einbinden (siehe Handbuch "**Mini-CAD**"). Die Größe der Grafik oder DXF-Daten kann maßstabsgerecht eingestellt werden. Das muss aber für die Netzgenerierung nicht zwangsläufig sein. Wenn Sie mit einer Grafik nicht maßstabsgerecht das System nachbilden, können Sie nach abgeschlossener Eingabe über den Menüeintrag "**FE-Netz / (Knoten) ändern**" Knopf "**über Formel**" eine Maßstabskorrektur vornehmen.

5.3 Funktionstasten


Einige Funktionstasten sind mit Programmfunktionen belegt. Die Zuordnung ist hinter den entsprechenden Menüeinträgen vermerkt. Die Belegung der Funktionstasten im Einzelnen:

- **[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.
- **[F3]** ruft den Menüeintrag "**FE-Netz / (FE-)Knoten setzen**" auf.
- **[F4]** ruft den Menüeintrag "**FE-Netz / (FE-)Netz von Hand**" auf.
- **[F5]** ruft den Menüeintrag "**System / berechnen**" auf.
- **[F6]** ruft den Menüeintrag "**System / Platte bewehren**" auf.
- **[F7]** ruft den Menüeintrag "**FE-Netz / alle (verdichten)**" auf.
- **[F9]** ruft den Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten neu berechnen**" auf.
- **[F11]** ruft den Menüeintrag "**Ansicht / Legenden verschieben**" auf.

5.4 Rechenfunktionen in Eingabeboxen mit Zahlen

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: 2^5	→	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. $\sin(32^\circ)$	→	$\sin(32)$
$\cos(5,23^\circ)$	→	$\cos(5,23)$
$\tan(45^\circ)$	→	$\tan(45)$
$\arctan(1,0)$	→	$atan(1,0) = 45^\circ$
Logarithmus naturalis $\ln(4,53)$	→	$\ln(4,53) = 1,5107$
Exponentialfunktion: $e^{1,5107}$	→	$ep(1,5107) = 4,53$

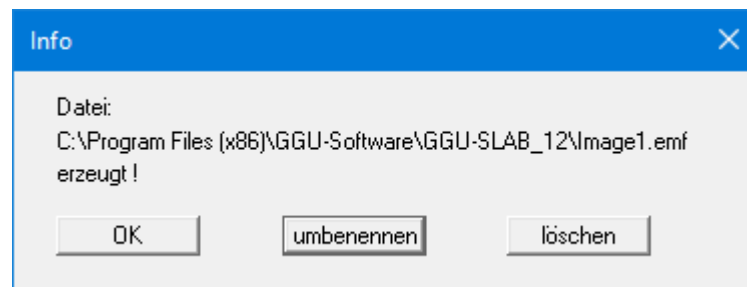
5.5 Symbol "Bereich kopieren/drucken"

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:



Die Datei wird standardmäßig in dem Ordner gespeichert, in dem Sie das Programm starten, 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.

6 Kurzbeschreibung

6.1 Allgemeines zur Einarbeitung in das Programm

Da das Lesen von Handbüchern aus eigener Erfahrung lästig ist, folgt eine Kurzbeschreibung der wesentlichen Programmfunktionen. Sie sind nach dem Studium dieses Abschnitts nach kurzer Zeit in der Lage, eine Platte mit der Finite-Element-Methode zu berechnen. Feinheiten des Programms können Sie den weiteren Kapiteln entnehmen.

Da das Programm sowohl nach dem Bettungsmodulverfahren als auch nach dem Steifemodulverfahren rechnen kann, erfolgt die Erläuterung getrennt. Auch wenn Sie nur das Steifemodulverfahren einsetzen wollen, sollten Sie dennoch das nachfolgende Kapitel über den Einsatz des Bettungsmodulverfahrens lesen. Zur Übung ist es auch empfehlenswert, zunächst eine Platte nach dem Bettungsmodulverfahren zu berechnen, da die Eingabe etwas einfacher ist und Sie somit ohne unnötigen Ballast mit dem Programm vertraut werden.

Neben der Kurzbeschreibung enthält das letzte Kapitel dieses Handbuchs ein konkretes Beispiel, an dem die Bedienung des Programms ausführlich gezeigt wird.

6.2 Vorgehensweise Bettungsmodulverfahren

- Entwerfen Sie das System, das Sie berechnen wollen.
- Starten Sie das Programm **GGU-SLAB** und wählen den Menüeintrag "**Datei / Neu**". Wählen Sie den Typ des Systems (hier Bettungsmodulverfahren) und das Sicherheitskonzept.
- Passen Sie die Blattkoordinaten gegebenenfalls an die Ihres Systems an. Benutzen Sie dazu den Menüeintrag "**Blatt / von Hand**".
- Wählen Sie anschließend den Menüeintrag "**FE-Netz / Knoten setzen**".
- Klicken Sie maßgebende Knoten (Punkte) Ihres Systems mit der Maus an. Die Punkte werden durchnummeriert. Alternativ können Sie die Knoten Ihres Systems auch mit dem Menüeintrag "**FE-Netz / ändern**" in Tabellenform eingeben. Bei der Neudefinition von Knoten wird den neuen Knoten der *Standard-Bettungsmodul* zugewiesen, der unter dem Menüeintrag "**Bettung / Standard-Bettung**" verändert werden kann.
- Wenn die Knoten außerhalb der Blattkoordinaten liegen, wählen Sie den Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten neu berechnen**" oder Funktionstaste [F9].
- Wählen Sie anschließend den Menüeintrag "**FE-Netz / Netz von Hand**" und fassen Sie jeweils drei Knoten zu einem Dreieckselement zusammen. Auf diese Weise erzeugen Sie eine Grobstruktur Ihres Systems. Alternativ können Sie über den Menüeintrag "**FE-Netz / automatisch**" diese Arbeit auch vom Programm erledigen lassen.
- Wenn Sie die Lage von Netzknoten ändern wollen, wählen Sie den Menüeintrag "**FE-Netz / editieren**", "**FE-Netz / ändern**" oder "**FE-Netz / verschieben**".
- Falls Sie eine einfache Rechteckplatte mit unterschiedlichem Stützenraster berechnen wollen, können Sie über den Menüeintrag "**FE-Netz / Raster**" (Knopf "**unregelmäßig**") die Netzgenerierung in wenigen Sekunden erledigen.
- Wenn Sie die Bettungsmodule verändern wollen, benutzen Sie die Menüeinträge "**Bettung / Bettung einzeln**", "**Bettung / manipulieren**" oder "**Bettung / im Ausschnitt**". Mit "**Bettung / Isolinien Bettung**" können Sie sich einen Überblick über die gewählte Verteilung der Bettungsmodule verschaffen.
- Wenn Sie ein Dreieckselement löschen wollen, wählen Sie wieder den Menüeintrag "**FE-Netz / Netz von Hand**" und klicken Sie die drei Eckknoten des entsprechenden Elements an. Probieren Sie unter diesem Menüeintrag den Doppelklick in ein Dreieckselement.

- Wenn Sie Dreieckselementen unterschiedliche Materialkennwerte (z.B. eine andere Plattendicke) zuweisen wollen, verwenden Sie den Menüeintrag "**Rand / Material einzeln**" oder "**Rand / (Material) im Ausschnitt**" und vergeben für einzelne oder mehrere Elemente unterschiedliche Materialnummern. Im Menüeintrag "**System / Material Platte**" erscheint für jede Materialnummer eine Eingabezeile.
- Den Bildschirmaufbau können Sie mit der Taste [ESC] oder [F2] jederzeit aktualisieren.
- Machen Sie aus der Grobstruktur Ihres Systems eine Feinstruktur, indem Sie den Menüeintrag "**FE-Netz / einzeln verdichten**", "**FE-Netz / Ausschnitt**" oder "**FE-Netz / alle**" auswählen.
- Auch nach einer Netzverdichtung können Sie Ihr System mit "**FE-Netz / Knoten setzen**", "**FE-Netz / Netz von Hand**" usw. nach Belieben verändern.
- Um ein numerisch günstiges FE-Netz zu erhalten, sollten Sie in jedem Fall den Menüeintrag "**FE-Netz / optimieren**" und hier den Knopf "**Diagonalen**" anwählen.
- Erzeugen Sie zur Demonstration mit dem Menüeintrag "**FE-Netz / verschieben**" ein oder mehrere spitzwinklige und damit numerisch ungünstige Dreieckselemente. Wählen Sie anschließend den Menüeintrag "**FE-Netz / optimieren**" (Knopf "**Topologie**") und verfolgen Sie am Bildschirm die Wirkung.
- Definieren Sie z.B. über den Menüeintrag "**Rand / Weg einzeln**" oder "**Rand / (Weg) im Ausschnitt**" die für Ihr System maßgebenden Weg-Randbedingungen.
- Definieren Sie z.B. über den Menüeintrag "**Rand / Einzellast**", "**Rand / Streckenlast**" usw. die für Ihr System maßgebenden Kraft-Randbedingungen.
- Ändern Sie, wenn gewünscht, die Materialnummern mit dem Menüeintrag "**Rand / Material einzeln**".
- Ändern Sie, wenn erforderlich, die Materialkennwerte unter dem Menüeintrag "**System / Material Platte**".
- Falls Stabelemente (z.B. Unterzüge) im System vorhanden sind, definieren Sie die Lage der Stabelemente über den Menüeintrag "**Rand / Stäbe**", indem Sie entlang der gewünschten Knoten einen *Schnitt* legen. Nach dem Drücken der [Return]-Taste ordnen Sie den definierten Stäben eine Materialnummer zu. Die Stabsteifigkeiten (EJ und GJ) können Sie anschließend unter "**System / Material Stäbe**" ändern.
- Falls Sie den Einfluss von senkrecht zur Platte liegenden Einzelfedern (z.B. Pfähle oder nachgiebige Stützen) simulieren wollen, wählen Sie den Menüeintrag "**Rand / Einzelfedern**" und klicken die Systemknoten an, denen Sie eine Einzelfeder zuweisen wollen. Geben Sie anschließend die Federkonstante ein.
- Eine einfache Kontrolle der definierten Randbedingungen ist über den Menüeintrag "**Rand / kontrollieren**" möglich.
- Wenn Sie die Netzgenerierung abgeschlossen haben, wählen Sie den Menüeintrag "**System / berechnen**" und starten damit die Berechnung. Vor der Berechnung wird gegebenenfalls noch eine Bandbreitenoptimierung vom Programm automatisch durchgeführt, um ein numerisch günstig konfiguriertes Gleichungssystem zu erhalten. Das Programm fragt Sie nach der Bandbreitenoptimierung noch, welchen Gleichungslöser Sie verwenden möchten. Klicken Sie auf "**Info Gleichungslöser**", wenn Sie nicht genau wissen, welchen der beiden Sie benutzen wollen. Falls Sie eine bei Böden nicht mögliche Zugbettung ausschalten wollen, setzen Sie den entsprechenden Schalter in der *Startdialogbox*. Das Programm prüft dann nach Abschluss der Berechnung, ob gebettete Plattenbereiche abheben. In entsprechenden Bereichen wird der Bettungsmodul auf "0" gesetzt und die Berechnung erneut durchgeführt. Dieser Prozess wird iterativ so lange fortgesetzt, bis alle gebetteten Plattenbereiche ohne Zugbettung sind.
- Nach Abschluss der Berechnung können Sie, wenn gewünscht, die Ergebnisse in Protokollform auf einem Drucker ausgeben oder in eine Datei schreiben. Im Allgemeinen ist jedoch diese Form der Ergebnisübergabe wenig anschaulich.

- Gehen Sie daher sofort zum Menütitel "**Auswerten**" über. Hier sind vielfältige Auswertungsmöglichkeiten vorhanden. Besonders eindrucksvoll ist der Menüeintrag "**Auswerten / farbig**" oder auch der Menüeintrag "**Auswerten / 3D Raster**". Die darauf erscheinenden Dialogboxen können Sie fast immer mit dem "**OK**"-Knopf bestätigen, ohne dass Änderungen vorgenommen werden müssen. Das Programm macht im Allgemeinen sinnvolle Vorgaben. Nur den Schalter "**Extremwerte ermitteln**" sollten Sie einmal anklicken, ansonsten erfolgt eine Fehlermeldung mit Korrekturhinweis.
- Wenn Ihr angeschlossener Drucker farbfähig und unter WINDOWS korrekt installiert ist, können Sie durch Auswahl des Menüeintrags "**Datei / Drucken**" und Betätigen des Schalters "**Drucker**" in der darauf erscheinenden Dialogbox eine Farbausgabe auf dem Drucker erzeugen. Bei Schwarzweißgeräten wird mit Grauschattierungen gearbeitet.
- Experimentieren Sie mit den Beispieldatensätzen.

6.3 Vorgehensweise Steifemodulverfahren

Die Definition des FE-Netzes folgt der Vorgehensweise beim Bettungsmodulverfahren. Lesen Sie dazu unbedingt vorher Abschnitt 6.2. Der Menütitel "**Bettung**" ist jetzt jedoch durch den Menütitel "**Steifemodul**" ersetzt.

Für eine Berechnung mit dem Steifemodulverfahren ist die Definition eines Dreiecksnetzes erforderlich, das nichts mit dem FE-Netz zu tun hat. Die Knoten dieses Dreiecksnetzes werden von den Bohrpunkten gebildet. Die Bohrpunkte werden dann zu einem Dreiecksnetz verbunden, aus dem das Programm an jedem Punkt das Steifemodulprofil interpolieren kann. Gehen Sie zur Definition der Bohrpunkte wie folgt vor:

- Wählen Sie zunächst den Menüeintrag "**Steifemodul / Schichten**". In der Dialogbox können Sie die Bodenkennwerte und die Anzahl der Schichten ändern. Klicken Sie auf den Knopf "**Anzahl Schichten ändern**" und geben anschließend die neue Schichtanzahl an.
- Danach sollten Sie (nicht zwangsläufig erforderlich) den Menüeintrag "**Steifemodul / Standardtiefen**" anwählen. Wenn Sie unter dem Menüeintrag "**Steifemodul / Schichten**" drei Schichten definiert haben, werden in dieser Dialogbox drei Schichttiefen angezeigt. Die zugehörigen Bodenkennwerte sind als Information ebenfalls aufgeführt. Die angegebenen Tiefen können Sie nach eigenen Wünschen ändern. Die Tiefen werden in m unter OK Gelände eingegeben. Bei der nachfolgenden Definition von Dreiecksknoten werden diese Schichttiefen den entsprechenden Knoten zugewiesen. Sie können die Schichttiefen anschließend für jeden Knoten beliebig ändern. Wenn das Steifemodulprofil jedoch für fast alle Knoten des Dreiecksnetzes gleich ist, können Sie über die anfängliche Definition von Standardtiefen Eingabearbeit einsparen. Wenn Sie den Schalter "**für alle**" wählen, werden allen bereits vorhandenen Dreiecksknoten diese Tiefen zugewiesen.
- Nach diesen Vorarbeiten können Sie nun die Lage von Dreiecksknoten (Bohrpunkte) festlegen. Auf dem Bildschirm ist ein Koordinatensystem sichtbar. Falls der dargestellte Bereich nicht dem Grundrissbereich Ihres Systems entspricht, gehen Sie zum Menüeintrag "**Blatt / von Hand**" und geben Sie in der Dialogbox die Werte für Ihr System ein.
- Danach wählen Sie den Menüeintrag "**Steifemodul / Knoten setzen**" (nicht den Menüeintrag "**FE-Netz / Knoten setzen**" nehmen !!!!!). Klicken Sie mit der linken Maustaste die Lage von Dreiecksknoten (= Lage von Punkten, an denen Sie das Steifemodulprofil kennen) an. Oben in der Fensterleiste des Programms werden die aktuellen Koordinaten der Mauszeigerspitze angezeigt. Versehentlich falsche Eingaben können Sie durch Anklicken des Knotens mit der rechten Maustaste rückgängig machen. Wenn Sie zwischendurch die [ESC]-Taste oder [F2] drücken, wird der Bildschirm aktualisiert und Sie sehen eine grafische Darstellung der Steifemodulprofile.

- Wenn Ihnen die Darstellung zu klein oder zu groß erscheint, gehen Sie zum Menüeintrag "**Steifemodul / Einstellungen**" und stellen die Faktoren für die Darstellung der Steifemodulprofilbreite bzw. -tiefe nach Ihren Wünschen ein.
- Alternativ zur Eingabe der Koordinaten mit der Maus können Sie auch die Werte in Tabellenform eingeben. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Steifemodul / ändern**".
- Nach der Eingabe von Knoten können Sie nun die Tiefen der einzelnen Schichten an den Knoten ändern. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Steifemodul / Schichttiefen editieren**". Danach reicht ein Doppelklick in der Nähe des Knotens, um folgende Dialogbox aufzurufen:

Nr	UK [m u GOK]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	3.00	1.00	14.00	0.000	Klei
2	7.00	20.00	9.00	0.000	Sand, schluffig

Diese Box ist absolut identisch mit der Box für die Standardtiefen. Nur beziehen sich eventuelle Änderungen auf den aktuellen Knoten. Die Tiefen werden in m unter OK Gelände eingegeben.

- Nachdem Sie mindestens 3 Knoten (Bohrpunkte) definiert haben, müssen Sie diese Knoten zu einem Dreiecksnetz verbinden, damit das Programm die Interpolation bei der Berechnung ausführen kann. Es gibt zwei Möglichkeiten:

"Steifemodul / Netz von Hand"

Sie klicken jeweils drei Knoten an, die anschließend zu einem Dreieck zusammengefasst werden. Versehentlich falsch eingegebene Dreiecke können durch nochmaliges Anklicken der drei Knoten gelöscht werden.

"Steifemodul / automatisch"

Das Programm führt anschließend eine so genannte Triangulation aus und fasst alle Knoten zu einem Dreiecksnetz zusammen. Auch danach haben Sie die Möglichkeit Dreiecke zu löschen, indem Sie über "**Steifemodul / Netz von Hand**" die drei Knoten eines Dreiecks anklicken. Wenn ein Dreiecksnetz bereits vorhanden ist, werden Sie vor der Triangulation gefragt, ob das vorhandene Netz gelöscht werden soll. Wählen Sie nur in Ausnahmefällen den Knopf "**ergänzen**", da die Triangulation nach gewissen Gesetzmäßigkeiten abläuft, die unter Umständen eine sinnvolle Ergänzung eines zuvor von Hand eingegebenen Teilnetzes nicht zulässt.

Im Gegensatz zum Bettungsmodulverfahren erfordert das Steifemodulverfahren einen Iterationsprozess. Im ersten Schritt werden die Setzungen an allen FE-Netzknoten infolge einer konstanten Belastung von 1 kN/m^2 auf den FE-Elementen berechnet. Dazu wird die Boussinesq-Gleichung numerisch integriert, da derzeit eine analytische Lösung für dieses Problem noch nicht existiert. Die an den Knoten vorhandenen Pressungen (im ersten Schritt = 1 kN/m^2 ; in allen folgenden Iterationsschritten = $k_s \cdot w$) werden durch die berechneten Setzungen geteilt, um knotenweise den Bettungsmodul zu erhalten. Daraufhin erfolgt eine Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren mit der Bestimmung der Knotenverschiebungen. Weicht die Differenz der Plattenverschiebungen von den Setzungen um ein von Ihnen beim Berechnungsstart vorgegebenen Wert ab, wird die Iteration fortgesetzt.

Beim Steifemodulverfahren wird mit einer Grenztiefe gerechnet, die der Unterkante des Steifemodulprofiles entspricht. Alternativ kann eine Grenztiefenberechnung nach DIN 4019 erfolgen. Dazu wird der entsprechende Schalter in der Dialogbox "**System / berechnen**" aktiviert (siehe Abschnitt 9.6.6.3).

6.4 Hinweise für beide Verfahren

Nach erfolgter Berechnung kann die Platte gemäß EC 2/DIN 1045 bewehrt werden (Menüeintrag "**System / Platte bewehren**"). Für die Schubbemessung werden an Auflagerpunkten die hier berechneten Auflagerkräfte verwendet ansonsten die Querkräfte, die sich aus der ersten Ableitung der Momente ergeben.

Anmerkung:

Die Querkraftberechnung ist ein grundsätzliches Problem bei Finite-Element-Verfahren, da wegen der Ableitung eine Aufrauung des Funktionsverlaufs entsteht. Denken Sie weiterhin daran, dass alle Finite-Element-Methoden Näherungsverfahren sind. Die Qualität der Näherung steigt mit zunehmender Netzdichte. In der aktuellen Version können Systeme berechnet werden, die maximal 45000 Dreieckselemente und Knoten enthalten.

Die Kurzerläuterung zeigt, dass zur Berechnung einer Platte nur wenige Menüeinträge angewählt werden müssen. Alle weiteren Menüeinträge dienen im Wesentlichen der Datensicherung, dem Layout und gegebenenfalls einer weitergehenden Auswertung der Berechnung. Die Erläuterung erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln.

7 Beispiele für Plattenberechnungen

7.1 Beispiel 1: Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren

7.1.1 Systembeschreibung (Beispiel 1)

Nachfolgend wird an einem konkreten Beispiel eine Plattenberechnung gezeigt. Das Beispiel ist entnommen aus

- H. R. Schwarz
Methode der finiten Elemente, Teubner, Stuttgart 1991

Das Beispiel ist in Abschnitt 6.1.5.2 dieses Buchs auf Seite 391 ff. dargestellt. Es handelt sich um eine Brückenplatte mit folgenden Abmessungen:

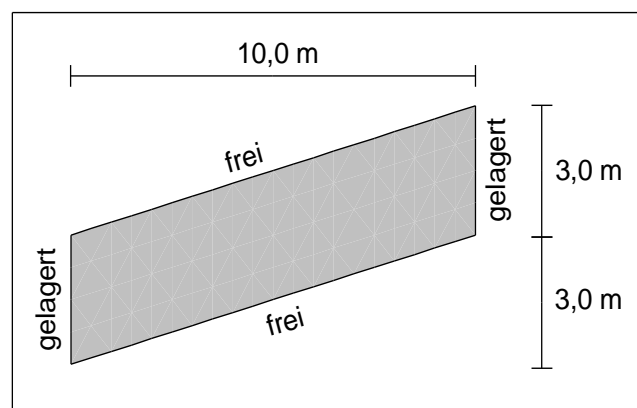


Abbildung 1 Beispiel aus Schwarz 1991

Folgende Plattenwerte liegen vor:

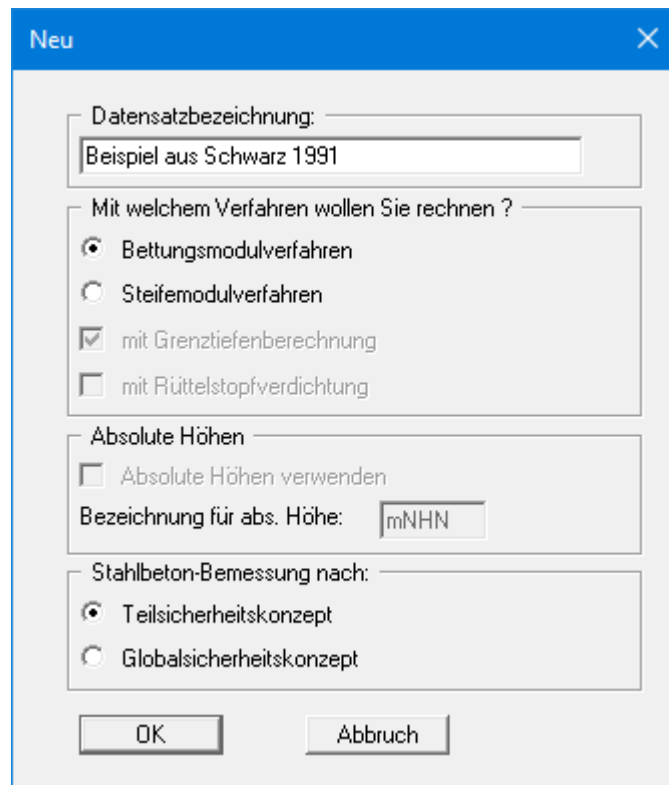
- Dicke d der Platte = 0,40 m
- Elastizitätsmodul des Betons = 40.000,0 MN/m²
- Querkontraktionszahl des Betons = $1/6 = 0,1667$
- Spezifisches Gewicht des Betons = 2,548 g/cm³ $\rightarrow \gamma = 25$ kN/m³

Die Belastung der Platte resultiert allein aus dem Eigengewicht.

Da es sich um eine Brückenplatte handelt, wird das System zunächst ohne Bettung berechnet.

7.1.2 Schritt 1: Berechnungsverfahren wählen (Beispiel 1)

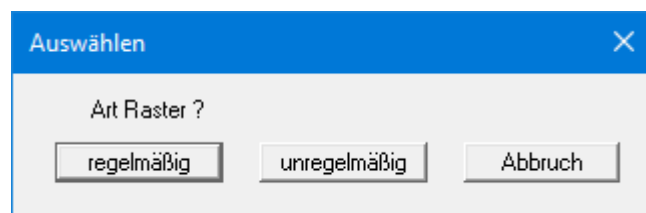
Starten Sie das Programm und wählen Sie den Menüeintrag "**Datei / Neu**".



Wählen Sie in der Dialogbox den Knopf "**Bettungsmodulverfahren**" und "**Teilsicherheitskonzept**".

7.1.3 Schritt 2: FE-Netz definieren (Beispiel 1)

Es handelt sich um ein Vierecksystem. Die Erzeugung des Netzes erfolgt am einfachsten über den Menüeintrag "**FE-Netz / Raster**".



Wählen Sie den Knopf "**regelmäßig**" und dann den Knopf "**Viereck**".

FE-Knoten im Viereck

x (links unten) =	<input type="text" value="0.000"/>	y (links unten) =	<input type="text" value="0.000"/>
x (links oben) =	<input type="text" value="0.000"/>	y (links oben) =	<input type="text" value="3.000"/>
x (rechts unten) =	<input type="text" value="10.000"/>	y (rechts unten) =	<input type="text" value="3.000"/>
x (rechts oben) =	<input type="text" value="10.000"/>	y (rechts oben) =	<input type="text" value="6.000"/>
Anzahl Raster in x =	<input type="text" value="20"/>	Anzahl Raster in y =	<input type="text" value="4"/>

Netz

☒ Vorhandene Knoten löschen

Unverschiebbliche Ränder

<input type="checkbox"/> oben	
<input checked="" type="checkbox"/> links	<input checked="" type="checkbox"/> rechts
<input type="checkbox"/> unten	

Geben Sie die Zahlen wie in der Dialogbox ein. Aktivieren Sie den Schalter "**Vorhandene Knoten löschen**". Die Definition der unverschiebblichen rechten und linken Systemränder können Sie bereits in der obigen Dialogbox durch Aktivieren der Schalter "**rechts**" und "**links**" erledigen. Wenn Sie alle Schalter deaktivieren (= alle Ränder sind frei aufgelagert), definieren Sie die unverschiebblichen Ränder erst in Schritt 5 (siehe Abschnitt 7.1.6).

Die Platte wird dargestellt. Wählen Sie den Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten neu berechnen**", um eine bildschirmfüllende Darstellung des Systems zu erreichen.

7.1.4 Schritt 3: Diagonalen des FE-Netzes optimieren (Beispiel 1)

Im Normalfall wird Ihnen ein optimales FE-Netz generiert. Für dieses Beispiel gehen Sie auf den Menüeintrag "**FE-Netz / optimieren**" und wählen den Knopf "**Diagonalen**". Das Netz entspricht anschließend dem Beispiel von Schwarz.

7.1.5 Schritt 4: Bettungsmodul zuweisen (Beispiel 1)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Bettung / Standard-Bettung**".

Standardbettungsmodul

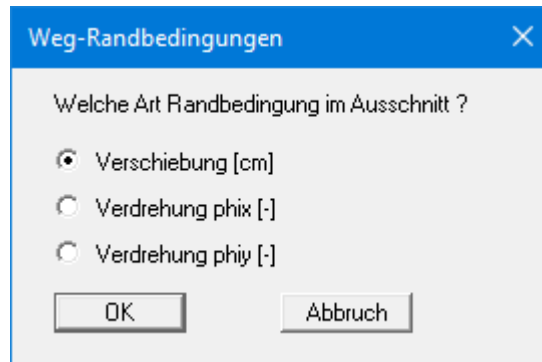
Standardbettungsmodul [kN/m²]:

Geben Sie eine **0** als Bettung ein und betätigen den Knopf "**für alle**". Damit wird allen Knoten diese Bettung zugewiesen.

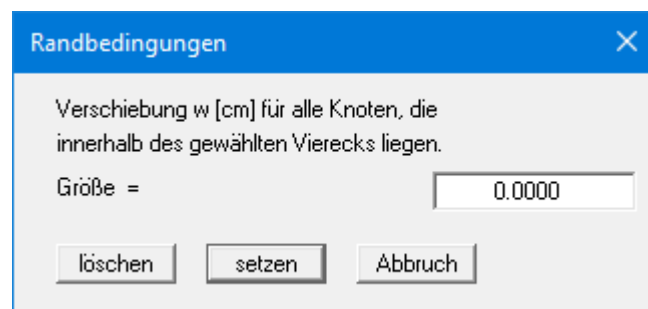
7.1.6 Schritt 5: Weg-Randbedingungen zuweisen (Beispiel 1)

Wenn Sie die unverschieblichen Ränder links und rechts des Systems bereits mit der Definition des FE-Netzes über die Rasterfunktion erzeugt haben (siehe "**Schritt 2: FE-Netz definieren**"), kann dieser Schritt übersprungen werden.

Ansonsten wählen Sie den Menüeintrag "**Rand / (Weg) im Ausschnitt**".



Aktivieren Sie den Schalter "**Verschiebung [cm]**" und verlassen Sie die Box mit "**OK**". Umfahren Sie dann die linken 5 Knoten des Systems mit dem Viereck. Sie erhalten folgende Dialogbox:



Betätigen Sie den Knopf "**setzen**". Damit wird dem linken Rand eine vertikal unverschiebliche Lagerung zugewiesen. Machen Sie das gleiche für die rechten 5 Knoten des Systems. Die freien Ränder am oberen und unteren Plattenrand müssen nicht extra definiert werden. Der Fall der freien Auflagerung gilt an allen Rändern, an denen keine Kraft- oder Weg-Randbedingung vorgegeben ist (siehe auch Abschnitt 8.2).

Prüfen Sie, wenn Sie wollen, die eingegebenen Randbedingungen über den Menüeintrag "**Rand / kontrollieren**".

7.1.7 Schritt 6: Plattenmaterial zuweisen (Beispiel 1)

Wählen Sie den Menüeintrag "System / Material Platte".

	Bezeichnung	E	Dicke	gamma	nue	d(1) oben	d(2) oben	d(1) unten	d(2) unten
		[kN/m²]	[m]	[kN/m³]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	Beton	4.0000E+7	0.4000	25.0000	0.167	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450

Geben Sie die Werte der Dialogbox ein. Die Zahleneingabe für d(1)oben, d(2)oben, d(1)unten und d(2) unten sind nur für eine spätere Bewehrung der Platte wichtig. Damit ist der Abstand des Schwerpunktes der Bewehrung von oberen bzw. unteren Plattenrand für die Hauptbewehrungsrichtungen **1** und **2** gemeint.

7.1.8 Schritt 7: Platte berechnen (Beispiel 1)

Wählen Sie den Menüeintrag "System / berechnen" und lassen Sie ggf. die Bandbreite optimieren. Betätigen Sie den Knopf "starten".

Berechnung starten

Bandbreite = 21

Bettungsmodulberechnung

☐ Zugbettung unterbinden

Momentenermittlung nach:

☒ Verfahren 1 (empfohlen)

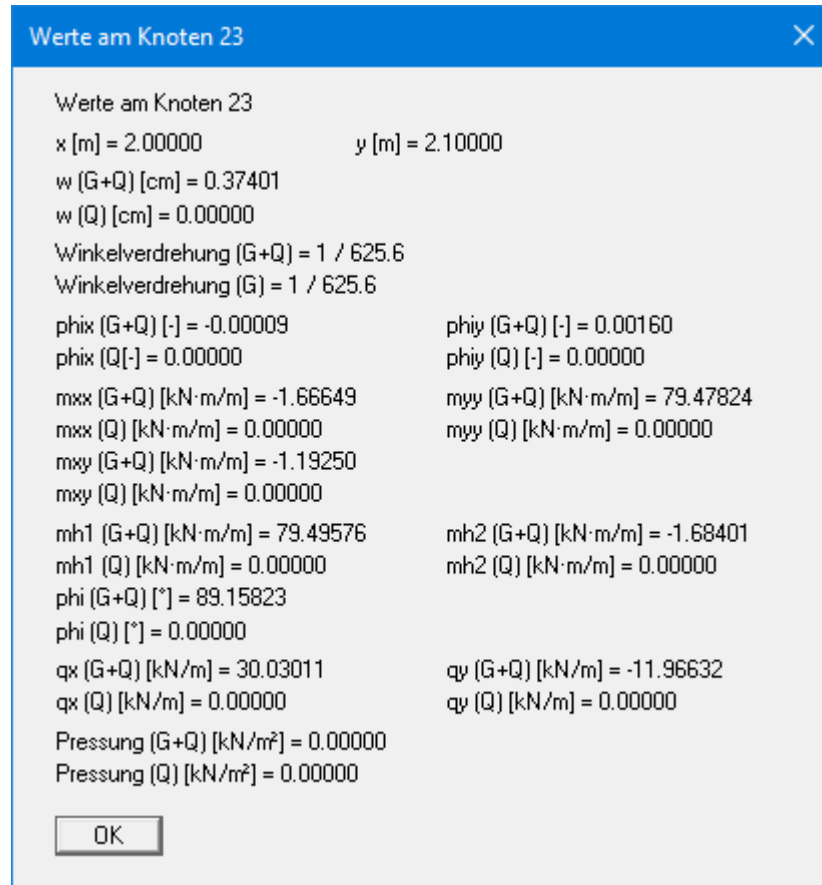
☐ Verfahren 2

☐ Querkräfte 2-mal glätten

starten Abbruch

7.1.9 Schritt 8: Auswerten über Einzelwerte (Beispiel 1)

Um die Ergebnisse mit denen von Schwarz zu vergleichen, wählen Sie den Menüeintrag "**Auswerten / Einzelwerte**". Wenn Sie die gewünschten Knoten mit der linken Maustaste anklicken, erhalten Sie eine Ergebnisbox für diesen Knoten, z.B. für den Knoten in Plattenmitte bei $x = 2,0$ m:



Schwarz gibt für die Plattenmitte und den unteren Plattenrand bei den x -Werten 2, 4, 6 und 8 m die in den folgenden Tabellen aufgeführten Verschiebungsgrößen an. Die mit **GGU-SLAB** ermittelten Ergebnisse sind daneben (umgerechnet auf [m]) aufgeführt.

x [m]	y [m]	Lösung Schwarz	Ergebnis GGU-SLAB
2,0	2,1	0,00373	0,00374
4,0	2,7	0,00604	0,00606
6,0	3,3	0,00604	0,00606
8,0	3,9	0,00373	0,00374

Tabelle 1 Verschiebungen in Plattenmitte [m]

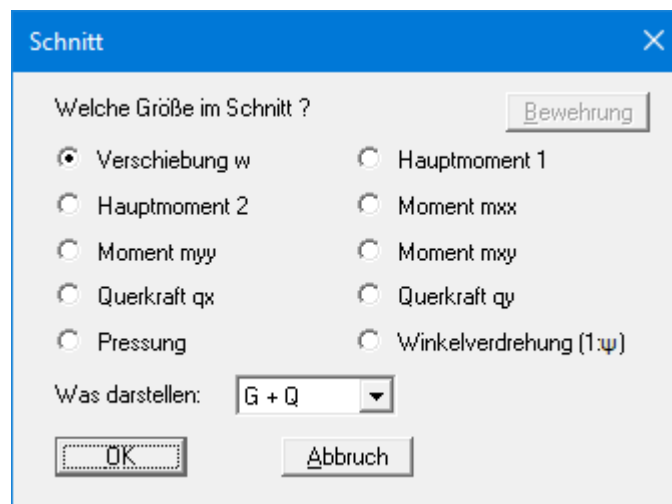
x [m]	y [m]	Lösung Schwarz	Ergebnis GGU-SLAB
2,0	0,6	0,00367	0,00368
4,0	1,2	0,00608	0,00608
6,0	1,8	0,00623	0,00624
8,0	2,4	0,00396	0,00396

Tabelle 2 Verschiebungen am unteren Plattenrand [m]

Die Ergebnisse stimmen fast vollständig überein.

7.1.10 Schritt 9: Biegelinie zeichnen und weitere Auswertungen (Beispiel 1)

Zum Abschluss soll die Biegelinie durch die Plattenmitte dargestellt werden. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Auswerten / Werte im Knotenschnitt**" und klicken Sie den mittleren Knoten am linken Plattenrand und dann der mittleren Knoten am rechten Plattenrand an. Betätigen Sie zum Abschluss die **[Return]**-Taste.



Aktivieren Sie den Schalter "**Verschiebung w**" und bestätigen Sie mit "**OK**". Sie können für die Darstellung noch eigene Einstellungen treffen. Anschließend wird die Biegelinie dargestellt.

Wenn Sie die Biegelinie ausdrucken wollen, gehen Sie zum Menüeintrag "**Datei / Drucken**". Auf ähnliche Art und Weise können Sie sich Isolinien von Verschiebungen, Momenten, usw. darstellen lassen (Menüeintrag "**Auswerten / Isolinien normal**" usw.) oder die Auflagerkräfte bestimmen (Menüeintrag "**Auswerten / Auflager**"). Sie können alle Knotenwerte in Tabellenform mit den Ergebnissen beschriften lassen (Menüeintrag "**Auswerten / Tabelle**"). Sie können sich Kreisgrafiken erzeugen, bei denen die entsprechenden Zustandsgrößen als unterschiedliche große (wertabhängige) Kreise dargestellt werden (Menüeintrag "**Auswerten / Kreise**"). Sie können die Grafik über "**Ansicht / Mini-CAD**" auch frei beschriften oder über "**Ansicht / CAD für Kopfdaten**" einen Blattkopf erzeugen. Lesen Sie dazu das Handbuch **Mini-CAD**.

Sie können die Platte nun auch nach EC 2 / DIN 1045-1 bewehren (Menüeintrag "**System / Platte bewehren**"). Speichern Sie eventuell das Ergebnis Ihrer Berechnung in eine Datei (Menüeintrag "**Datei / Speichern unter**"), bevor Sie weitermachen.

7.2 Beispiel 2: Platte mit einer konstanten Bettung

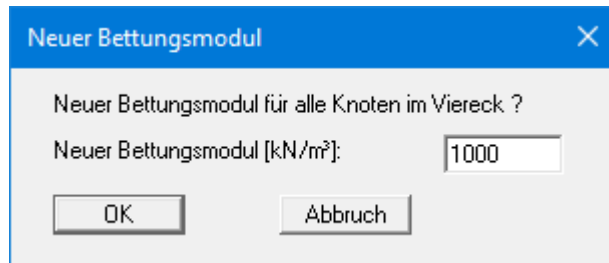
7.2.1 Systembeschreibung (Beispiel 2)

Die Beispiel 1 der Brückenplatte wird jetzt insofern *vergewaltigt*, als jetzt

- an allen Knoten eine Bettung von 1000 kN/m^3 vorliegen soll,
- am linken und rechten Rand keine Lagerbedingungen mehr vorhanden sind und
- an den Punkten $(x = 3,0; y = 2,4)$ und $(x = 7,0; y = 3,6)$ jeweils eine Einzellast von 100 kN angreift.

7.2.2 Schritt 1: Bettungsmodul verändern (Beispiel 2)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Bettung / im Ausschnitt**" und aktivieren Sie den Knopf "**Bettungsmodul eintragen**". Umfahren Sie mit dem Viereck das gesamte System, so dass alle Knoten im Viereck liegen.

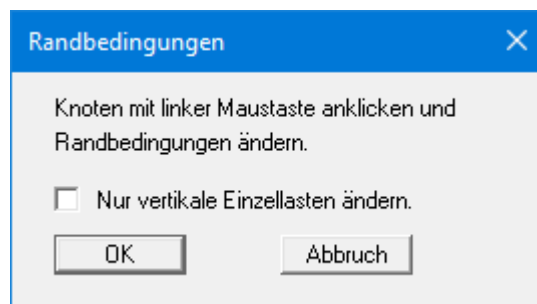


Geben Sie den Bettungsmodul von **1000** ein und bestätigen Sie mit "**OK**". Damit ist allen Knoten dieser Bettungsmodul zugewiesen worden. Das hätte man auch (vielleicht sogar einfacher) über den Menüeintrag "**Bettung / Standard-Bettung**" und dann den Knopf "**für alle**" erledigen können.

7.2.3 Schritt 2: Randbedingungen ändern (Beispiel 2)

Löschen Sie die Randbedingungen am linken und rechten Rand. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Rand / (Weg) im Ausschnitt**". Umfahren Sie mit dem Viereck das gesamte System und wählen Sie dann in der Dialogbox den Knopf "**löschen**".

Setzen Sie nun die Einzellasten. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Rand / Weg + Lasten einzeln**".



Klicken Sie die Knoten mit den beiden oben angegebenen Koordinaten an (Knoten 33 und Knoten 73) und geben jeweils Folgendes ein:

Knoten: 33 ($x / y = 3.0000 / 2.4000$)

Wegrandbedingungen

☐ Verschiebung (positiv nach oben) 0.0000

☐ $\phi(x)$ (positiv als Rechtsgewinde um x-Achse) 0.0000

☐ $\phi(y)$ (positiv als Rechtsgewinde um y-Achse) 0.0000

Kraftrandbedingungen

☒ Einzellast (positiv nach unten) 100.0000 ☐ Verkehr

☐ $M(x)$ (positiv als Rechtsgewinde um x-Achse) 0.0000 ☐ Verkehr

☐ $M(y)$ (positiv als Rechtsgewinde um y-Achse) 0.0000 ☐ Verkehr

OK Abbruch

Berechnen Sie nun das System und werten es aus, wie bereits oben erläutert.

7.3 Beispiel 3: Berechnung nach dem Steifemodulprofilverfahren

7.3.1 Systembeschreibung (Beispiel 3)

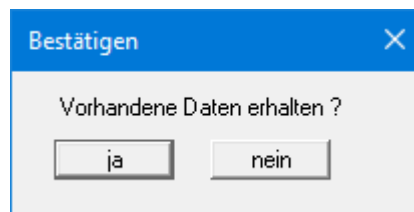
Das im vorherigen Abschnitt berechnete System soll nun mit dem Steifemodulverfahren berechnet werden. Die Platte soll auf einem Untergrund aufliegen, der folgendes Steifemodulprofil aufweist:

- bis 3,0 m unter Platte $E_s = 1.000 \text{ kN/m}^2$
- bis 7,0 m unter Platte $E_s = 20.000 \text{ kN/m}^2$

Unterhalb der Tiefe von 7,0 m unter Platte steht ein weitgehend unverformbarer Fels an.

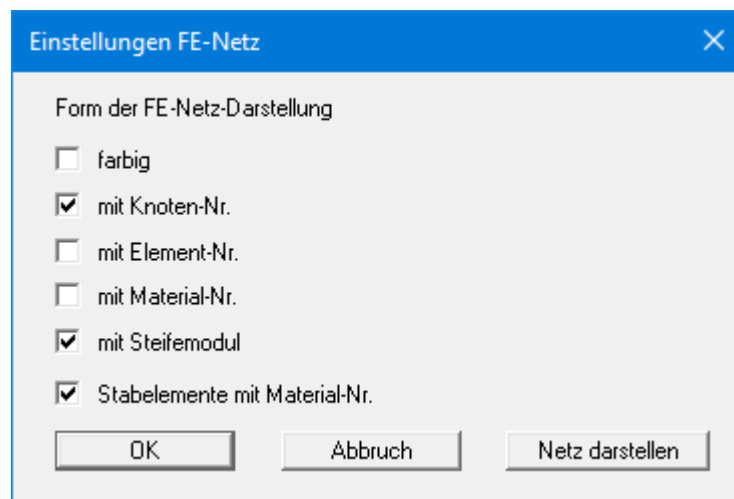
7.3.2 Schritt 1: Berechnungsverfahren wählen (Beispiel 3)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Datei / Neu**" und aktivieren Sie die Knöpfe "**Steifemodulverfahren**" und "**mit Grenztiefenberechnung**". Bestätigen Sie die Abfrage



mit "**ja**", um das Netz zu erhalten. Anstelle des Menütitels "**Bettung**" ist jetzt der Menütitel "**Steifemodul**" vorhanden.

Kontrollieren Sie unter dem Menüeintrag "**FE-Netz / Einstellungen**", ob die Darstellung "**mit Steifemodul**" aktiviert ist. Sollte das nicht der Fall sein, aktivieren Sie den Schalter.



7.3.3 Schritt 2: Steifemodulprofil definieren (Beispiel 3)

Wählen Sie den Menüeintrag "**Steifemodul / Schichten**". Drücken Sie den Knopf "**Anzahl Schichten ändern**" und geben Sie eine **2** ein, da ja 2 Schichten im System vorliegen.

Nr	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	1.00	14.000	0.000	Klei
2	20.00	9.000	0.000	Sand, schluffig

Geben Sie die Werte der Dialogbox ein. Mit "**nue**" ist in diesem Fall die Querkontraktionszahl des Bodens gemeint. Für die Grenztiefenberechnung ist die Eingabe der Wichte des Bodens erforderlich. Wenn Sie einen Wasserstand innerhalb einer Schicht haben, können Sie die verschiedenen Wichten berücksichtigen, indem Sie die Schicht in zwei Schichten aufteilen. Für den Bereich oberhalb des Grundwassers geben Sie die Wichte des feuchten Bodens ein, für den Bereich unterhalb des Grundwassers die Wichte des Bodens unter Auftrieb.

Nach Eingabe der Schichten wählen Sie den Menüeintrag "**Steifemodul / Standardtiefen**" und geben Sie die Werte der nachfolgenden Dialogbox ein:

Nr	UK [m u GOK]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	3.00	1.00	14.00	0.000	Klei
2	7.00	20.00	9.00	0.000	Sand, schluffig

Die hier eingegebenen Tiefen entsprechen den Vorgaben am Anfang dieses Abschnitts.

7.3.4 Schritt 3: Steifemodulprofilnetz definieren (Beispiel 3)

Wählen Sie nun den Menüeintrag "**Steifemodul / Knoten setzen**" (nicht im Menütitel "**FE-Netz**" !!!!!) und klicken Sie nacheinander vier Punkte an, die etwa bei

- Steifemodulprofil 1 bei $x = -1$ und $y = -1$
- Steifemodulprofil 2 bei $x = -1$ und $y = +4$
- Steifemodulprofil 3 bei $x = +11$ und $y = 2$
- Steifemodulprofil 4 bei $x = +11$ und $y = 7$

liegen sollten. Mit diesen Koordinaten ist sichergestellt, dass alle Knoten der Platte erfasst werden. Sie können über den Menüeintrag "**Blatt / Koordinaten neu berechnen**" oder am einfachsten über die Funktionstaste [F9] eine bildschirmfüllende Darstellung erreichen, wenn die gewünschten Punkte außerhalb der Darstellung liegen. Parallel zur Eingabe mit der Maus werden die Bohrpunkte (Steifemodulprofile) dargestellt. Die Profile wirken etwas klobig im Verhältnis zur Platte. Korrigieren Sie, wenn gewünscht, die Optik, indem Sie den Menüeintrag "**Steifemodul / Einstellungen**" wählen und Folgendes eingeben:

The 'Einstellungen' dialog box contains the following options:

- ☐ Korrekturbeiwerte kappa (DIN 4019) verwenden
- ☐ mit Rüttelstopfverdichtung
- ☒ mit FE-Netz
- ☐ mit Knotennummern
- ☒ mit Steifemodulprofil
- ☒ Steifemodul in Farbe
- ☒ mit Tiefenangaben
- ☐ mit Bodenbezeichnung
- ☐ Keine Bodenbezeichnung, wenn Dicke = 0,0

Below the checkboxes are two input fields:

Faktor für Tiefen:

Profilbreite:

Below these are two more checkboxes and a button:

- ☐ Bodenfarben automatisch
-

At the bottom is a section for absolute heights:

Absolute Höhen: ☐ Absolute Höhen verwenden

Bezeichnung für abs. Höhe:

At the very bottom are two buttons: and .

Verbinden Sie nun die vier Steifemodulprofile zu einem Netz. Wählen Sie dazu den Menüeintrag "**Steifemodul / Netz automatisch**" (nicht im Menütitel "**FE-Netz**" !!!!!).

7.3.5 Schritt 4: Platte berechnen (Beispiel 3)

Jetzt sind alle erforderlichen Eingaben gemacht, und Sie können über [F5] die Berechnung starten. Eventuell muss die Bandbreite zunächst optimiert werden.

Steifemodulberechnung starten

CPU-Kerne

☒ Alle CPU-Kerne nutzen ?

Allgemein

max Abstand Setzungsrechnung [m]: 50.00

Abbruchkriterium Verschiebung [m]: 1.0000E-5

Dämpfung (≥ 0.0 und < 0.95): 0.200

max zul Bodenpressung [kN/m²]: 99999.0

Reduktion k_s für Iter. max Bodenpr. [%]: 10.0

Grenztiefe

☒ mit Grenztiefenberechnung Prozentwert: 20.0

max. Abstand für Grenztiefe [m]: 25.00

Wo Grenztiefe bestimmen? Schwerpunkt der Platte

☒ Grenztiefe mit Gründungssohlen ?

Info Grenztiefe

Integration Setzungen mit:

☐ 7 Punkten (Gauß) ☒ 13 Punkten (Gauß)

☐ analytisch-numerisch (genau aber langsam)

Momentenermittlung nach:

☒ Verfahren 1 (empfohlen) Info

☐ Verfahren 2

☐ Querkräfte 2-mal glätten

starten Abbruch

An der Startdialogbox müssen Sie nichts ändern. Eine detaillierte Erläuterung erfolgt im entsprechenden Menüeintrag (siehe Abschnitt 9.6.6.3). Nach Ende der Berechnung erhalten Sie zunächst eine Infobox. Nach dieser Abschlussmeldung können Sie das System wie in den Beispielen und den Erläuterungen zu den Menütiteln "**Auswerten**" und "**Spezial**" beschrieben auswerten.

8 Theoretische Grundlagen

8.1 Allgemeine Berechnungsverfahren

Nur bei einfachen Systemen lässt sich eine analytische Lösung angeben. Bei Berechnung von komplizierten Systemen ist man auf numerische Lösungsverfahren angewiesen. Dabei kommen im Wesentlichen

- Finite-Differenzen-Methoden (FDM) und
- Finite-Element-Methoden (FEM)

zum Einsatz. Bei Finiten Verfahren wird das Gesamtgebiet in viele kleine (finite) Teilgebiete (Elemente) unterteilt. Für diese Teilgebiete werden bei der FEM im Allgemeinen Dreiecke gewählt. Innerhalb dieser Dreiecke werden einfache, im Allgemeinen quadratische Annäherungsfunktionen, gewählt. Die tatsächliche, komplizierte Gesamtlösung wird aus den vielen einfachen Teillösungen mosaikartig zusammengesetzt. Dabei entstehen Gleichungssysteme, deren Anzahl Unbekannter der Anzahl der Systemknoten entspricht. Bei der Finiten-Differenzen-Methode besitzt man im Allgemeinen nur die Möglichkeit, mit rechteckigen Teilgebieten das Gesamtgebiet zu diskretisieren. Im Gegensatz zur FEM ist die FDM daher wesentlich unflexibler hinsichtlich der Anpassung an komplizierte Randstrukturen. Auch ist eine Netzverdichtung in Teilbereichen nicht so einfach durchführbar. Weiterhin sind die resultierenden Gleichungssysteme bei der FEM numerisch stabiler. Der wesentliche Vorteil der FDM besteht nur in den theoretisch weniger aufwendigen mathematischen Grundbeziehungen, was im Allgemeinen den Programmnutzer nur wenig interessieren wird. Das Programm **GGU-SLAB** benutzt die Finite-Element-Methode.

Denken Sie bitte bei der Anwendung immer daran, dass alle Finite-Element-Verfahren oder Finite-Differenzen-Verfahren Näherungsverfahren sind. Die Qualität der Annäherung an die tatsächliche Lösung steigt mit feinerer Netzzunerteilung. Sie sollten darauf achten, dass in Bereichen, in denen sich das kräftemäßige Hauptgeschehen abspielt (z.B. Auflagerpunkte, Einzellasten), die Netzzunerteilung enger gewählt wird. Einen gewissen Einfluss übt auch die Form der Dreiecke aus. Optimale Verhältnisse liegen bei gleichseitigen Dreiecken vor. Einen Überblick über die Qualität der Lösung erhalten Sie, wenn Sie das gleiche System nochmals mit feinerer oder auch gröberer Netzzunerteilung berechnen und die Abweichungen beider Lösungen miteinander vergleichen.

Folgende weiteren allgemeinen Anmerkungen zum Programm **GGU-SLAB** sind wichtig:

- Es werden Dreieckselemente benutzt.
- Es gilt das Hooke'sche Gesetz.

8.2 Bettungsmodulverfahren

Das Programm löst die Differentialgleichung:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 2 \frac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 w}{dy^4} + (q + k_s \cdot w) \frac{12(1-\nu)^2}{Et^3} = 0$$

Darin bedeuten

- w = Durchbiegung der Platte [m]
- x, y = Koordinaten [m]
- k_s = Bettungsmodul [kN/m³]
- q = Flächenlast [kN/m²]
- ν = Querkontraktionszahl der Platte [-]
- E = Elastizitätsmodul [kN/m²]
- t = Dicke der Platte [m]

Analytische Lösungen für diese Differentialgleichung existieren nur für einige wenige Sonderfälle, so dass bei Problemen der täglichen Bemessungspraxis (mit unterschiedlich verteilten Belastungen, freien, eingespannten oder gelagerten Rändern usw.) auf numerische Verfahren zurückgegriffen werden muss.

Die Differentialgleichung wird vom Programm mit der Finite-Element-Methode gelöst. Dabei werden Dreieckselemente verwendet. Für diese Dreieckselemente werden einfache Ansätze hinsichtlich der Verschiebung gewählt. Im vorliegenden Fall wird ein Verschiebungsansatz eingesetzt, der in Zienkiewicz (Carl-Hanser-Verlag, 1984, Seite 236) beschrieben ist. Dieser Verschiebungsansatz schneidet im Vergleich zu anderen Ansätzen sehr gut ab. Der gewählte Ansatz führt auf Gleichungssysteme, deren Anzahl Unbekannter der dreifachen Anzahl der Systemknoten entspricht. Die Gesamtlösung ergibt sich dann aus der mosaikartigen Zusammensetzung der Teillösungen über die Dreieckselemente. Es ist klar, dass mit zunehmender Verfeinerung des Finite-Element-Netzes die Qualität der Lösung gesteigert wird.

Die Momentenverteilung wird durch zweimalige numerische Differentiation der Biegefläche gewonnen. Durch eine numerische Differentiation wird immer ein Aufrauhingseffekt erzielt, der nicht gewünscht ist. Um das auszugleichen, bietet das Programm für die Momenten-Ermittlung zwei unterschiedliche Verfahren an:

- **Verfahren 1:**
Die Momente werden in der Nachlaufrechnung in Elementmitte bestimmt und dann anteilig auf die anliegenden Knoten verteilt. Ergibt im Allgemeinen die besten Werte. Nur im Randbereich treten Abweichungen in den Momenten auf.
- **Verfahren 2:**
Die Momente werden in der Nachlaufrechnung an den Dreiecksknoten eines jeden Elements bestimmt. Der tatsächliche Wert an jedem Knoten ergibt sich aus einer Mittelung. Ergibt nur bei *einfachen* Systemen bessere Werte als Verfahren 1 (Randbereich).

Die Querkraftberechnung ist ein weiteres grundsätzliches Problem bei Finite-Element-Verfahren, da wegen der Ableitung der Momente eine weitere Aufrauhing des Funktionsverlaufs entsteht.

Die Qualität der berechneten Verschiebungen ist i.a. hervorragend. Wenn Sie sich nur für die Verschiebungen interessieren, müssen Sie sich um die vorstehenden Erläuterungen keine Gedanken machen.

Denken Sie weiterhin daran, dass alle Finite-Element-Methoden Näherungsverfahren sind. Die Qualität der Näherung steigt mit zunehmender Netzdichte. In der aktuellen Version können Systeme berechnet werden, die maximal 45000 Dreieckselemente und Knoten enthalten.

Anmerkung zu Randbedingungen:

Der Fall eines frei gelagerten Randes wird von der Finite-Element-Methode automatisch berücksichtigt. Es gilt, dass alle Systemränder oder Systemteileränder, die keine Kraft- oder Weg-Randbedingungen besitzen, automatisch frei gelagert sind. Diese Art der Randbedingung wird in der Theorie der Finiten Elemente auch natürliche Randbedingung genannt.

8.3 Steifemodulverfahren

Beim Steifemodulverfahren muss folgende Bedingung eingehalten werden:

Biegelinie der Platte = Setzungsmulde des elastisch isotropen Halbraums

Im Gegensatz zum Bettungsmodulverfahren erfordert das Steifemodulverfahren daher einen Iterationsprozess. Im ersten Schritt werden die Setzungen (elastisch isotroper Halbraum) an allen FE-Netzknoten infolge einer konstanten Belastung von 1 kN/m^2 auf den FE-Elementen berechnet. Dazu muss für jeden FE-Netzknoten die Setzung bestimmt werden, die sich aus der dreiecksförmigen Belastung der Dreiecke ergibt. Bei einem Netz mit z.B. 512 Dreiecken und 289 Knoten sind somit

$$512 \cdot 289 = 147.968 (!) \text{ Setzungsberechnungen}$$

erforderlich.

Zur Setzungsberechnung wird die Boussinesq-Gleichung numerisch integriert, da derzeit eine analytische Lösung für dieses Problem noch nicht existiert. Die an den Knoten vorhandenen Presungen (im ersten Schritt $= 1 \text{ kN/m}^2$; in allen folgenden Iterationsschritten $= k_s \cdot w$) werden durch die berechneten Setzungen geteilt, um knotenweise den Bettungsmodul zu erhalten. Daraufhin erfolgt eine Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren mit der Bestimmung der Knotenverschiebungen. Weicht die Differenz der Plattenverschiebungen von den Setzungen um ein von Ihnen bei Berechnungsstart vorgegebenen Wert ab, wird die Iteration fortgesetzt.

Beim Steifemodulverfahren wird mit einer Grenztiefe gerechnet, die der Unterkante des Steifemodulprofiles entspricht. Alternativ kann eine Grenztiefenberechnung nach DIN 4019 erfolgen. Dazu wird der entsprechende Schalter in der Dialogbox "**System / berechnen**" aktiviert (siehe Abschnitt 9.6.6.3).

8.4 Drehfedersteifigkeit von Kreisfundamenten

Das Programm **GGU-SLAB** berechnet die Differenzsetzung Δs der beiden kennzeichnenden Punkte des Kreisfundaments. Die Setzungsberechnungen erfolgen nach DIN 4019 mit Grenztiefenberechnung. Der Abstand L der beiden kennzeichnenden Punkte beträgt für ein Kreisfundament mit dem Durchmesser D

$$L = 0,845 \cdot D$$

Damit kann die Winkelverdrehung φ des Fundaments berechnet werden.

$$\varphi = \Delta s / L$$

Mit dem Moment M ist die Differenzsetzung Δs ermittelt worden. Damit wird die Drehfedersteifigkeit k_φ des Gesamtsystems erhalten.

$$k_\varphi = M / \varphi$$

Die in vielen Datenblättern von Windkraftanlagenbauern enthaltene Formel

$$k_\varphi = 8 \cdot G \cdot r^3 / [3 \cdot (1 - \nu)]$$

unterstellt einen unendlich ausgedehnten, elastisch isotropen Halbraum und ist damit für geschichtete Systeme nicht anwendbar. Mit der Formel wird somit eine unrealistisch große Grenztiefe für die Setzungsberechnung angesetzt. Daher werden die Setzungen überschätzt.

Damit die Drehfedersteifigkeit im Programm **GGU-SLAB** nach der o.g. Formel der Windkraftanlagenbauer berechnet wird, simulieren Sie eine unendlich große Grenztiefe durch Eingabe einer sehr großen, fest vorgegebenen Grenztiefe.

8.5 Vorzeichen und Bezeichnungen

Folgende Vorzeichenregelung gilt:

- Verschiebung w [m] nach unten positiv
- Verdrehung $\phi(x)$ [Bogenmaß¹] = Verdrehung um die x -Achse positiv im Uhrzeigersinn (Blickrichtung nach aufsteigenden Werten von x)
- Verdrehung $\phi(y)$ = Verdrehung um die y -Achse positiv im Uhrzeigersinn (Blickrichtung nach aufsteigenden Werten von y)
- Einzellast P [kN] nach unten positiv
- Moment m_{xx} = Moment, das in x -Richtung Spannungen erzeugt, positiv im Uhrzeigersinn (Blickrichtung nach aufsteigenden Werten von y)
- Moment m_{yy} = Moment, das in y -Richtung Spannungen erzeugt, positiv im Uhrzeigersinn (Blickrichtung nach aufsteigenden Werten von x)

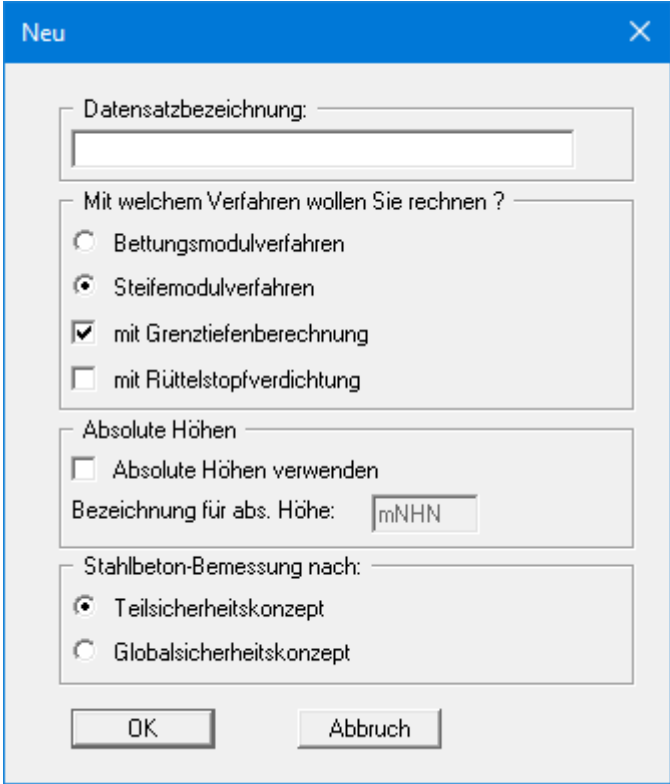
¹ Bogenmaß: Wert von z.B. 0,02 bedeutet $0,02 \cdot 180 / \pi = 1,15^\circ$

9 Erläuterung der Menüeinträge

9.1 Menütitel Datei

9.1.1 Menüeintrag "Neu"

Über diesen Menüeintrag geben Sie ein neues System ein. Sie erhalten die folgende Dialogbox:



Sie können eine für das zu bearbeitende System maßgebende Beschreibung eingeben, die in die **Allgemeine Legende** übernommen wird (siehe Abschnitt 9.7.8).

In der Dialogbox legen Sie zunächst das Berechnungsverfahren fest. Bei Anwendung des Steifemodulverfahrens können Sie eine Grenztiefenberechnung durchführen. Die Aktivierung der Grenztiefenberechnung kann auch in der Dialogbox unter dem Menüeintrag "**System / berechnen**" erfolgen. Dort können weitere Einstellungen für die Berechnung gewählt werden (siehe Abschnitt 9.6.6.3).

Über den Schalter "**mit Rüttelstopfverdichtung**" aktivieren Sie die Berücksichtigung einer Rüttelstopfverdichtung nach Priebe (Heinz J. Priebe, *Die Bemessung von Rüttelstopfverdichtung*, Ground Engineering, Dezember 1995).

Wenn Sie mit dem Steifemodulverfahren rechnen, können Sie auch mit absoluten Höhen arbeiten. Bei deaktiviertem Schalter "**Absolute Höhen verwenden**" liegt das Gelände auf **0,0** und alle Tiefenangaben zählen nach unten positiv. Wenn Sie den Schalter aktivieren, geben Sie die Schichttiefen in absoluten Werten (y-Achse nach oben positiv) an. In der nachfolgenden Eingabebox können Sie die Bezeichnung (hier: mNHN) anpassen. Die Eingabe der absoluten Geländehöhe erfolgt in der Dialogbox "**System / OK Gelände**" (siehe Abschnitt 9.6.10).

Für die Stahlbeton-Bemessung können Sie auswählen, welches Sicherheitskonzept für Ihre Berechnung und Bemessung verwendet werden soll. Aktivieren Sie die gewünschte Norm über den jeweiligen Knopf.

Falls bereits ein FE-Netz eingegeben wurde und Sie mit dem gleichen Netz vom Bettungsmodulverfahren auf das Steifemodulverfahren (oder umgekehrt) umschalten wollen, können Sie nach Verlassen der Dialogbox mit **"OK"** entscheiden, ob das bestehende FE-Netz erhalten bleiben soll.

9.1.2 Menüeintrag **"Laden"**

Sie können eine Datei mit Systemdaten laden, die Sie im Rahmen einer vorherigen Sitzung erzeugt und abgespeichert haben, und an diesem System anschließend Veränderungen vornehmen und neu berechnen usw.

9.1.3 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. Ein späteres Laden erzeugt exakt die gleiche Darstellung, wie sie beim Speichern vorgelegen hat.

9.1.4 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 **".pla"** 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 **".pla"** gewählt.

Falls zum Zeitpunkt des Speicherns das aktuelle System berechnet ist, entscheiden Sie in einer Dialogbox, ob die Berechnungsergebnisse in der Datei abgelegt werden sollen. Wenn Sie hier **"nein"** wählen, müssen Sie beim späteren Laden dieser Datei die Berechnung erneut durchführen.

9.1.5 Menüeintrag "ASCII-Datei lesen"

Wenn die Koordinaten von FE-Netz-Knoten in Form einer ASCII-Datei vorliegen, können diese Daten eingelesen werden. Die Daten müssen zeilenweise den x-Wert und den y-Wert eines Knotens enthalten. Dezimalbrüche müssen einen Punkt (kein Komma) enthalten. Beim Laden der ASCII-Datei müssen Sie angeben, in welcher Spalte sich der x-Wert und der y-Wert befindet.

ASCII lesen

Datei: C:\GGU-Software\GGU-SLAB.txt

Zeile 2 von 868 Zeilen

P1 -2.48977774788672E+0001 -7.76457135307566E-0001 1.15394304273056E+0001

Trennzeichen Spalte:

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

Daten

Spalte x: 2 Spalte y: 3

Erste gültige Zeile lesen

Anzahl gültiger Zeilen

Ergebnis:

-2.489777747886 -7.764571353075

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 eine Fehler-Meldung. Verändern Sie dann gegebenenfalls das Trennzeichen für die Spalte. Enthält die Datei neben gültigen auch ungültige Zeilen, werden diese bei späterem Einlesen einfach überlesen. Zum Schluss wählen Sie den Knopf **"Daten einlesen"**. Danach können Sie die eingelesenen Koordinaten zu einem FE-Netz weiterverarbeiten.

9.1.6 Menüeintrag "ASCII-Datei speichern"

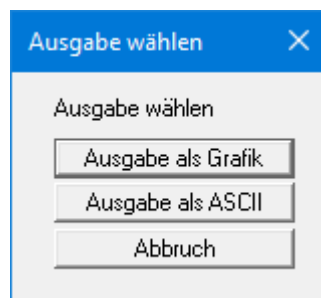
Wenn ein FE-Netz generiert wurde, können die Knotenkoordinaten in einer ASCII-Datei abgespeichert werden, um Sie gegebenenfalls in ein anderes Programm übernehmen zu können.

9.1.7 Menüeintrag "Protokoll ausgeben"

9.1.7.1 Wahl des Ausgabeformates

Sie können ein Protokoll des aktuellen Stands der Berechnung auf dem angeschlossenen Drucker oder in 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 **GGU-SLAB** 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.

9.1.7.2 Knopf "Ausgabe als Grafik"

Wenn Sie den Knopf "Ausgabe als Grafik" in der vorherigen Dialogbox ausgewählt 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. 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.

Fußzeilen [X]

Höhe + Schriftgröße
Höhe Fußzeilen [mm]
Schriftgröße [mm] ☒ mit Rahmen

Texte
☐ linksbündig ☒ zentriert ☐ rechtsbündig

1
2 Protokoll zur Anlage 4.1
Seite 1 von 3
3
4
5
6
7

Info
= Platzhalter für Seitennummer; \$ = Platzhalter für Anzahl Seiten
(z.B. Seite # von insgesamt \$ Seiten)

Offset
Offset für Seitennummer
Offset für Anzahl Seiten

Sie können hier auch eine automatische Seitennummerierung nutzen, wenn Sie mit den angegebenen Platzhaltern arbeiten. Nach Verlassen der Dialogboxen mit **"OK"** erhalten Sie zunächst eine weitere Dialogbox, in der Sie entscheiden, welche Parameter in das Protokoll übernommen werden sollen. Wenn Sie auf den Knopf **"starten"** klicken, 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 zu Ihrer Grafikdarstellung, zurückgehen, klicken Sie auf das Symbol



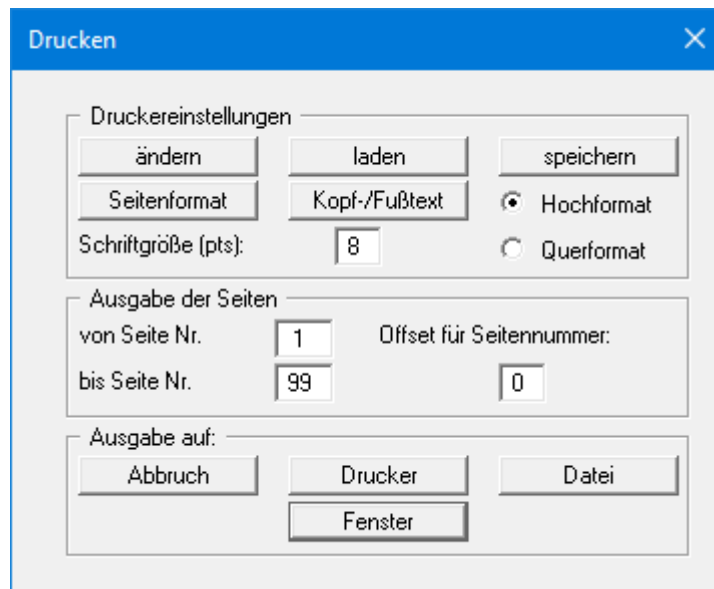
. Sie erhalten dann die folgende Auswahlbox:

Seite wählen [X]

Aktuelle Seite = 1
Neue Seite:
☐ zur Normaldarstellung

9.1.7.3 Knopf "Ausgabe als ASCII"

Sie können die Daten Ihrer Berechnung 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. Wenn Sie auf den Knopf "**Ausgabe als ASCII**" geklickt haben, wählen Sie zunächst die Parameter, die dargestellt werden sollen, und verlassen die Auswahlbox anschließend über den Knopf "**starten**". Sie erhalten dann die folgende Dialogbox, in der Sie die Ausgabe einstellen können.



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 "**GGU-SLAB.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 Editier-Möglichkeiten des Textes vor der Ausgabe, sowie das Laden, das Speichern und das Drucken des Textes zur Verfügung.

9.1.8 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.

9.1.9 Menüeintrag "Drucken"

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

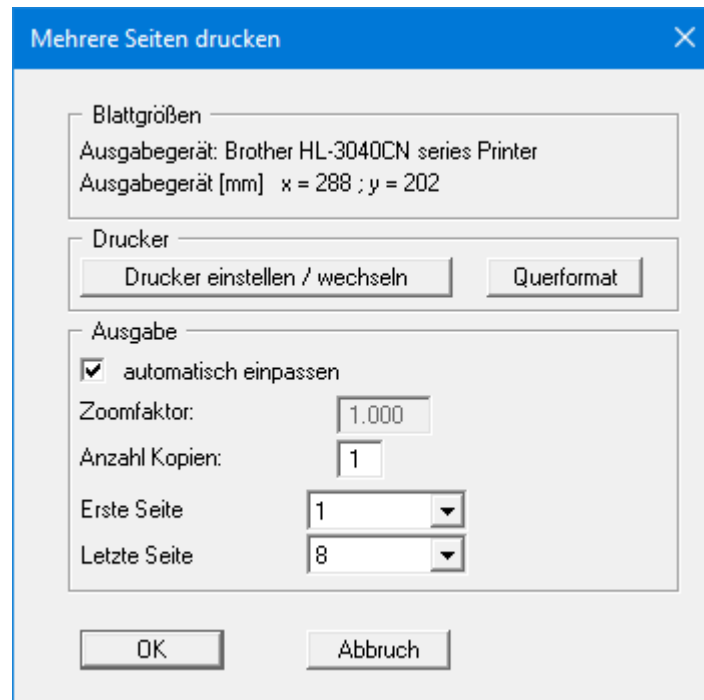
- **"Drucker"**
bewirkt die Ausgabe der aktuellen Bildschirmgrafik (*Normaldarstellung*) auf dem WINDOWS-Standarddrucker oder auf einem anderen, im Menüeintrag **"Datei / Drucker einstellen"** ausgewählten Drucker. Sie können aber auch direkt in der folgenden Dialogbox über den Knopf **"Drucker einstellen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

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "Drucken". It contains the following elements:

- Blattgrößen** section: "Ausgabegerät: Brother HL-3040CN series Printer", "Ausgabegerät [mm] x = 288 ; y = 202", "Bild [mm] x = 420.0 ; y = 297.0".
- Drucker** section: A button "Drucker einstellen / wechseln" and a button "Querformat".
- Ausgabe einstellen** section: "Zoomfaktor:" with a text box "1.000" and a button "einpassen"; "Überlappung x [mm]:" with a text box "0.000"; "Überlappung y [mm]:" with a text box "0.000"; "Ausgabe von 4 Seiten (2 nebeneinander)"; "Ausgabe der Seiten" with text boxes "1" and "4" separated by "bis"; and a checkbox "Nur Seite 1 drucken".
- Anzahl Kopien** section: A text box containing "1".
- Buttons "OK" and "Abbruch" at the bottom right.

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. 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**".

- "**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"**

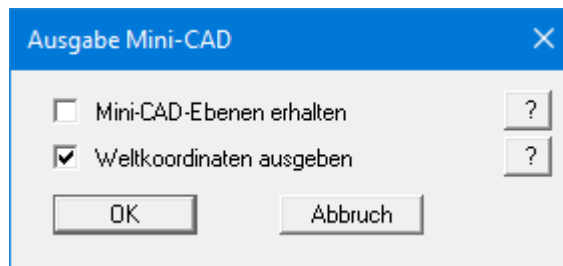
Eine Metadatei ermöglicht die Ausgabe des aktuellen Bildschirminhalts in eine Datei, um im Rahmen eines anderen Programms die Zeichnung weiterzuverarbeiten. Die Ausgabe erfolgt im so genannten EMF-Format (Enhanced Metafile-Format), das standardisiert ist. Die Verwendung des Metadatei-Formats garantiert 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"**, Abschnitt 5.3).

Über das Programmmodul **"Mini-CAD"** können Sie auch entsprechende EMF-Dateien, die von anderen GGU-Programmen erzeugt wurden, in Ihre Grafik einbinden (siehe Abschnitt 9.7.5).

- **"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. Bei Übernahme eines Systems z.B. von **GGU-STABILITY** nach **GGU-2D-SSFLOW** werden damit nach Einlesen der Datei und Drücken auf die Funktionstaste [F9] (Menüeintrag **"Blatt / Koordinaten neu berechnen"**) Systemkoordinaten und Maßstab entsprechend der übergebenen Weltkoordinaten korrigiert.

- **"GGUMiniCAD"**

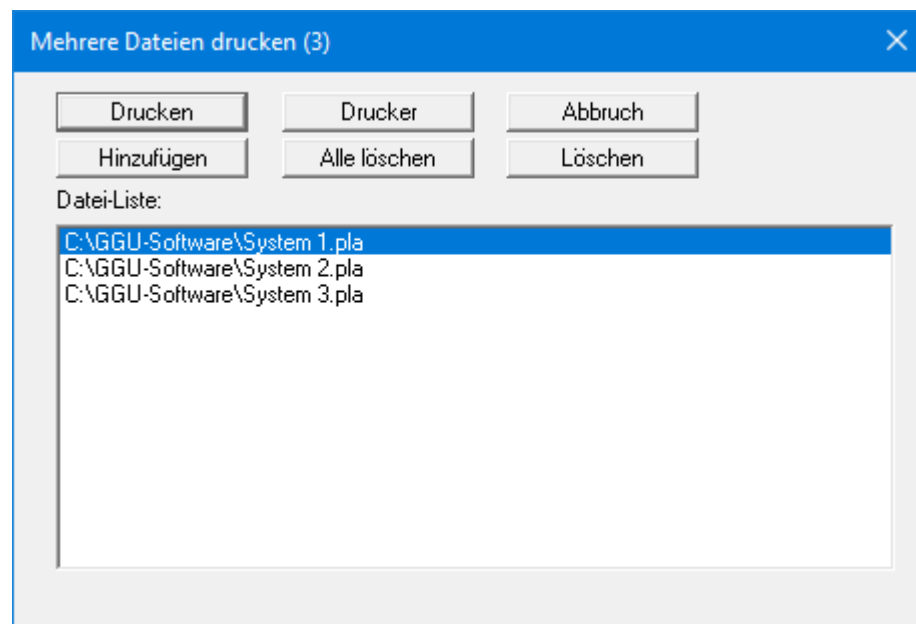
ermöglicht die Ausgabe des aktuellen Bildschirminhalts in eine Datei, um die Zeichnung im Programm **GGUMiniCAD** weiterzuverarbeiten.

- **"Abbruch"**

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

9.1.10 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 Anwahl 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.

9.1.11 Menüeintrag "Beenden"

Sie können nach einer Sicherheitsabfrage das Programm beenden.

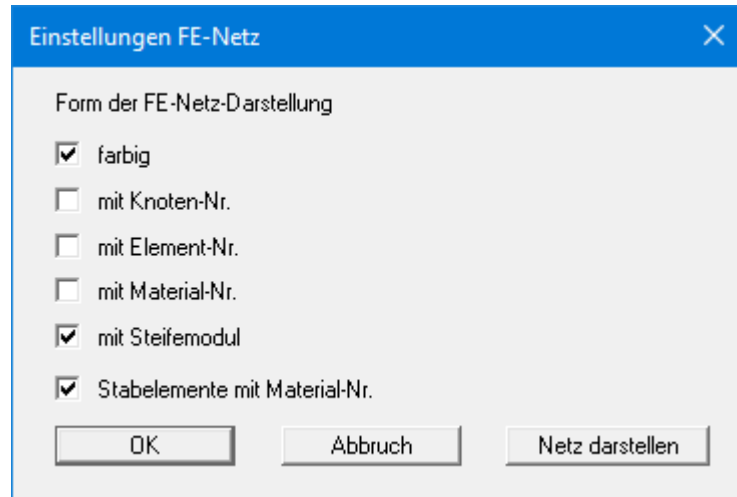
9.1.12 Menüeinträge "1,2,3,4"

Die Menüeinträge "**1,2,3,4**" zeigen Ihnen die letzten vier bearbeiteten Dateien an. Durch Anwahl eines dieser Menüeinträge wird die aufgeführte Datei geladen. Falls Sie Dateien in anderen Verzeichnissen als dem Programmverzeichnis abgelegt haben, sparen Sie sich damit das manchmal mühselige *Hangeln* durch die verschiedenen Unterverzeichnisse.

9.2 Menütitel FE-Netz

9.2.1 Menüeintrag "Einstellungen"

Über diesen Menüeintrag legen Sie fest, wie das FE-Netz auf dem Bildschirm dargestellt werden soll. Die Element-Nr. und die Material-Nr. können nicht gleichzeitig dargestellt werden.



Über den Knopf "**Netz darstellen**" erhalten Sie direkt die Darstellung Ihres FE-Netzes mit den gewählten Einstellungen.

Wenn die Bildschirmdarstellung des FE-Netzes nicht bildfüllend ist, wählen Sie im Menütitel "**Blatt**" den Menüeintrag "**Koordinaten neu berechnen**" oder drücken Sie die Funktionstaste [F9].

9.2.2 Menüeintrag "FE-Netz"

Nach Anwahl dieses Menüeintrags wird das FE-Netz so wie unter "**FE-Netz / Einstellungen**" definiert dargestellt.

9.2.3 Menüeintrag "Umriss"

Nach Anwahl dieses Menüeintrags wird der Umriss der verschiedenen Plattenmaterialien des FE-Systems so wie unter "**FE-Netz / Einstellungen**" definiert dargestellt.

9.2.4 Menüeintrag "(FE-)Knoten setzen"

Mit der linken Maustaste setzen Sie einen neuen Systemknoten und mit der rechten Maustaste löschen Sie einen bereits gesetzten Knoten. Der Menüeintrag ist auch über die Funktionstaste [F3] zu erreichen. Wenn Sie ein System nach dem Bettungsmodulverfahren bearbeiten, erhält jeder neue Punkt die Standard-Bettung (siehe Menüeintrag "**Bettung / Standard-Bettung**", Abschnitt 9.3.2).

The screenshot shows a dialog box titled "Info". It contains the following elements:

- Info**: Linke Maustaste setzt einen neuen Knoten. Rechte Maustaste löscht einen Knoten.
- Weitere Knoten setzen**: Five checkboxes, each followed by a text field "Knoten bei y =" and a numeric input field. The values in the input fields are 0.000, -1.000, -2.000, -3.000, and -4.000.
- Raster**: A checkbox "Raster verwenden", and two input fields "Rasterabstand x" and "Rasterabstand y", both containing the value 1.00.
- At the bottom: A checkbox "Auf Mini-CAD Linien einrasten", a checked checkbox "Mit Steifemodulnetz", and an "OK" button.

Bei der Festlegung der Knoten werden die x- und y-Koordinaten der aktuellen Mausposition in der Statusleiste angezeigt. Über die Einstellungen im Bereich "**Weitere Knoten setzen**" in der Dialogbox können Sie automatisch mit einem Mausklick bis zu 5 weitere Knoten an derselben x-Koordinate, aber mit den von Ihnen eingegebenen y-Koordinaten setzen lassen. Damit Sie Ihre Knoten an definierten Stellen setzen können, aktivieren Sie den Schalter "**Raster verwenden**".

Wenn Sie über einen Scanner verfügen, können Sie vorab das zu bearbeitende System einscannen und in eine so genannte Bitmap-Datei (Endung ".**bmp**") speichern. Diese Bitmap können Sie über das Programmmodul **Mini-CAD** (siehe Handbuch "**Mini-CAD**") auf dem Bildschirm darstellen. Dadurch wird die Eingabe wesentlicher Systemknoten noch weiter vereinfacht. Alternativ können Sie auch über das **Mini-CAD** eine DXF-Datei importieren (siehe Handbuch "**Mini-CAD**"), die z.B. unter anderem den Systemumriss enthält.

Wenn **Mini-CAD**-Daten vorhanden sind, erscheint in der anfänglichen Dialogbox ein Schalter mit der Möglichkeit, auf **Mini-CAD**-Linien einzuraster. Wenn Sie diesen Schalter aktivieren, erscheint der Mauscursor als Rechteck mit einem Fadenkreuz. Liegen Linienendpunkte aus dem **Mini-CAD** innerhalb dieses Rechtecks, rastet das Programm genau auf diesen Punkt ein, bei mehreren Punkten innerhalb des Rechtecks auf den Punkt, der dem Fadenkreuz am nächsten liegt.

9.2.5 Menüeintrag "(FE-Knoten) ändern"

Sie können die Koordinaten Ihre vorhandenen Knotenpunkte verändern. Dazu stehen Ihnen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- **"über Tabelle"**

Sie können die Koordinaten der vorhandenen Knoten in einer Dialogbox editieren bzw. alternativ die Koordinaten für neue Knoten eingeben.

Wenn Sie die aktuelle Anzahl der Knoten ändern wollen, klicken Sie auf den Knopf **"x FE-Knoten ändern"** und geben anschließend die neue Anzahl Knoten ein. Mit **"vor"** und **"zurück"** können Sie in der Tabelle blättern. Wenn Sie ein System nach dem **Bettungsmodulverfahren** bearbeiten, erhält jeder neue Punkt die Standard-Bettung (siehe Menüeintrag **"Bettung / Standard-Bettung"**, Abschnitt 9.3.2). Wenn Sie die Anzahl der Knoten auf **0** setzen, wird die FE-Inzidenztafel gelöscht.

Noch einfacher können Sie die Knoten-Koordinaten über die Windows-Zwischenablage importieren. Wenn Ihnen die x-/y-Koordinaten Ihrer Netzknoten 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 Dialogbox **"über Tabelle"** einfügen.

- **"über Formel"**

Falls Sie beispielsweise die Koordinaten in einem fehlerhaften Maßstab eingegeben haben, können Sie unter diesem Menüeintrag die entsprechenden Korrekturen vornehmen.

Koordinaten ändern

Koordinaten der Punkte ändern

$$x(\text{neu}) = \text{Faktor} * x(\text{alt}) + \text{Verschiebung (x)}$$
$$y(\text{neu}) = \text{Faktor} * y(\text{alt}) + \text{Verschiebung (y)}$$

Faktor = 1.00000

Verschiebung (x) = 0.00000

Verschiebung (y) = 0.00000

☒ auf x und y anwenden

☐ auf x anwenden

☐ auf y anwenden

OK Abbruch

Dabei haben Sie die Möglichkeit, Faktoren nur in einer Richtung wirken zu lassen. Aktivieren Sie den gewünschten Schalter.

- **"im Ausschnitt"**

Wenn Sie Ihr FE-Netz erstellt haben und nachträglich mehrere Knoten verschieben möchten, klicken Sie 4 Punkte im Gegenuhrzeigersinn mit der Maus an. In der folgenden Dialogbox können Sie dann beispielsweise eine gewünschte Verschiebung in x- oder y-Richtung eingeben.

Wenn Sie feststellen, dass Ihre Knoten nicht alle auf einer Linie liegen, können Sie die Knoten, die Sie mit Ihrem Viereck umfahren haben, auf einen bestimmten x- oder y-Wert ausrichten lassen.

Durch Aktivierung des Schalters **"Knoten mit Randbedingungen nicht verschieben"** werden diese Punkte von einer Verschiebung ausgenommen.

9.2.6 Menüeintrag "(FE-Knoten) verschieben"

Wenn Sie Ihr FE-Netz erstellt haben und nachträglich mehrere Knoten verschieben möchten, können Sie dies über diesen Menüeintrag mit der Maus durchführen. Bei gedrückter linker Maustaste kann jeder Knoten verschoben werden. Die aktuellen Koordinaten des Knotens werden in der Statusleiste angezeigt. Mit der **[Rück]**-Taste können Sie die letzte Knotenverschiebung rückgängig machen.

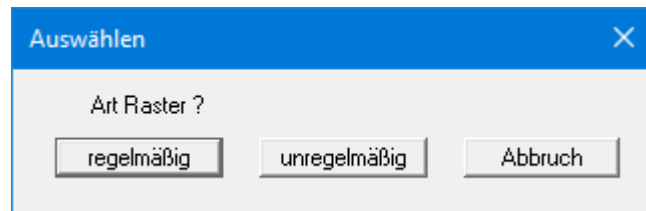
9.2.7 Menüeintrag "(FE-Knoten) editieren"

Durch Doppelklicken mit der linken Maustaste auf einen Knoten können die Koordinaten in der erscheinenden Dialogbox über die Tastatur geändert werden.

9.2.8 Menüeintrag "Raster"

9.2.8.1 Art des Rasters wählen

Nach Anwahl dieses Menüeintrages können Sie zunächst auswählen, ob die neuen Knoten über ein regelmäßiges und über ein unregelmäßiges Raster erzeugt werden sollen.



Wenn Sie ein System nach dem **Bettungsmodulverfahren** bearbeiten, erhält jeder neue Punkt, der unter diesem Menüeintrag erzeugt wurde, die Standard-Bettung (siehe Menüeintrag "**Bettung / Standard-Bettung**", Abschnitt 9.3.2).

9.2.8.2 Knopf "regelmäßig"

Beim regelmäßigen Raster können Sie die Knoten auf verschiedene Arten definieren:

- "**Linie**" - entlang einer oder mehrerer Linien
- "**Rechteck**" - in einem oder mehreren Rechtecken
- "**Viereck**" - in einem oder mehreren Vierecken

Die Vorgehensweise ist in allen drei Fällen ähnlich. Die Erklärung erfolgt daher nur an Rechtecken.

"Rechteck"

FE-Knoten im Rechteck

Werte

x (links) = 0.000

y (unten) = 0.000

x (rechts) = 25.000

y (oben) = 10.000

Anzahl Raster in x = 6

Anzahl Raster in y = 6

Netz

☒ Vorhandene Knoten löschen

Unverschiebliche Ränder:

☐ oben

☐ links ☐ rechts

☐ unten

OK Abbruch

Sie geben die Eckpunkte des Rasters und die Anzahl der Unterteilungen an. Wenn Sie den Schalter "**Vorhandene Knoten löschen**" aktivieren, werden alle eventuell vorhandenen Knoten gelöscht und anschließend Ihre in der Dialogbox definierten FE-Knoten mit dem passenden FE-Netz erzeugt. Möchten Sie weitere Knoten hinzufügen, deaktivieren Sie den Schalter.

Sie können direkt bei der Erzeugung Ihres FE-Netzes unverschiebliche Ränder definieren. Dazu aktivieren Sie die Kästchen der gewünschten Seiten. Wenn die Kästchen nicht aktiviert werden, werden alle Ränder mit einer freien Auflagerung erzeugt. Zusätzliche Weg- oder Kraft-Randbedingungen können dann über die Menüeinträge unter dem Menütitel "**Rand**" individuell definiert werden.

Wenn nur einer der neu erzeugten Knotenpunkte innerhalb eines bestehenden FE-Netzes liegen würde, wird die Knotengenerierung mit einer Fehlermeldung abgebrochen und es werden keine neuen Knoten erzeugt.

9.2.8.3 Knopf "unregelmäßig"

Im Gegensatz zum regelmäßigen Rasterverfahren, bei dem die erzeugten Knoten in jeder erzeugten Reihe den gleichen Abstand erhalten, können diese Abstände beim unregelmäßigen Raster variiert werden. Dazu steht die folgende Dialogbox zur Verfügung.

The dialog box is titled "Unregelmäßiges Koordinatenraster erzeugen". It contains two main sections for defining the grid dimensions and origin.

dx-Werte:

Anzahl dx-Werte	
0.000	dx [m]
0.500	0,5
0.750	0,25
2.250	1,5
3.250	1
3.750	0,5

dy-Werte:

Anzahl dy-Werte	
0.000	dy [m]
1.000	1
3.000	2
5.000	2
7.000	2
8.000	1

Buttons and Inputs:

- Button: **x- und y-Werte neu berechnen**
- Input field: **x0 =** 0.00
- Input field: **y0 =** 0.00
- Checkbox: ☒ **Neues Netz erzeugen**
- Buttons: **OK** and **Abbruch**

Mit den Knöpfen "**Anzahl dx-Werte**" und "**Anzahl dy-Werte**" können Sie die Rasteranzahl einstellen. Unter "**dx**" bzw. "**dy**" geben Sie dann die Rasterabstände vor. Wenn Sie den Knopf "**x- und y- Werte neu berechnen**" drücken, wird die erste Spalte links neben "**dx**" bzw. "**dy**" neu berechnet. Hier stehen die Absolutwerte des Rasters. Unter "**x0**" und "**y0**" geben Sie den Ursprung des Rasters an.

Wenn Sie den Schalter "**Neues Netz erzeugen**" aktivieren, werden bereits vorhandene Knoten gelöscht und über Ihre neu gesetzten Knoten automatisch ein Netz generiert. Bei deaktiviertem Schalter bleiben bereits vorhandene Knoten und das FE-Netz erhalten. Die neuen Knoten dürfen dann nicht im Bereich des bereits vorhandenen alten FE-Netzes liegen. Das Netz über Ihre neuen Knoten müssen Sie anschließend selbst ergänzen.

9.2.9 Menüeintrag "Kreisplatte, ..."

Über diesen Menüeintrag können Sie auf einfache Art und Weise kreisförmige Platten definieren und die FE-Netze generieren lassen. Sie haben die Möglichkeit zwischen verschiedenen Platten zu wählen:

- **"Kreisplatte (einfach)"**

Über den Durchmesser, Anzahl der Ringe und Segmente erstellen Sie eine einfache Kreisplatte. Sie können für den Außenrand eine Verschiebung "0" einstellen. Auch eine Bemaßung können Sie in der Dialogbox aktivieren. Kraft und Momente können in Plattenmitte oder als Flächenlast auf einen ausgewählten Ring verwendet werden. Die Momente können für die Berechnung der Drehfedersteifigkeit übernommen werden (s. Abschnitt 8.4).

Bereits vorhandene Knoten und FE-Netze werden automatisch gelöscht. Wenn Sie die Dialogbox verlassen, berechnet das Programm die Koordinaten neu und stellt die neu erzeugte Kreisplatte mit den optimalen Koordinaten auf dem Bildschirm dar.

- **"Kreisplatte (Pro)"**

Sie können eine differenzierte Kreisplatte generieren lassen.

Kreisplatte generieren

Geometrie

Anzahl Segmente: 24

x (Mitte): 0.000 y (Mitte): 0.000

☒ Dicken [m] differieren d (innen): 0.500 d (außen): 1.000

10 Radian ändern Radian sortieren

Radian [m]

0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.500	6.750
7.600	8.350	9.100				

Randbedingungen

☐ w = "0" am Außenrand

☒ Streckenlast auf Radius-Nr. 9 Größe: 650.0

Kraft / Momente

☒ Kraft / Momente verwenden in Plattenmitte oder als Flächenlast

V [kN]: 10000.000

M(x) [kN·m]: -1.000

M(y) [kN·m]: -1.000

☐ Als Flächenlast auf Ring Nr. 4

☒ M(x) und M(y) für Berechnung Drehfedersteifigkeit übernehmen

☐ mit Bemaßung ☒ Vorhandene Knoten löschen

OK Abbruch

- **"Kreisringplatte"**
Sie können über die Anzahl der Ringe und den eingegebenen Innen- und Außendurchmesser eine Kreisringplatte erzeugen. Eine Verschiebung "0" am Innenrand und/oder Außenrand ist möglich. Kraft und Momente können als Flächenlast auf einen ausgewählten Ring verwendet werden. Die Momente können für die Berechnung der Drehfedersteifigkeit übernommen werden (s. Abschnitt 8.4).
- **"Kreisringplatte (Pro)"**
Sie können eine differenzierte Kreisringplatte generieren lassen.
- **"Ellipsenplatte"**
Sie können eine elliptische Platte erzeugen. Dafür definieren Sie den Durchmesser in x-Richtung und den Durchmesser in y-Richtung. Eine Verschiebung "0" in Plattenmitte und/oder am Außenrand ist möglich. Auch eine Bemaßung können Sie in der Dialogbox aktivieren.
- **"Flächenlasten aus M+V"**
Sie können Flächenlasten vom Programm aus M und V bestimmen lassen. Die Momente können für die Berechnung der Drehfedersteifigkeit übernommen werden (s. Abschnitt 8.4).

Flächenlasten aus M und V

Belastung

V [kN]: 10000.000

M(x) [kN·m]: -1.000

M(y) [kN·m]: -1.000

☒ M(x) und M(y) für Berechnung Drehfedersteifigkeit übernehmen

Info

Das Programm berechnet den Schwerpunkt (xs, ys), die Fläche A und die Trägheitsmomente Ix, Iy und Ixy des FE-Netzes. Daraus werden mit V, M(x) und M(y) die Spannungen an den Knoten des FE-Netzes berechnet. Damit ergeben sich durch Mittelung die elementweise konstanten Flächenlasten. V, M(x) und M(y) greifen im Schwerpunkt des FE-Netzes an.

OK Abbruch

Es erfolgt die Berechnung und Darstellung der in der Info genannten Werte. Diese können über den Knopf **"Werte ins Klemmbrett"** in die Windows Zwischenablage übernommen werden. Wenn Sie anschließend die Flächenlasten bestimmen lassen, werden zunächst die minimale und die maximale Spannung in einer Infobox angezeigt. Nach Verlassen der Box mit **"OK"** werden die Flächenlasten für das gesamte FE-Netz erzeugt.

9.2.10 Menüeintrag "(FE-)Netz von Hand"

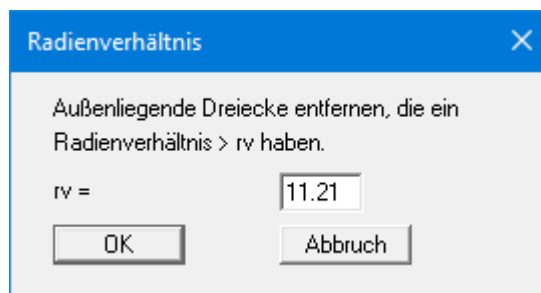
Nach Eingabe der Netzknoten wird mit diesem Menüeintrag ein FE-Netz festgelegt. Sie müssen jeweils drei Knoten mit der linken Maustaste anklicken. Nach der Auswahl von drei Knoten erscheint eine Box, in der die Material-Nr. für das FE-Element festgelegt wird. Der Menüeintrag ist auch über die Funktionstaste [F4] zu erreichen. Ein FE-Element kann gelöscht werden, indem die drei zugehörigen Knoten mit der linken Maustaste nochmals angewählt werden.

9.2.11 Menüeintrag "(FE-Netz) automatisch"

Nach Eingabe der Netzknoten kann mit diesem Menüeintrag eine automatische Netzgenerierung aufgerufen werden (Delauney-Triangulation). Wenn bereits ein FE-Netz existiert, kann das vorhandene FE-Netz gelöscht oder ergänzt werden. Bei einer eventuellen Ergänzung eines bestehenden FE-Netzes können **Luftlöcher** (nicht komplett ausgefülltes FE-Netz) entstehen, wenn das vorhandene Netz nicht mit einer Triangulation nach Delauney erzeugt wurde. Entsprechende Bereiche müssen Sie von Hand nacharbeiten oder das komplette FE-Netz neu triangulieren. Alle neu erzeugten Dreiecke erhalten die Materialnummer 1.

9.2.12 Menüeintrag "(FE-Netz) 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 Menüeintrag aus dem FE-Netz entfernen.



Das Radienverhältnis beschreibt das Verhältnis zwischen Außenradius und Innenradius eines Dreiecks. Bei einem gleichseitigen Dreieck ist dieses Verhältnis gleich 2.0 (Optimum). Bevor Sie die obige Dialogbox erhalten, erhalten Sie das maximale und das mittlere Radienverhältnis im FE-Netz angezeigt. Bei der obigen Vorgabe würden alle außen liegende Dreiecke entfernt, die ein Radienverhältnis größer als 11.21 besitzen. Um ein Chaos zu vermeiden, werden nur außen liegende Dreiecke gelöscht.

9.2.13 Menüeintrag "(FE-Netz) löschen"

Mit diesem Menüeintrag 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.

9.2.14 Menüeintrag "(FE-Netz) optimieren"

In einer Dialogbox wählen Sie zunächst aus, ob die Diagonalen oder die Topologie optimiert werden sollen.

9.2.14.1 Knopf "Diagonalen"

Die Optimierung von Diagonalen ist implementiert, um numerisch günstige FE-Netze zu erzeugen, d.h. nach Möglichkeit gleichseitige Dreiecke. Der Effekt der Diagonalen-Optimierung kann am besten an einem Beispiel gezeigt werden:

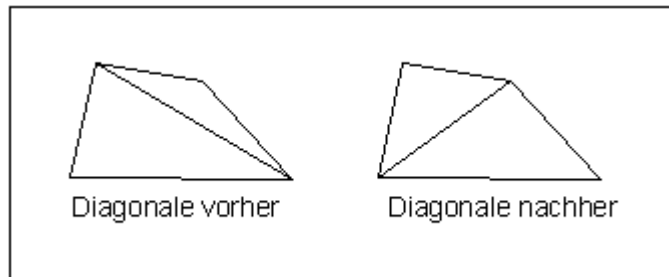


Abbildung 2 Optimierung von Diagonalen

Falls eine vorhandene **ungünstige** Diagonale zwei unterschiedliche Materialbereiche trennt, findet eine Optimierung der entsprechenden Diagonale nicht statt, da ja sonst das System verändert würde.

9.2.14.2 Knopf "Topologie"

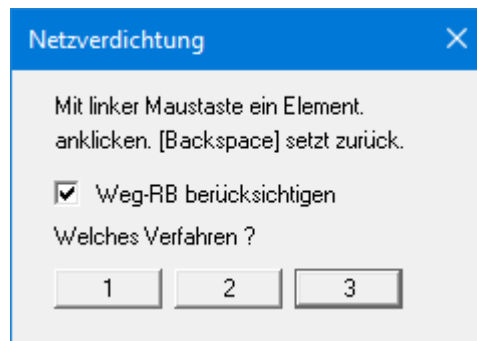
Im Rahmen dieser Programmroutine werden die Dreieckselementknoten derart verschoben, dass nach Möglichkeit gleichseitige Dreiecke entstehen. Gleichseitige Dreiecke besitzen besonders günstige numerische Eigenschaften. Da die Verschiebung von Außenkanten des Systems und von Elementkanten, deren Nachbarelemente unterschiedliche Materialien aufweisen, nicht sinnvoll ist, werden entsprechende Elementkanten von vornherein fixiert. Knoten, an denen Weg-Randbedingungen vorgegeben sind, werden ebenfalls nicht verändert. Die Optimierung des FE-Netzes kann durch Setzen des Schalters "**Mit Graphik**" auf dem Bildschirm verfolgt werden. Durch Drücken der rechten Maustaste kann die Optimierung jederzeit abgebrochen werden.

9.2.15 Menüeintrag "(FE-Netz) ausrichten"

Durch Klicken mit der linken Maustaste können Sie einen Knoten auswählen, den Sie nach bestimmten Kriterien (z.B. auf einen Kreis) ausrichten können.

9.2.16 Menüeintrag "einzeln verdichten"

Die Elemente des Netzes können mit den folgenden Funktionen einzeln zur Verdichtung ausgewählt werden.



Bei Aktivierung des Schalters "**Weg-RB berücksichtigen**" werden neuen Knoten, die unmittelbar zwischen zwei Knoten mit Weg-Randbedingungen liegen, der Mittelwert aus beiden Weg-Randbedingungen zugewiesen. Bei **Kraft-Randbedingungen** ist dieses Verfahren nicht eindeutig und kann zu Missverständnissen führen. Kraft-Randbedingungen werden daher bei einer Netzverdichtung nicht verdichtet.

Zur Verdichtung der Elemente können drei verschiedene Verdichtungsverfahren benutzt werden. Die Verdichtung wird an dem folgenden Netz durch Verdichten des Elementes 23 beispielhaft dargestellt.

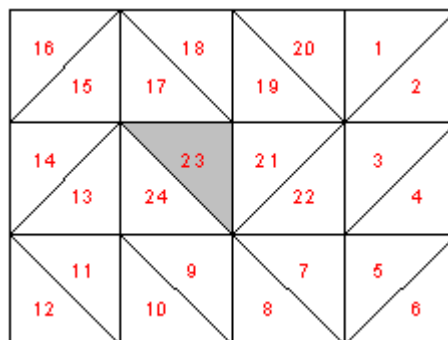


Abbildung 3 FE-Netz für Beispiel-Verdichtung

- **"Verfahren 1"**

Im Schwerpunkt des ausgewählten Dreiecks wird ein zusätzlicher Knoten erzeugt.

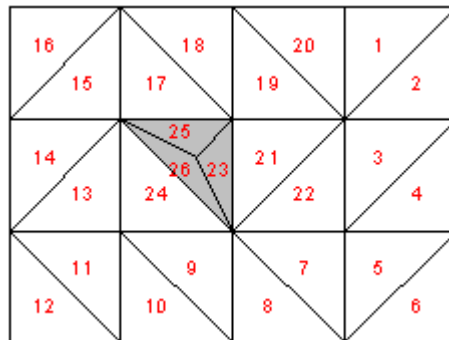


Abbildung 4 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 1

- **"Verfahren 2"**

Das ausgewählte Dreieckselement und das angrenzende Dreieckselement werden halbiert.

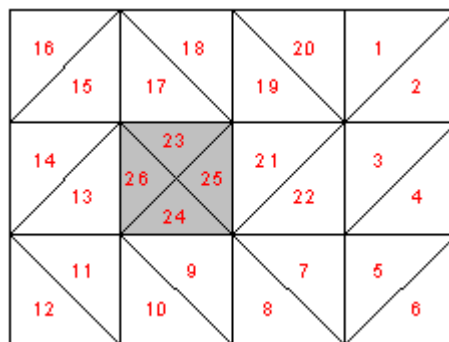


Abbildung 5 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 2

- **"Verfahren 3"**

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

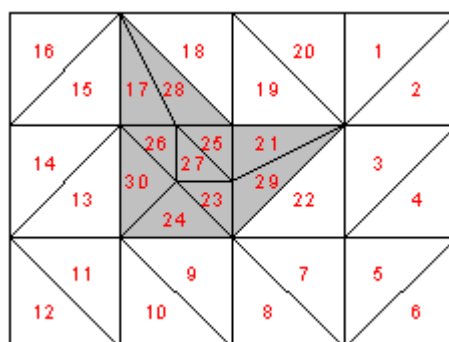


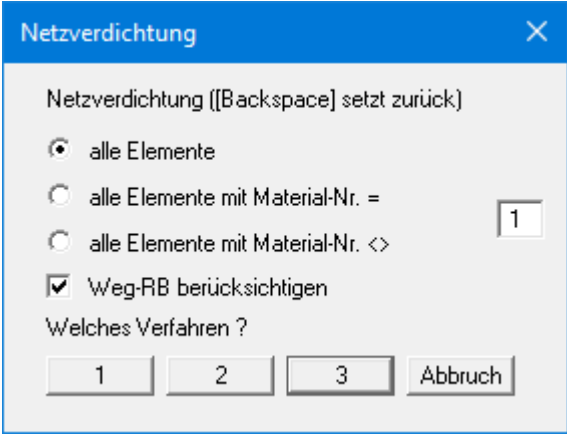
Abbildung 6 Verdichtung FE-Netz mit Verfahren 3

9.2.17 Menüeintrag "Ausschnitt (verdichten)"

Über diesen Menüeintrag können Sie mehrere Elemente verdichten, die Sie zuvor mit einem Polygon umschlossen haben. Weg-Randbedingungen können dabei berücksichtigt werden. Erläuterungen dazu und zu den 3 Verdichtungsverfahren finden Sie im Menüeintrag "**FE-Netz / einzeln verdichten**" (siehe Abschnitt 9.2.16).

9.2.18 Menüeintrag "alle (verdichten)"

Nach Auswahl dieses Menüeintrages oder alternativ nach Drücken der Funktionstaste [F7] erscheint die folgende Box:



Netzverdichtung [X]

Netzverdichtung ([Backspace] setzt zurück)

☒ alle Elemente

☐ alle Elemente mit Material-Nr. =

☐ alle Elemente mit Material-Nr. <>

☒ Weg-RB berücksichtigen

Welches Verfahren ?

Sie können entweder alle Elemente oder nur Elemente mit bestimmten Materialnummern verdichten lassen. Auch hier können Weg-Randbedingungen berücksichtigt werden. Erläuterungen dazu und zu den 3 Verdichtungsverfahren finden Sie im Menüeintrag "**FE-Netz / einzeln verdichten**" (siehe Abschnitt 9.2.16).

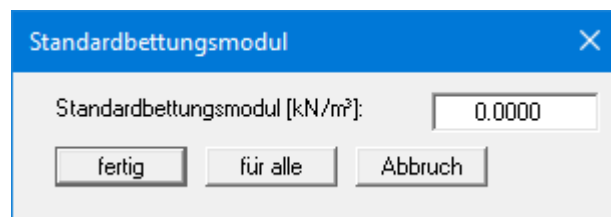
9.3 Menütitel Bettung (nur beim Bettungsmodulverfahren)

9.3.1 Allgemeiner Hinweis zu Bettungsmodulen

Der Menütitel "**Bettung**" erscheint nur, wenn Sie unter dem Menüeintrag "**Datei / Neu**" das Bettungsmodulverfahren angeklickt haben. Dieser Menütitel dient zur einfachen Definition der Bettungsmodule, die jedem Netzknoten zugeordnet sind.

9.3.2 Menüeintrag "Standard-Bettung"

Der in dieser Dialogbox definierte Standard-Bettungsmodul wird allen neuen FE-Knoten zugewiesen, die Sie z.B. über den Menüeintrag "**FE-Netz / Knoten setzen**" definieren.



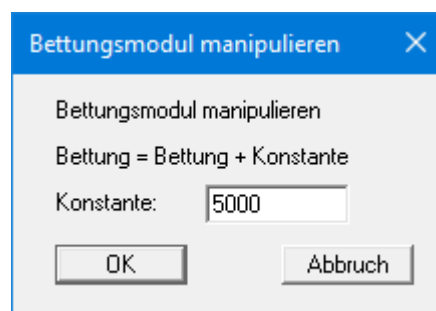
Wenn Sie den Wert ändern und die Dialogbox mit "**fertig**" verlassen, wird dieser neu festgelegte Bettungsmodul ab diesem Zeitpunkt für neu definierte Knoten verwendet. Sind bereits Knoten definiert, können Sie mit dem Knopf "**für alle**" auch nachträglich allen vorhandenen Netzknoten eine Standard-Bettung zuweisen.

9.3.3 Menüeintrag "Bettung einzeln"

Sie können durch Doppelklick auf einen Knoten die Bettung ändern. In der Dialogbox, die sich öffnet, haben Sie zusätzlich die Möglichkeit, die Koordinaten des ausgewählten Knotens zu verändern.

9.3.4 Menüeintrag "(Bettung an FE-Knoten) manipulieren"

Sie können alle Bettungsmodule in Abhängigkeit von vorhandenen Bettungsmodulen ändern. Im Beispiel der folgenden Box würde der Bettungsmodul an allen Knoten um 5000 kN/m³ vergrößert.

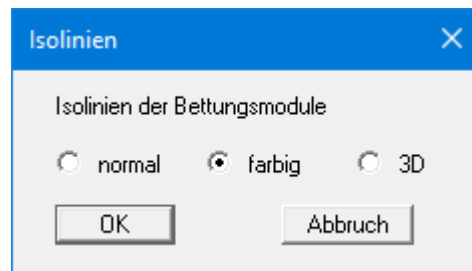


9.3.5 Menüeintrag "(Bettung) im Ausschnitt"

Sie können nach Definition eines Vierecks allen Knoten, die in diesem Viereck liegen, einen neuen Bettungsmodul zuweisen. Wenn der Schalter "**Bettungsmodul eintragen**" in der Infobox aktiviert ist, werden die Knoten mit dem aktuellen Bettungsmodul beschriftet. Sie haben so eine gute Übersicht über die eventuell vorhandenen unterschiedlichen Bettungsmodul-Bereiche.

9.3.6 Menüeintrag "Isolinien Bettung"

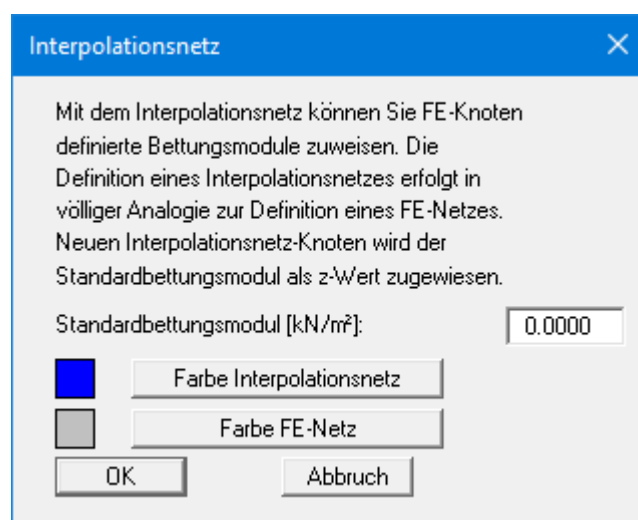
Um die Bettungsmodul-Situation zu verdeutlichen, können Sie ein Isolinienbild der festgelegten Bettungsmodule erzeugen.



Mit den Schaltern "**normal**", "**farbig**" und "**3D**" legen Sie die Form der Isolinien fest. Details dazu sind in den Abschnitten 9.9.2 bis 9.9.4 erläutert.

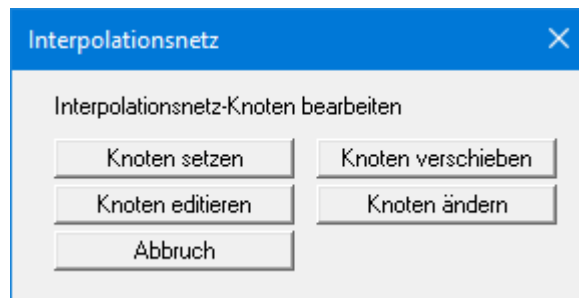
9.3.7 Menüeintrag "Interpolationsnetz"

Grundsätzlich kann mit den vorangegangenen Menüeinträgen die vollständige Definition der Bettungsmodule vorgenommen werden. Eine weitere Erleichterung bei der Definition bietet sich mit dem Interpolationsnetz an. Dieses Interpolationsnetz besteht, ähnlich wie das FE-Netz, aus Knoten und Dreiecken. An den Knoten können Sie bestimmte Bettungsmodule vorgeben. Nach der Definition eines Interpolationsnetzes können Sie dem dahinter liegenden FE-Netz den so definierten Bettungsmodulverlauf zuweisen. Die Zuweisung erfolgt durch lineare Interpolation. Das Interpolationsnetz sollte (muss aber nicht) das FE-Netz vollständig überdecken. Es kann im einfachsten Fall aus nur einem Dreieck bestehen.



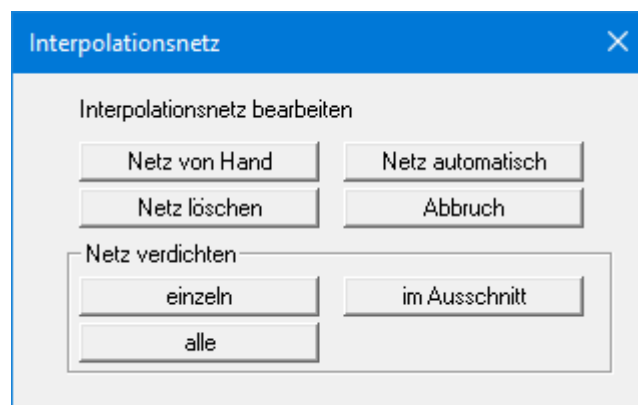
9.3.8 Menüeintrag "Knoten"

In völliger Analogie zum FE-Netz (siehe Abschnitte 9.2.4 bis 9.2.7) können Sie die Knoten des Interpolationsnetzes setzen, verschieben, editieren oder ändern.



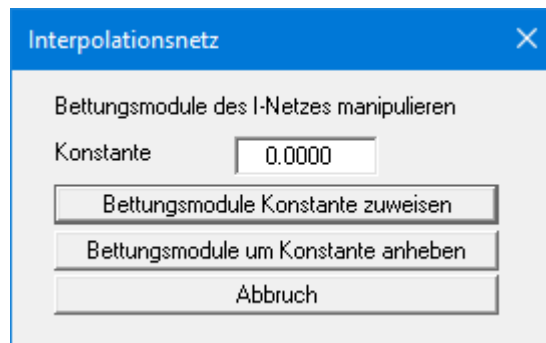
9.3.9 Menüeintrag "Netz"

In völliger Analogie zum FE-Netz (siehe Abschnitte 9.2.10, 9.2.11, 9.2.13 und 9.2.16 bis 9.2.18) können Sie das Netz des Interpolationsnetzes bearbeiten.



9.3.10 Menüeintrag "(Bettung an Interpolationsnetz-Knoten) manipulieren"

Sie können die Bettungsmodule bestimmter Knoten des Interpolationsnetzes verändern. Nachdem Sie ein Viereck im Gegenuhrzeigersinn definiert haben, erscheint folgende Dialogbox:



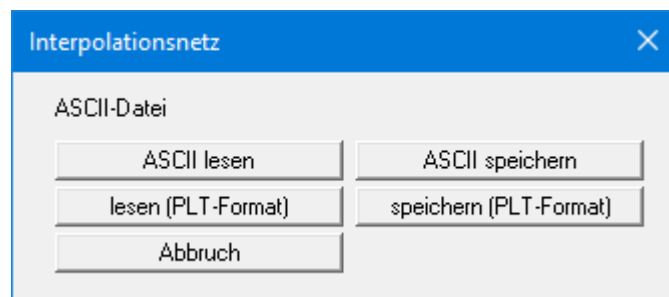
Nach Eingabe einer Konstanten haben Sie die beiden in der Dialogbox angegebenen Möglichkeiten der Veränderung der ausgewählten Bettungsmodule.

9.3.11 Menüeintrag "Isolinien"

Sie können ein Isolinienbild der Bettungsmodule des Interpolationsnetzes erzeugen. Dabei haben Sie die Wahl zwischen farbigen Isolinien oder einer 3D-Darstellung (siehe auch Menüeintrag "**Bettung / Isolinien Bettung**", Abschnitt 9.3.6).

9.3.12 Menüeintrag "lesen/speichern"

Sie können die x-, y-Koordinaten des Interpolationsnetzes aus einer ASCII-Datei einlesen.



Wenn Sie das im PLT-Format erledigen, werden die Informationen hinsichtlich der Dreiecke und der Bettungsmodule mit abgespeichert oder gelesen. Bei "**ASCII lesen**" erscheint die Dialogbox wie in Abschnitt 9.1.5 beschrieben.

9.3.13 Menüeintrag "zuweisen"

Nach der vollständigen Bearbeitung des Interpolationsnetzes können die Bettungsmodule des Interpolationsnetzes dem FE-Netz zugewiesen werden.

Da nach Zuweisung der Bettungsmodule kein Undo möglich ist, ist es sinnvoll, die Datei vorher noch einmal abzuspeichern.

9.4 Menütitel Steifemodul (nur beim Steifemodulverfahren)

9.4.1 Allgemeiner Hinweis zu Steifemodulen

Der Menütitel "**Steifemodul**" erscheint nur, wenn Sie unter dem Menüeintrag "**Datei / Neu**" das Steifemodulverfahren angeklickt haben. Dieser Menütitel dient zur einfachen Definition der Steifemodulprofile.

Für eine Berechnung mit dem Steifemodulverfahren ist die Definition eines Dreiecksnetzes erforderlich, das nichts mit dem FE-Netz zu tun hat. Die Knoten dieses Dreiecksnetzes werden von den Bohrpunkten gebildet. Die Bohrpunkte werden dann zu einem Dreiecksnetz verbunden, aus dem das Programm an jedem Punkt das Steifemodulprofil interpolieren kann. Die Steifemodulprofile werden mit einem Netz beschrieben, das ähnlich wie das Interpolationsnetz aufgebaut wird (siehe Menütitel "**Bettung**"). Nur wird an den Knoten dieses Netzes nicht der Bettungsmodul definiert, sondern ein Steifemodulprofil. Im einfachsten Fall kann ein solches Netz aus einem Dreieck mit drei Steifemodulprofilen bestehen.

9.4.2 Menüeintrag "Einstellungen"

Unter diesem Menüeintrag können allgemeine Darstellungsparameter angegeben werden, die die Grafik des Systems beeinflussen.

Einstellungen

- ☐ Korrekturbeiwerte kappa (DIN 4019) verwenden
- ☐ mit Rüttelstopfverdichtung
- ☒ mit FE-Netz
- ☐ mit Knotennummern
- ☒ mit Steifemodulprofil
- ☒ Steifemodul in Farbe
- ☒ mit Tiefenangaben
- ☒ mit Bodenbezeichnung
- ☐ Keine Bodenbezeichnung, wenn Dicke = 0,0

Faktor für Tiefen:

Profilbreite:

☐ Bodenfarben automatisch

Absolute Höhen

☐ Absolute Höhen verwenden

Bezeichnung für abs. Höhe:

Nach DIN 4019 Tabelle 1 können bei der Setzungsberechnung Korrekturbeiwerte κ berücksichtigt werden. Die Verwendung dieser Korrekturbeiwerte aktivieren Sie über den entsprechenden Schalter in der Dialogbox.

Über den Schalter "**mit Rüttelstopfverdichtung**" aktivieren Sie die Berücksichtigung einer Rüttelstopfverdichtung nach Priebe (Heinz J. Priebe, *Die Bemessung von Rüttelstopfverdichtung*, Ground Engineering, Dezember 1995).

Sie können die Bodenbezeichnung am Steifemodulprofil darstellen lassen. Da immer dieselbe Anzahl an Schichten in den Profilen vorhanden ist, können Sie bei Schichten, die in einzelnen Profilen nicht vorhanden und daher mit einer Schichtdicke = 0 definiert sind, die Bezeichnung ausblenden. Aktivieren Sie dazu den Schalter "**Keine Bodenbezeichnung, wenn Dicke = 0,0**".

Mit "**Faktor für Tiefen**" können Sie die Länge der Profilsäulen in der Darstellung steuern. Wenn der Schalter "**Bodenfarben automatisch**" aktiviert ist, regelt das Programm die Farbfüllung der Profile automatisch. Ansonsten werden für die einzelnen Bodenschichten die Farben verwendet, die Sie unter "**Bodenfarben**" definieren können. Die gewählte Farbeinstellung wird automatisch für die Steifemodul-Legende übernommen (siehe Abschnitt 9.7.10).

Beim Steifemodulverfahren können Sie auch mit absoluten Höhen arbeiten. Bei deaktiviertem Schalter "**Absolute Höhen verwenden**" liegt das Gelände auf **0,0** und alle Tiefenangaben zählen nach unten positiv. Wenn Sie den Schalter aktivieren, geben Sie die Schichttiefen in absoluten Werten (y-Achse nach oben positiv) an. In der nachfolgenden Eingabebox können Sie die Bezeichnung (hier: mNHN) anpassen. Die Eingabe der absoluten Geländehöhe erfolgt in der Dialogbox "**System / OK Gelände**" (siehe Abschnitt 9.6.10).

9.4.3 Menüeintrag "Schichten"

Nach Anklicken dieses Menüeintrags erscheint folgende Dialogbox. Wenn Sie die Anzahl der Schichten ändern wollen, klicken Sie auf den Knopf "**Anzahl Schichten ändern (1)**" und geben anschließend die neue Schichtanzahl an.

Nr	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	50.00	19.000	0.000	Sand

In der Dialogbox können Sie eine Bodenbezeichnung, den Steifemodul E_s und die Querkontraktionszahl ν für die einzelnen Schichten eingeben. 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.

Für die Grenztiefenberechnung ist die Eingabe der Wichte des feuchten Bodens erforderlich, unterhalb des Grundwassers als Wichte des Bodens unter Auftrieb. Das Eingabefeld gamma erscheint nur, wenn Sie unter "**Datei / Neu**" oder "**System / berechnen**" den Schalter "**mit Grenztiefenberechnung**" aktiviert haben.

Wenn mit dem Steifemodul gerechnet wird, ist nue für alle Böden gleich 0.0. Die Darstellung des Wertes nue in der Steifemodul-Legende kann dann auch ausgeblendet werden (siehe Abschnitt 9.7.10).

Um eine sinnvolle Interpolation innerhalb des Dreiecksnetzes sicherzustellen, ist es erforderlich, dass alle Knoten die gleiche Anzahl von Schichten aufweisen. Wenn sich innerhalb Ihres Systems Bereiche befinden, in denen bestimmte Bodenschichten nicht auftreten (z.B. Torflinse nur in Teilbereichen), so weisen Sie an diesen Knoten der Schicht im Menüeintrag "**Standardtiefen**" (siehe Abschnitt 9.4.4) einfach eine Mächtigkeit von **0,0** zu, also eine Höhenkote entsprechend der darüber liegenden Schicht.

Wenn Sie mit einer Rüttelstopfverdichtung arbeiten, erscheint nach dem Anklicken dieses Menüeintrags folgende Dialogbox:

Nr	Es [MN/m²]	RSV	A(C)/A [-]	phi(C) [°]	E(C)/E(B) [-]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	1.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.227	40.00	10.000	14.00	0.000	Klei
2	20.00	<input type="checkbox"/>	0.200	40.00	10.000	9.00	0.000	Sand, schluffig

Sie definieren durch Aktivieren des Schalters "**RSV**" die durch eine Rüttelstopfverdichtung verbesserte Bodenschicht. Für diese Schicht geben Sie die entsprechenden Kennwerte ein (siehe "**Info**"-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.

9.4.4 Menüeintrag "Standardtiefen"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags erscheint die folgende Dialogbox:

Nr	UK [m u GOK]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	3.00	1.00	14.00	0.000	Klei
2	7.00	20.00	9.00	0.000	Sand, schluffig

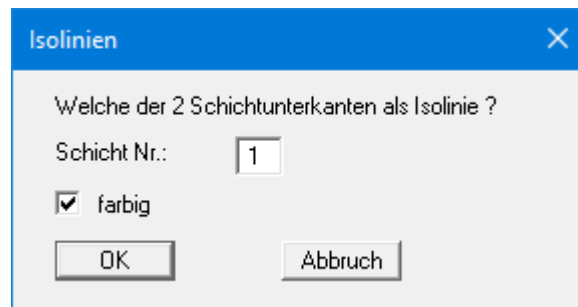
Wenn Sie unter dem Menüeintrag "**Steifemodul / Schichten**" zwei Schichten eingegeben haben, werden in dieser Dialogbox ebenfalls zwei Schichttiefen angezeigt. Die zugehörigen Steifemodule und die Querkontraktionszahl sind als Information ebenfalls aufgeführt. Die angegebenen Tiefen können Sie nach eigenen Wünschen ändern. Die Tiefen werden positiv in m unter OK Gelände eingegeben. Wenn Sie die Verwendung absoluter Höhen aktiviert haben, geben Sie hier die Tiefen in absoluten Höhen ein, beispielsweise in mNHN.

Bei der späteren Definition von Dreiecksknoten werden die oben eingegebenen Schichttiefen den neuen Knoten standardmäßig zugewiesen. Natürlich können Sie die Schichttiefen für jeden Knoten noch beliebig ändern. Wenn das Steifemodulprofil jedoch für fast alle Knoten des Dreiecksnetzes gleich ist, sparen Sie über die anfängliche Definition von Standardtiefen viel Eingabearbeit.

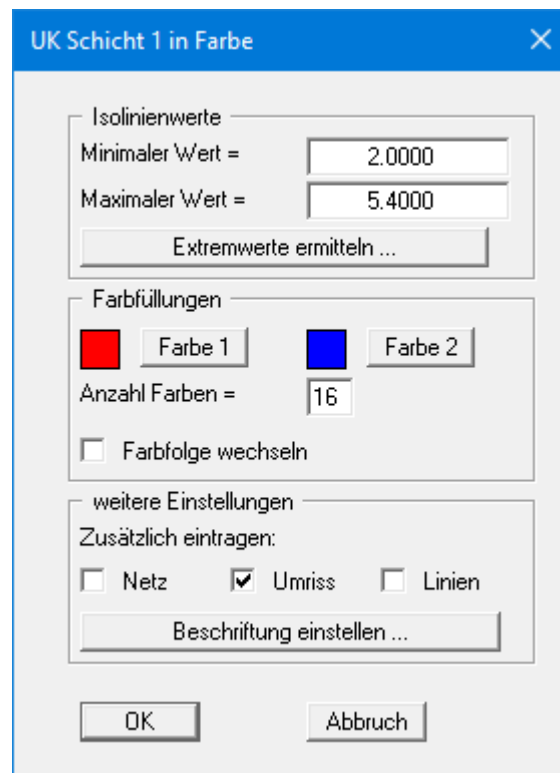
Mit dem Knopf "**laden**" können Sie eine vorher abgespeicherte Tiefenverteilung laden. Mit "**speichern**" können Sie die aktuelle Tiefenverteilung in eine Datei ablegen, um Sie später ohne Neu-eingabe einfach wieder verfügbar zuhaben. Wenn Sie den Schalter "**für alle**" wählen, können Sie auch allen bereits vorhandenen Dreiecksknoten diese Tiefen zuweisen. In der Dialogbox werden maximal 8 Schichten angezeigt. Falls mehr als acht Schichten vorhanden sind, können Sie mit den Knöpfen "**vor**" und "**zurück**" in der Tabelle blättern.

9.4.5 Menüeintrag "Isolinien UK Schicht"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags erscheint die folgende Dialogbox:



Dieser Menüeintrag dient zur Kontrolle der Eingabedaten hinsichtlich der Schichttiefen. Geben Sie die Nummer der Schicht ein, deren Unterkante Sie als Isolinienplan sehen wollen. Wenn Sie den Schalter "**farbig**" aktivieren, erhalten Sie einen farbgefüllten Isolinienplan. Ansonsten wird ein herkömmlicher Isolinienplan gezeichnet (siehe dazu Abschnitt 9.9.2).



Bei einer farbgefüllten Grafik erhalten Sie obige Dialogbox.

- Bereich "**Isolinienwerte**"
Drücken Sie zunächst den Knopf "**Extremwerte ermitteln ...**". Das Programm bestimmt dann den minimalen und maximalen Wert der betreffenden Schichtunterkante. Sie können anschließend diese Werte auch ändern, um z.B. einen festgelegten Startwert zu haben.

- Bereich **"Farbfüllungen"**
Mit **"Anzahl Farben"** steuern Sie die Farbunterteilung des Isolinenplans. 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.
- **"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"** (siehe Abschnitt 9.8.4) den rechten Plotrand auf einen größeren Wert (z.B. 25 mm) ein.

9.4.6 Menüeintrag "Schichttiefen editieren"

Dieser Menüeintrag ermöglicht die Änderung der Schichtunterkanten an den einzelnen Knoten des Dreiecksnetzes. Nach dem Doppelklick in die Nähe des zu ändernden Knotens können Sie die Tiefen der Schichtunterkanten ändern.

Schichtung am Punkt Nr. 2
✕

vor
zurück
Abbruch
fertig
laden

für alle
speichern

Nr	UK [m u GOK]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	<input style="width: 50px;" type="text" value="2.00"/>	1.00	14.00	0.000	Klei
2	<input style="width: 50px;" type="text" value="7.00"/>	20.00	9.00	0.000	Sand, schluffig

9.4.7 Menüeintrag "bestimmen"

Sie können sich an jeder beliebigen Stelle innerhalb des Dreiecksnetzes das Steifemodulprofil anzeigen lassen.

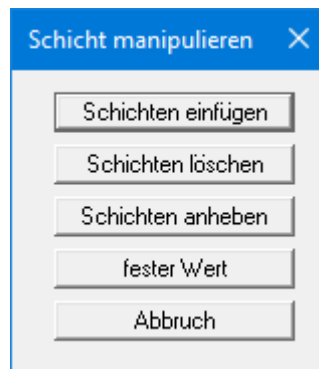
Schichttiefen bei x = 3.857 und y = 2.498
✕

fertig

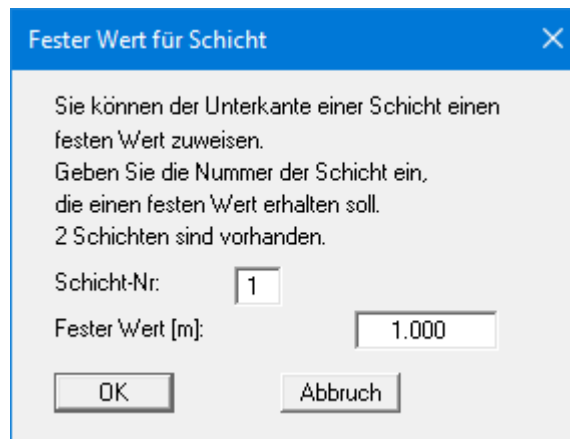
Nr	UK [m u GOK]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]
1	3.57	1.00	14.000	0.000
2	7.00	20.00	9.000	0.000

9.4.8 Menüeintrag "(Schichten) manipulieren"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags erscheint folgende Dialogbox:



- **"Schichten einfügen"**
Sie können durch Aufteilung einer bereits vorhandenen Schicht eine neue Schicht in allen Steifemodulprofilen definieren. Die Tiefe der ausgewählten Schicht wird dabei in 2 gleich große, neue Schichten aufgeteilt, so dass die Endtiefe des Steifemodulprofils nicht beeinflusst wird. Die Bodenkennwerte der ausgewählten Schicht werden für beide Schichten übernommen.
- **"Schichten löschen"**
Sie können eine Schicht auswählen, die Sie löschen möchten.
- **"Schichten anheben"**
Sie können eine Schicht auswählen, die um einen bestimmten Betrag angehoben oder gesenkt werden soll. Die Aktion wird für alle Steifemodulprofile durchgeführt.
- **"fester Wert"**
Sie können nachträglich einer ausgewählten Schicht in allen Steifemodulprofilen eine bestimmte Tiefe zuweisen.



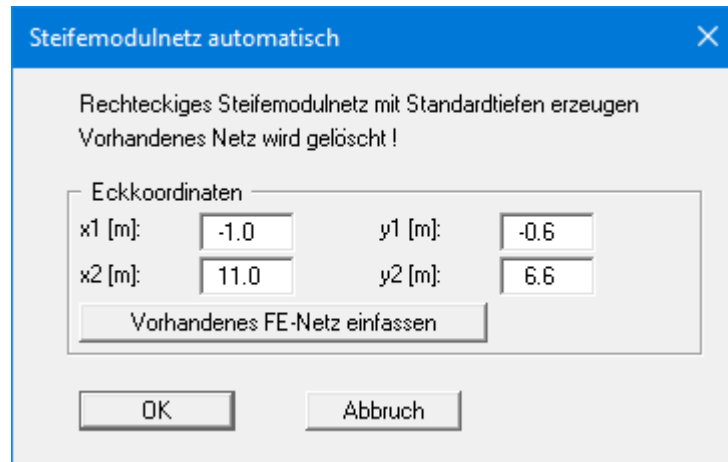
9.4.9 Menüeintrag "im Schnitt darstellen"

Sie können einen beliebigen Schnitt durch das Steifemodulprofilnetz legen und sich das hier gültige geologische Profil darstellen lassen. Die Vorgehensweise entspricht der Schnittdarstellung, die unter dem Menüeintrag **"Auswerten / beliebiger Schnitt"** erläutert ist (siehe Abschnitt 9.9.10).

9.4.10 Menüeintrag "Autonetz"

Wenn Sie diesen Menüeintrag anwählen, können Sie ein rechteckiges Steifemodulnetz mit Standardtiefen erzeugen. Sie müssen nur noch die Eckkoordinaten eingeben.

Aber Vorsicht: Das vorhandene Steifemodul-Netz wird gelöscht !



Wenn Sie zunächst den Knopf "**Vorhandenes FE-Netz einfassen**" klicken, ermittelt das Programm die erforderlichen Koordinaten, die Ihr bereits eingegebenes FE-Netz umschließen, und setzt diese in die Eingabefelder ein.

9.4.11 Menüeintrag "Knoten setzen"

Über diesen Menüeintrag können Sie durch Mausklick die Dreiecksknoten für Ihr Steifemodulprofilnetz festlegen. Sie können über die linke Maustaste Knoten setzen und über die rechte Maustaste Knoten löschen. Den neuen Knoten werden hinsichtlich des Steifemodulprofils die Schichten mit den Standardtiefen zugewiesen, die Sie zuvor über "**Steifemodul / Schichten**" und "**Steifemodul / Standardtiefen**" definiert haben (siehe Abschnitte 9.4.3 und 9.4.4).

9.4.12 Menüeintrag "(Knoten) ändern"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags erscheint folgende Dialogbox:

Nr	x[m]	y[m]
1	-1.0000	-1.0000
2	-1.0000	4.0000
3	11.0000	2.0000
4	11.0000	7.0000

Innerhalb dieser Box ist es möglich, die x-/y-Koordinaten der Knoten (Bohrpunkte) über die Tastatur einzugeben oder zu ändern. Falls Sie mit dem Knopf **"x Knoten ändern"** die Anzahl der Knoten erhöhen, erhalten die neuen Knoten hinsichtlich des Steifemodulprofils die Standardtiefen. Die Bedienung der Schalter entspricht dem Menüeintrag **"Steifemodul / Schichten"** (siehe Abschnitt 9.4.3).

9.4.13 Menüeintrag "(Knoten) verschieben"

Nach dem Anklicken dieses Menüeintrags können Sie vorhandene Dreiecksknoten mit der Maus verschieben und dadurch die x-/y-Koordinaten verändern.

9.4.14 Menüeintrag "(Knoten) editieren"

Über diesen Menüeintrag ist eine nachträgliche Bearbeitung einzelner Knoten des Steifemodulprofilnetzes möglich. Mit einem Doppelklick der linken Maustaste in der Nähe eines Knotens erhalten Sie folgende Dialogbox, in der Sie die Koordinaten verändern können.

Knoten 3

x [m] = 11.000

y [m] = 2.000

Schichttiefen

OK Abbruch

Nach Klicken auf den Knopf **"Schichttiefen"** erhalten Sie eine weitere Dialogbox, in der Sie die Schichttiefen verändern können.

9.4.15 Menüeintrag "Netz von Hand"

Sie können **von Hand** Dreiecksknoten zu einem Dreiecksnetz zusammenfassen. Im Normalfall wird man die Triangulation automatisch (siehe unten) durchführen lassen. Wenn das vom Programm automatisch erzeugte Dreiecksnetz jedoch nicht Ihren Vorstellungen entspricht, können Sie die Triangulation auch **von Hand** ausführen. Falls Sie ein bestehendes Dreieck löschen wollen, klicken Sie die Knoten dieses Dreiecks nochmals an.

9.4.16 Menüeintrag "automatisch"

Der Menüeintrag "**automatisch**" führt eine vom Programm gesteuerte Netzgenerierung (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 Triangulation nach gewissen Gesetzmäßigkeiten abläuft, die unter Umständen eine sinnvolle Ergänzung eines zuvor von Hand eingegebenen Teilnetzes nicht zulässt.

9.4.17 Menüeintrag "löschen"

Über diesen Menüeintrag können Sie das komplette Steifemodulprofilnetz nach einer Sicherheitsabfrage löschen.

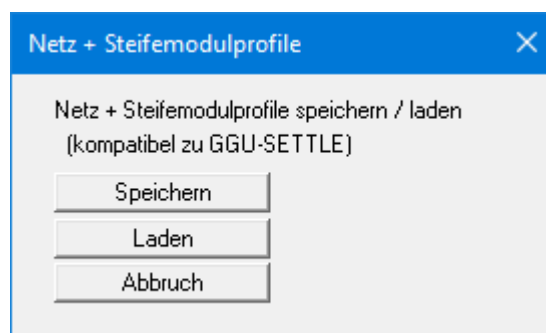
9.4.18 Menüeintrag "verdichten"

Das Programm ermöglicht die Verdichtung eines vorhandenen Dreiecksnetzes. Eine Verdichtung ist im Allgemeinen nur dann erforderlich, wenn Sie ein bereits vorhandenes Dreiecksnetz um einige, eventuell fiktive, Knoten erweitern wollen.

Die Verdichtung des Steifemodulprofilnetzes erfolgt analog zur Verdichtung einzelner Elemente des FE-Netzes (siehe Abschnitt 9.2.16).

9.4.19 Menüeintrag "Speichern/Laden"

Wenn Sie Platten nach dem Steifemodulverfahren berechnen, können Sie über diesen Menüeintrag Ihre Steifemodulprofile mit dem zugehörigen Netz in eine Datei mit der Erweiterung "**.ggu_stei**" speichern oder eine vorher abgespeicherte Datei laden.



Diese Dateien sind kompatibel zum Programm **GGU-SETTLE**, so dass Sie für eine nachfolgende Setzungsberechnung die Steifemodulprofile und das Netz auch in **GGU-SETTLE** laden können.

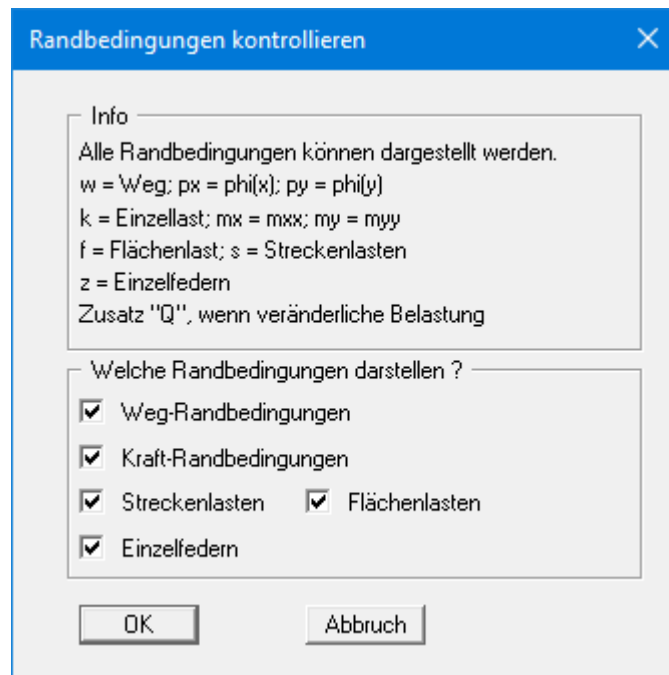
9.5 Menütitel Rand

9.5.1 Menüeintrag "Einstellungen"

In der Dialogbox dieses Menüeintrages kann die Darstellungsweise der Randbedingungen auf dem Bildschirm eingestellt werden.

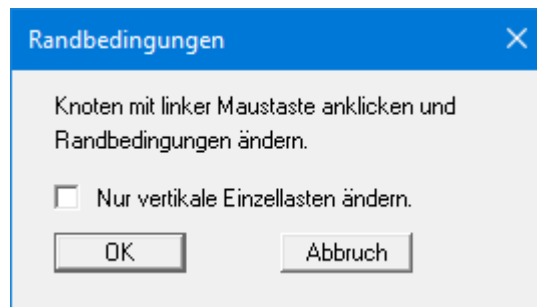
9.5.2 Menüeintrag "kontrollieren"

Sie können sich mit diesem Menüeintrag einen guten Überblick über die Lage aller Randbedingungen verschaffen, in dem Sie die gewünschten Randbedingungen am Bildschirm darstellen lassen.

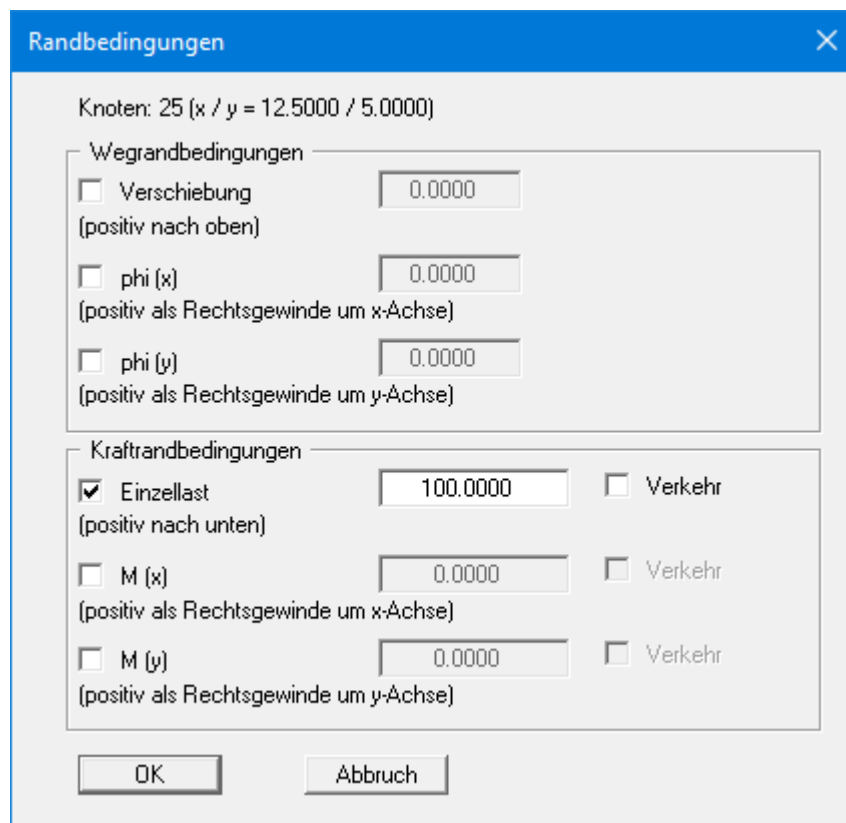


9.5.3 Menüeintrag "Weg + Lasten einzeln"

Über diesen Menüeintrag können Sie einzelnen FE-Knoten Weg-Randbedingungen oder Kraft-Randbedingungen zuweisen und vorhandene Randbedingungen ändern oder löschen.



Wenn Sie verschiedene Randbedingungen gleichzeitig setzen möchten, lassen Sie den Schalter "Nur vertikale Einzellasten ändern" deaktiviert. Sie erhalten dann die folgende Dialogbox.



Aktivieren Sie den Schalter vor der gewünschten Randbedingung und geben Sie den zugehörigen Wert ein. Für eine Weg-Randbedingung können Sie eine Verschiebung oder eine Verdrehung in x- oder y-Richtung festlegen. Um eine Randbedingung zu löschen, deaktivieren Sie den entsprechenden Schalter.

Analog zu den Weg-Randbedingungen werden die Einzellasten im FE-System vereinbart. Sie können bei den Kraft-Randbedingungen zwischen Einzellast, Moment $M(x)$ und Moment $M(y)$ wählen. Bei der Berechnung nach dem neuen **Teilsicherheitskonzept** erhalten Sie wegen der erforderlichen Unterscheidung in Ständige und Veränderliche Auflasten zusätzlich den Schalter "**Verkehr**".

Bei aktiviertem Schalter "**Nur vertikale Einzellasten ändern**" erhalten Sie die folgende Eingabebox, mit der Sie etwas schneller eine Einzellast für den angeklickten Knoten setzen können.

Randbedingungen [X]

Knoten: 2 (x / y = 2.0000 / 3.8974)

Einzellast ☐ Verkehr
(positiv nach unten)

Anmerkung zu freier Auflagerung:

Der Fall einer freien Auflagerung wird von der Finite-Element-Methode automatisch berücksichtigt. Es gilt, dass alle Systemränder oder Systemteileränder, die keine Weg- oder Kraft-Randbedingungen besitzen, automatisch frei gelagert sind.

9.5.4 Menüeintrag "im Ausschnitt (Weg)"

Nach Anwahl dieses Menüeintrages kann in einem Ausschnitt mehreren FE-Knoten gleichzeitig eine Weg-Randbedingung zugewiesen bzw. gelöscht werden. Sie wählen hier zunächst die Art der Weg-Randbedingung. Anschließend klicken Sie im Gegenuhrzeigersinn vier Punkte mit der linken Maustaste an. Die rechte Maustaste setzt die angewählten Punkte zurück. Die Definition bezieht sich auf alle Knoten, die im Viereck liegen. Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie die gewünschte Aktion wählen.

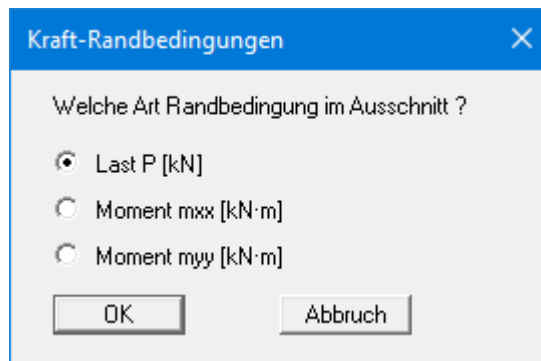
Randbedingungen [X]

Verschiebung w [cm] für alle Knoten, die innerhalb des gewählten Vierecks liegen.

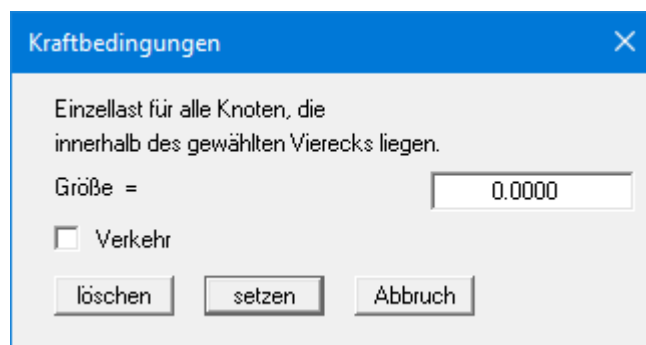
Größe =

9.5.5 Menüeintrag "im Ausschnitt (Last)"

Entsprechend des vorherigen Menüeintrages können Sie in einem Ausschnitt mehreren FE-Knoten gleichzeitig eine Kraft-Randbedingung zuweisen bzw. löschen.



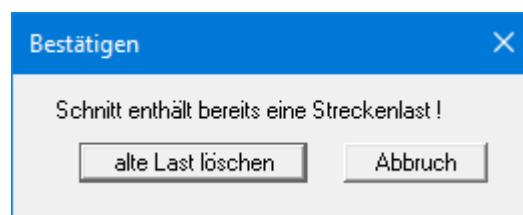
Sie wählen hier zunächst die Art der Kraft-Randbedingung aus. Anschließend klicken Sie im Gegenuhrzeigersinn vier Punkte mit der linken Maustaste an. Die rechte Maustaste setzt die angewählten Punkte zurück. Die Definition bezieht sich auf alle Knoten, die im Viereck liegen. Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie die gewünschte Aktion wählen.



9.5.6 Menüeintrag "Streckenlasten"

Die Vorgehensweise zur Definition von Streckenlasten ist in einer Dialogbox erläutert. Sie definieren die Streckenlast durch Anklicken der Systemknoten, denen Sie eine Randbedingung zuweisen möchten. Die Aktion wird durch Drücken der **[Return]**-Taste abgeschlossen. Es erscheint anschließend eine Dialogbox, in der Sie eine Anfangs- und eine Endgröße definieren. Die Last wird linear entsprechend dem Punktabstand den anliegenden Elementkanten zugewiesen. Bei der Berechnung nach dem neuen *Teilsicherheitskonzept* erhalten Sie wegen der erforderlichen Unterscheidung in Ständige und Veränderliche Auflasten zusätzlich den Schalter "**Verkehr**".

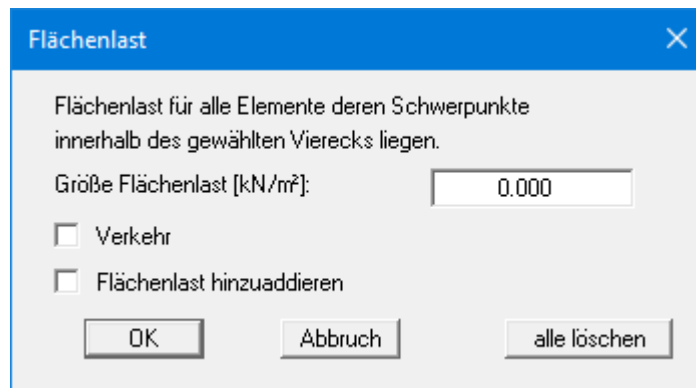
Sind bereits Streckenlasten definiert, erscheint in der Dialogbox ein zusätzlicher Knopf "**alle Streckenlasten löschen**". Wenn Sie die Dialogbox über diesen Knopf verlassen, werden sämtliche Streckenlasten gelöscht und Sie können eine neue Streckenlast definieren. Einzelne Streckenlasten können Sie löschen, indem Sie diesen Menüeintrag nochmals anwählen und die Knoten anklicken, denen die Streckenlast zugewiesen wurde. Es erscheint dann folgende Dialogbox:



Klicken Sie den Knopf "**alte Last löschen**" so lange, bis alle Teilstücke der markierten Streckenlast gelöscht sind, und definieren Sie dann, wenn gewünscht, eine neue Streckenlast.

9.5.7 Menüeintrag "Flächenlasten"

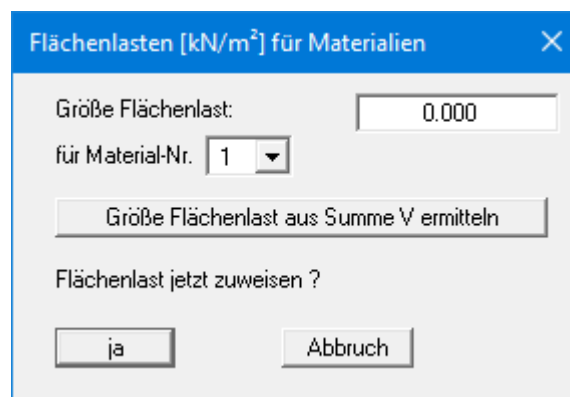
Sie können bestimmten FE-Elementen Flächenlasten zuweisen, indem Sie den Bereich im Gegen-
uhrzeigersinn durch 4 Punkte als Polygon definieren. Sie erhalten danach die folgende Dialogbox:



Bei der Berechnung nach dem neuen **Teilsicherheitskonzept** erhalten Sie wegen der erforderlichen Unterscheidung in Ständige und Veränderliche Auflasten zusätzlich den Schalter "**Verkehr**". Wenn Sie den Schalter "**Flächenlast hinzuaddieren**" aktivieren, wird der eingegebene Wert zu eventuell vorhandenen Flächenlasten addiert. Wenn Sie negative Eingaben machen, wird die Flächenlast entsprechend reduziert. Wenn Sie den Knopf "**alle löschen**" anklicken, werden alle vorhandenen Flächenlasten gelöscht, und Sie können nach erneuter Festlegung eines Polygons eine neue Flächenlast definieren.

9.5.8 Menüeintrag "Flächenlasten für Materialien"

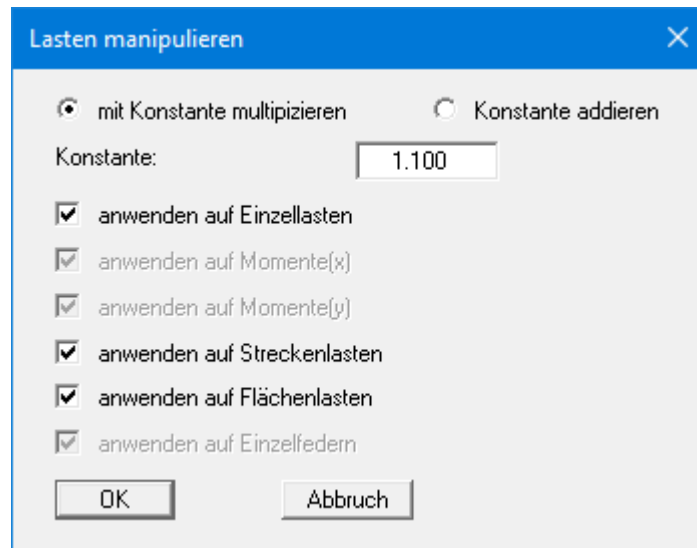
Sie können bestimmten Materialien Flächenlasten zuweisen. Sie erhalten die folgende Dialogbox:



Sie können die Größe der Flächenlast direkt eingeben oder über den Knopf "**Größe Flächenlast aus Summe V ermitteln**" vom Programm berechnen lassen. In einer weiteren Dialogbox geben Sie dazu die Summe V ein. Das Programm berechnet die Flächenlast über V/A mit der für die gewählte Materialnummer ermittelten Fläche A.

9.5.9 Menüeintrag "Lasten / Einzelfedern manipulieren"

In der Dialogbox dieses Menüeintrags können Sie vorhandene Lasten und/oder Einzelfedern nachträglich verändern. Nachdem Sie den gewünschten Bereich mit einem Viereck umfahren haben, erhalten Sie die folgende Dialogbox. Elemente, die in Ihrem Viereck nicht vorhanden sind, sind deaktiviert.



Sie können auswählen, ob die gewünschten Lasten oder Einzelfedern mit einer Konstanten multipliziert oder die Konstante addiert werden soll. Nach Bestätigen der Einstellungen über "**OK**" wird Ihnen in einer Infobox die Anzahl der veränderten Lasten oder Einzelfedern angezeigt.

9.5.10 Menüeintrag "Material einzeln"

Nach der Auswahl der Darstellungsart des FE-Systems auf dem Bildschirm können Sie für einzelne Elemente des FE-Netzes die Zuordnung der Materialnummer ändern. Damit werden diesen Elementen die Materialkennwerte zugewiesen, die Sie unter dem Menüeintrag "**System / Material Platte**" definiert haben (siehe Abschnitt 9.6.3).

9.5.11 Menüeintrag "(Material) im Ausschnitt"

Nach der Auswahl der Darstellungsart des FE-Systems auf dem Bildschirm definieren Sie ein Polygon durch Anklicken von 4 Punkten im Gegenuhrzeigersinn. Allen Elementen, deren Schwerpunkt innerhalb dieses Polygons liegt, können Sie eine andere Materialnummer zuweisen. Die zugehörigen Materialkennwerte definieren Sie unter dem Menüeintrag "**System / Material Platte**" (siehe Abschnitt 9.6.3).

9.5.12 Menüeintrag "Stäbe"

Nachdem Sie ein FE-Netz definiert haben, können Sie entlang von Knoten des FE-Netzes Stäbe definieren, die bei der späteren Plattenberechnung hinsichtlich ihrer Steifigkeit berücksichtigt werden. Das ist z.B. sinnvoll, wenn Sie den Einfluss von Fundamentbalken o.ä. berücksichtigen wollen. Grundsätzlich können Sie einen Fundamentbalken auch über eine Verdickung der Platte in entsprechenden Bereichen modellieren.

Nachdem Sie die Knotenauswahl mit der [**Return**]-Taste abgeschlossen haben, erscheint eine Dialogbox, in der Sie dem definierten Stab eine Materialnummer zuweisen. Wenn z.B. mehrere Fundamentbalken mit unterschiedlichen Dicken und/oder Breiten im System vorliegen, vergeben Sie für jeden Typ eine andere Materialnummer.

Die definierten Stäbe werden in der Grafik mit der entsprechenden Materialnummer dargestellt. Die Farbe und Strichdicke der Eintragung können Sie im Menüeintrag "**Ansicht / Stifte**" (siehe Abschnitt 9.7.3) ändern.

Wenn Sie bestimmte Stäbe wieder löschen wollen, klicken Sie diese Stäbe ein zweites Mal an. Über den Knopf "**alten Stab löschen**" löschen Sie die einzelnen Teile des definierten Stabes, d.h. es kann auch ein **Rest** des definierten Stabes stehen bleiben.

9.5.13 Menüeintrag "alle löschen"

Nach einer Abfrage werden alle definierten Stäbe gelöscht.

9.5.14 Menüeintrag "Einzelfedern"

Neben Stabelementen können Sie einzelnen Systemknoten auch Einzelfedern zuweisen. Eine Anwendung von Einzelfedern ergibt sich, wenn Sie z.B. eine Platte untersuchen wollen, die auf gering tragfähigem Baugrund auflagert und daher an verschiedenen Stellen mit Pfählen gegründet ist.

Nach dem Anklicken eines Knotens erhalten Sie eine Dialogbox, in der Sie die Größe der Einzelfeder in der Dimension kN/m definieren können. Größenangaben ≤ 0.0 löschen eine vorhandene Feder.

Bei einem Pfahl ergibt sich die Einzelfedergröße z.B. aus dem Widerstandssetzungsdiagramm nach DIN 4014. Wenn z.B. ein Pfahl bei einer Tragfähigkeit von $P = 1340$ kN eine Setzung von $s = 0,95$ cm aufweist, berechnet sich die Einzelfedergröße C_B aus

$$C_B = P/s = 1340 / 0,0095 = 141.000,0 \text{ kN/m}$$

Wenn Sie zusätzlich die Dehnsteifigkeit des Pfahles berücksichtigen wollen, müssen Sie die Federkonstante des Pfahls C_P bestimmen aus:

$$C_P = E \cdot A / L$$

E = Elastizitätsmodul Pfahl
 A = Querschnittsfläche des Pfahls
 L = Länge des Pfahls

Beispiel:

$$E = 30.000.000 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beton)}$$

$$A = 0,20 \text{ m}^2$$

$$L = 12,0 \text{ m}$$

Damit ergibt sich:

$$C_P = 30.000.000 \cdot 0,20 / 12,0 = 500.000,0 \text{ kN/m}$$

Die Einzelfedergröße (Gesamtfederkonstante) C ergibt sich aus:

$$1 / C = 1 / C_B + 1 / C_P$$

$$1 / C = 1 / 141.000 + 1 / 500.000 = 9,0922 \cdot 10^{-6}$$

$$C = 109.984 \text{ kN/m}$$

9.5.15 Menüeintrag "Einzelfedern im Ausschnitt"

Diesen Menüeintrag können Sie nutzen, um in einem Schritt vorhandene Einzelfedern zu löschen. Sie umfahren den Bereich mit den zu löschenden Einzelfedern und setzen die Größe auf 0.0. So brauchen Sie nicht jede Feder einzeln anzuklicken.

9.6 Menütitel System

9.6.1 Menüeintrag "Info"

Nach Anwahl dieses Menüeintrags erscheint eine Information über das gewählte System mit Anzahl der Dreieckselemente, der Knoten und der Randbedingungen, usw.

9.6.2 Menüeintrag "Dimension + Datensatzbez."

Sie können eine Beschreibung des aktuellen Systems eingeben, die in die *Allgemeine Legende* übernommen wird (siehe Abschnitt 9.7.8). In der zweiten Eingabezeile wählen Sie die Dimension für den Steifemodul und die Verschiebung aus.

9.6.3 Menüeintrag "Material Platte"

Sie können die Kennwerte für die Platte ändern. In Abhängigkeit von der über die Menüeinträge "**Rand / Material (einzeln)**" (Abschnitt 9.5.9) oder "**Rand / (Material) im Ausschnitt**" (Abschnitt 9.5.11) vergebenen Anzahl von Materialnummern erscheint eine Dialogbox mit entsprechend vielen Eingabezeilen:

	Bezeichnung	E	Dicke	gamma	nue	d(1) oben	d(2) oben	d(1) unten	d(2) unten
		[kN/m²]	[m]	[kN/m²]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	Beton	4.0000E+7	0.4000	25.0000	0.167	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450

Die Zahleneingabe für "**d(1)oben**", "**d(2)oben**", "**d(1)unten**" und "**d(2) unten**" sind für eine spätere Bewehrung der Platte wichtig. Damit ist der Abstand des Schwerpunktes der Bewehrung vom oberen bzw. unteren Plattenrand für die Hauptbewehrungsrichtungen **1** und **2** gemeint.

9.6.4 Menüeintrag "Material Stäbe"

Sie können die Kennwerte von eventuell definierten Stäben ändern. In Abhängigkeit von der über den Menüeintrag "**Rand / Stäbe**" (Abschnitt 9.5.12) vergebenen Anzahl von Stab-Materialnummern erscheint eine Dialogbox mit entsprechend vielen Eingabezeilen:

Material	EJ [kN·m²]	GJ [kN·m²]
1	5.1200000E+5	3.2000000E+5

Folgende Bezeichnungen gelten:

- EJ = Biegesteifigkeit Stab
- GJ = Drillsteifigkeit Stab
- E = Elastizitätsmodul Stab
- $G = \text{Schubmodul Stab} = E / 2 \cdot (1 + \nu)$
- J = Trägheitsmoment Stab

Bei Stahlbeton wird wegen der gerissenen Zugzone häufig nur ein Bruchteil der theoretisch vorhandenen Drillsteifigkeit GJ (häufig sogar = 0,0) angesetzt. Wenn die Werte nicht bekannt sind, können Sie über die Knöpfe "**berechnen**" die Werte ermitteln lassen.

9.6.5 Menüeintrag "testen"

Es wird getestet, ob der minimale Knotenabstand eingehalten wurde und die festgelegten Dreieckselemente des aufgestellten Systems sich nicht überlappen. Durch Drücken der rechten Maustaste kann der Test jederzeit abgebrochen werden.

9.6.6 Menüeintrag "berechnen"

9.6.6.1 Optimierung Bandbreite / Wahl des Gleichungslösers

Nach Auswahl des Menüeintrags "**System / berechnen**" oder alternativ der Funktionstaste [F5] wird die Bandbreite des Gleichungssystems überprüft und Sie erhalten gegebenenfalls eine Infobox. Wenn Sie einer Bandbreitenoptimierung nicht zustimmen, wird die Berechnung abgebrochen.

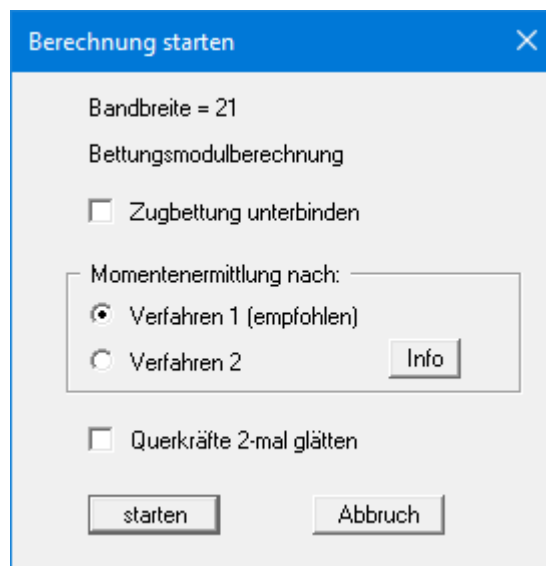
ANMERKUNG ZUR BANDBREITE:

Bei der Finite-Element-Methode entstehen Gleichungssysteme, die je nach System nur im Bereich der Hauptdiagonalen mit Zahlen ungleich 0 besetzt sind. Der in den FE-Programmen enthaltene iterative Gleichungslöser macht sich das zunutze, um Speicherplatz und damit Rechenzeit zu sparen. Der maximale Abstand zwischen der Hauptdiagonalen und dem von der Hauptdiagonalen **entferntesten Nichtnullelement** des Gleichungssystems wird als Bandbreite bezeichnet. Grundsätzlich benötigen iterative Gleichungslöser keine Optimierung der Bandbreite. Jedoch werden die Ergebnisse wesentlich stabiler und die Rechenzeit wird kürzer, wenn die Bandbreite klein ist.

Im Anschluss an die Bandbreitenoptimierung erhalten Sie eine Dialogbox, in der Sie als Gleichungslöser "**Cholesky**" oder "**Iterativ**" auswählen können. Informationen zu den Unterschieden zwischen beiden Gleichungslösern erhalten Sie, wenn Sie auf den Knopf "**Info Gleichungslöser**" klicken. Wenn Sie die Berechnung über "**OK**" starten, erscheinen abhängig vom gewählten Berechnungsverfahren (Bettungsmodul oder Steifemodul) unterschiedliche Dialogboxen.

9.6.6.2 Berechnung mit dem Bettungsmodulverfahren

Sie erhalten folgende Dialogbox zur Berechnung:



Nach der Theorie der elastisch gebetteten Platte wirkt der Bettungsmodul auch als Zugfeder, ein Effekt, der bei Platten, die auf Böden aufliegen, physikalisch nicht möglich ist. Wenn Sie den Schalter "**Zugbettung unterbinden**" aktivieren, prüft das Programm nach Abschluss der Berechnung diesen Effekt und setzt gegebenenfalls in entsprechenden Bereichen den Bettungsmodul auf 0 und wiederholt die Berechnung. Das wird so lange wiederholt, bis an keinem Punkt mehr eine Zugbettung vorliegt. Hinsichtlich der Momentenermittlung wird auf Abschnitt 8.2 verwiesen.

9.6.6.3 Berechnung mit dem Steifemodulverfahren

Sie erhalten folgende Dialogbox zur Berechnung:

Steifemodulberechnung starten

CPU-Kerne

☒ Alle CPU-Kerne nutzen ?

Allgemein

max Abstand Setzungsberechnung [m]: 50.00

Abbruchkriterium Verschiebung [m]: 1.0000E-5

Dämpfung (≥ 0.0 und < 0.95): 0.200

max zul Bodenpressung [kN/m²]: 99999.0

Reduktion k_s für Iter. max Bodenpr. [%]: 10.0

Grenztiefe

☒ mit Grenztiefenberechnung Prozentwert: 20.0

max. Abstand für Grenztiefe [m]: 25.00

Wo Grenztiefe bestimmen? Schwerpunkt der Platte

☒ Grenztiefe mit Gründungssohlen ?

Info Grenztiefe

Integration Setzungen mit:

☐ 7 Punkten (Gauß) ☒ 13 Punkten (Gauß)

☐ analytisch-numerisch (genau aber langsam)

Momentenermittlung nach:

☒ Verfahren 1 (empfohlen) Info

☐ Verfahren 2

☐ Querkräfte 2-mal glätten

starten Abbruch

- Bereich "**CPU-Kerne**":
Die Berechnung nach dem Steifemodulverfahren kann bei komplexeren Systemen viel Zeit in Anspruch nehmen. Wenn Sie diesen Schalter aktivieren, werden alle CPU-Kerne Ihres Rechners genutzt. Die Rechenzeit kann dadurch erheblich verkürzt werden.
- Bereich "**Allgemein**":
Beim Steifemodulverfahren muss folgende Bedingung eingehalten werden:

Biegelinie der Platte = Setzungsmulde des elastisch isotropen Halbraums

Im Gegensatz zum Bettungsmodulverfahren erfordert das Steifemodulverfahren daher einen Iterationsprozess. Im ersten Schritt werden die Setzungen (elastisch isotroper Halbraum) an allen FE-Netzknoten infolge einer konstanten Belastung von 1 kN/m² auf den FE-Elementen berechnet. Dazu muss für jeden FE-Netzknoten die Setzung bestimmt werden, die sich aus der dreiecksförmigen Belastung der Dreiecke ergibt. Bei einem Netz mit z.B. 512 Dreiecken und 289 Knoten sind somit

$$512 \cdot 289 = 147.968 (!) \text{ Setzungsberechnungen}$$

erforderlich. Um den Rechenaufwand für die Setzungsberechnung eventuell zu begrenzen, kann mit dem Eintrag "**max Abstand Setzungsberechnung**" ein Abstand eingegeben werden, der bewirkt, dass Setzungen am Systemknoten nur aus Dreiecken bestimmt werden, deren Schwerpunkte einen kleineren Abstand zu diesem Systemknoten aufweisen.

Mit dem "**Abbruchkriterium Verschiebung**" definieren Sie das Ende der Iteration. Wenn an allen Punkten des FE-Netzes die Differenz zwischen der Verschiebung der Platte und der berechneten Setzung (elastisch isotroper Halbraum) kleiner ist als der angegebene Wert, wird die Berechnung beendet.

Das Programm berechnet die Bettungsmodule für den nächsten Iterationsschritt aus dem Quotienten aus Pressung am Knoten ($k_s \cdot w$) und Setzung (elastisch isotroper Halbraum) nach jedem Iterationsschritt neu. Bei komplizierten Systemen kann das zu Schwingungen um die tatsächliche Lösung führen, die Berechnung konvergiert nicht. In diesem Fall können Sie eine "**Dämpfung**" vorgeben. Mit dem in der Dialogbox angegebenen Wert von **0,2** wurden gute Erfahrungen gemacht. Sinnvoll sind Werte zwischen 0.0 und 0.95. Ein Wert von 1.0 (volle Dämpfung) ist unsinnig und wird daher vom Programm nicht akzeptiert.

Beim Steifemodulverfahren treten an den Systemrändern theoretisch unendlich hohe Bodenpressungen auf. Durch finite Berechnungsmethoden wird dieser Effekt auf Spannungsspitzen reduziert. Falls Sie entsprechende Spannungsspitzen verhindern wollen, können Sie eine "**maximal zulässige Bodenpressung**" definieren. Das Programm prüft dann nach jedem Iterationsschritt die Bodenpressungen auf diesen Maximalwert. Falls eine Überschreitung festgestellt wird, wird an dieser Stelle vor dem Starten des nächsten Iterationsschritts der Bettungsmodul reduziert. Das geschieht in der Form, dass an entsprechenden Punkten der Bettungsmodul nicht aus

$$k_s \cdot w / s$$

sondern aus

$$k_s = \text{max zul Bodenpressung} / s$$

berechnet wird. Auch dabei können ungünstige numerische Schwingungen der Lösung auftreten. Daher können Sie eine maximale Reduktion der Bettungsmodule an entsprechenden Stellen vorgeben, so dass nicht gleich in voller Größe abgemindert wird, sondern z.B. der vorhandene Bettungsmodul jeweils nur um maximal 10% reduziert wird. Geben Sie diesen Prozentwert unter "**Reduktion k_s für Iter. max Bodenpr. [%]**" ein.

- Bereich "**Grenztiefe**":
Die Grenztiefe kann in Anlehnung an DIN 4019 bestimmt werden. Mit "**Prozentwert**" definieren Sie die Lage der Grenztiefe. Die Grenztiefe ergibt sich damit aus der Bedingung:

$$\text{Bodenaufplast} \cdot \text{Prozentwert} = \text{Spannung unter dem Dreieckselement}$$

Sie können die Grenztiefe an bestimmten Punkten der Platte ("**Schwerpunkt der Platte**", "**Beliebiger Punkt**") oder für jedes Dreieckselement ("**Überall**") berechnen lassen. Weitere Informationen zu den Methoden erhalten Sie über den Knopf "**Info Grenztiefe**".

Wenn Gründungssohlen ≤ 0.0 vorliegen, kann die "**Grenztiefe mit Gründungssohlen**" bestimmt werden. Wenn Sie den Schalter deaktiviert haben, erfolgt die Grenztiefenberechnung ab OK Gelände.

- Bereich "**Integration Setzungen mit:**"

Die Setzungsberechnungen für den elastisch isotropen Halbraum werden über eine numerische Integration nach Gauß durchgeführt. Es wird eine Integration mit 7 Stützstellen (Punkten) und mit 13 Stützstellen angeboten. Wenn Sie höhere Genauigkeit (bei etwas längerer Rechenzeit) wünschen und nicht abergläubisch sind, wählen Sie die Integration mit 13 Punkten. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Setzungen analytisch-numerisch zu ermitteln. Die Berechnung ist zwar genau, dauert dafür aber etwas länger.

- Bereich "**Momentenermittlung nach:**"
Hinsichtlich der Momentenermittlung wird auf die Erläuterungen zum Bettungsmodulverfahren verwiesen (siehe Abschnitt 8.2).

Nach dem Starten der Berechnung erscheint ein Abbruchfenster. Wenn Sie bei laufender Berechnung den Knopf "**Abbrechen**" betätigen, erfolgt kein unmittelbarer Abbruch. Vielmehr können Sie fast alle oben erläuterten Parameter ändern und die Berechnung, wenn gewünscht, anschließend fortsetzen.

Wegen der erforderlichen umfangreichen Setzungsrechnungen dauert eine Berechnung nach dem Steifemodulverfahren erheblich länger als nach dem Bettungsmodulverfahren.

9.6.7 Menüeintrag "Platte bewehren"

Bevor Sie eine Bewehrung der Platte anschließen können, muss Ihr System berechnet sein. Nach erfolgter Berechnung können Sie in einer Dialogbox zunächst auswählen, ob die Stahlbeton-Bemessung mit dem alten **Globalsicherheitskonzept** der DIN 1045 oder dem neuen **Teilsicherheitskonzept** nach EC 2 / DIN 1045-1 durchgeführt werden soll. Vorgegeben ist immer das Sicherheitskonzept, dass Sie unter "**Datei / Neu**" gewählt haben. Wenn Sie hier das Sicherheitskonzept wechseln, erfolgt die Anpassung auch für die Berechnung. Sie erhalten beim Teilsicherheitskonzept die folgende Dialogbox:

Bewehrung

Bemessung nach EC 2 / DIN 1045-1

Beton C 30/37 Stahl B500

☒ Omega-Verfahren verwenden (empfohlen)

Iterationsgenauigkeit: mittel

☒ Mindestlängsbewehrung abfragen

Teilsicherheiten

Ständige Lasten: 1.35

Veränderliche Lasten: 1.50

Bewehrungsrichtungen

Bewehrungsrichtung (1) [°]: 0.0

Bewehrungsrichtung (2) [°]: 90.0

(Bewehrungsrichtungen gemessen von der x-Achse im Uhrzeigersinn)

Schubbemessung

☒ Schubbemessung durchführen

Gewählte Längsbewehrung [cm²]: 2.00

☐ Mindestschubbewehrung abfragen
[nur für balkenähnliche Querschnitte ($h/b \geq 0,25$)]

OK Abbruch

Der Winkel für die Bewehrungsrichtungen wird von der horizontalen Achse aus im Uhrzeigersinn positiv gemessen.

Das Ergebnis wird zunächst in einer Infobox angezeigt, später in der Bewehrungs-Legende (siehe Abschnitt 9.7.11). Der Menüeintrag kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste **[F6]** gestartet werden.

9.6.8 Menüeintrag "Gründungssohlen"

Diesen Menüeintrag wird nur angezeigt, wenn Sie mit dem Steifemodulverfahren rechnen.

Gründungssohlen

vor zurück Abbruch fertig

Info auf Plattendicke setzen

Material-Nr 1 GS [m u GOK] 0.400

Sie können für jedes Material Gründungssohlen definieren oder über den Knopf "**auf Plattendicke setzen**" den Mittelwert übernehmen lassen. Wenn Sie hier eine Gründungssohle gesetzt haben, wird dies in der Legende des Platten-Materials als weitere Spalte eingefügt.

Material	E [kN/m ²]	d [m]	γ [kN/m ³]	ν [-]	GS [m u GOK]	Bezeichnung
	$4.0000 \cdot 10^{+7}$	0.400	25.00	0.167	0.40	Beton

GS = Gründungssohle

9.6.9 Menüeintrag "Vorbelastung"

Diesen Menüeintrag wird nur angezeigt, wenn Sie mit dem Steifemodulverfahren rechnen.

Vorbelastungen

vor zurück Abbruch fertig

Info

Material-Nr 1 Vorbelastung [kN/m²] 0.000

Sie können für jedes Material eine Vorbelastung definieren. Bei der Setzungsberechnung wird die vorhandene Spannung um die Vorbelastung reduziert.

9.6.10 Menüeintrag "OK Gelände"

Über diesen Menüeintrag können Sie die Berücksichtigung absoluter Höhen aktivieren, falls Sie dies nicht schon unter den Menüeinträgen "**Datei / Neu**" oder "**Steifemodul / Einstellungen**" getan haben. Geben Sie die neue Höhe für die Geländeoberkante ein. Die Bezeichnung für die absolute Höhe (hier: mNHN) können Sie in den o.g. Menüeinträgen ändern.


Dialogbox 'Oberkante Gelände' mit einem blauen Titelbar und einem Schließen-Symbol. Ein Kontrollkästchen 'Absolute Höhen verwenden' ist aktiviert. Darunter befindet sich ein Textfeld 'Oberkante Gelände [m]:' mit dem Wert '72.50'. Am unteren Rand befinden sich zwei Buttons: 'OK' und 'Abbruch'.

Nach Verlassen der Dialogbox mit "**OK**" wird Ihnen die neue Geländehöhe in der Dialogbox "**Steifemodul / Standard-Tiefen**" angezeigt. Die bisher eingegebenen Schichtunterkanten werden vom Programm automatisch in die absoluten Tiefen umgerechnet.

Dialogbox 'Standard-Tiefen' mit einer blauen Titelbar und einem Schließen-Symbol. Oben befinden sich Navigationsbuttons: 'vor', 'zurück', 'Abbruch', 'fertig', 'laden'. Darunter steht 'OK Gelände = 72.50 mNHN' und weitere Buttons 'für alle' und 'speichern'. Ein Tabelle mit 6 Spalten ist dargestellt:

Nr	UK [mNHN]	Es [MN/m²]	gamma [kN/m³]	nue [-]	Bezeichnung
1	69.50	1.00	14.00	0.000	Klei
2	65.50	20.00	9.00	0.000	Sand, schluffig

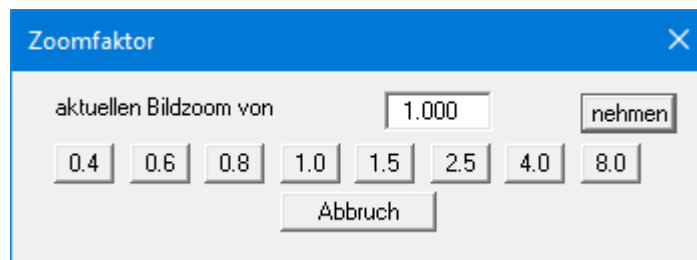
Auch in der Legende des Platten-Materials wird bei der Darstellung einer Gründungssohle automatisch die Höhe auf die neue Geländehöhe umgerechnet.

Material	E [kN/m²]	d [m]	γ [kN/m³]	ν [-]	GS [mNHN]	Bezeichnung
	4.0000 · 10 ⁺⁷	0.400	25.00	0.167	72.10	Beton
GS = Gründungssohle						

9.7.1 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.

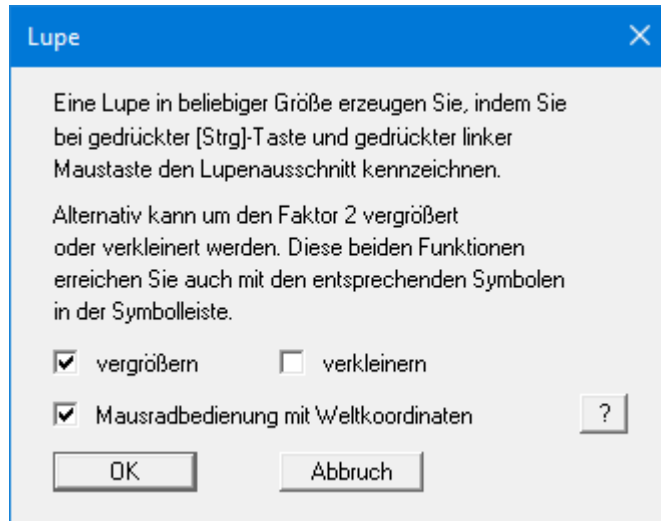


Sie können einen beliebigen Zoomfaktor zwischen 0,4 und 8,0 in das Eingabefeld eintragen. Durch anschließendes Klicken auf "**nehmen**" verlassen Sie die Box, die Eingabe wird als aktueller Faktor übernommen. Beim Klicken auf die Knöpfe "**0.4**", "**0.6**" usw. wird der angewählte Faktor direkt übernommen 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.

9.7.2 Menüeintrag "Lupe"

Sie können durch Anklicken von zwei diagonal gegenüberliegenden Punkten einen Bildschirmausschnitt vergrößern, um Details besser erkennen zu können. Eine Infobox informiert Sie über Aktivierung und Möglichkeiten der Lupenfunktion.



Eine schnellere Möglichkeit in die Systemgrafik rein- und rauszuzoomen, können Sie über das Mausrad erreichen. Aktivieren Sie dazu den Schalter "**Mausradbedienung mit Weltkoordinaten**". Die Funktionen über das Mausrad finden Sie im Kapitel "**Tipps und Tricks/Tastatur und Maus**" zusammengestellt (siehe Abschnitt 5.2).

9.7.3 Menüeintrag "Stifte"

Zur übersichtlicheren Gestaltung der Grafiken können Sie die Stifteinstellung für verschiedene Zeichnungselemente (z.B. Momente, Bewehrung, Stäbe, etc.) vor einstellen. 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.

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.

9.7.4 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.

9.7.5 Menüeinträge "Mini-CAD" und "CAD für Kopfdaten"

Mit diesen beiden Menüeinträgen können Sie Ihre Programmgrafik frei beschriften sowie mit zusätzlichen Linien, Kreisen, Polygonen und Grafiken (z.B. Dateien im Format BMP, JPG, PSP, TIF etc.) versehen. Sie können auch PDF-Dateien als Grafiken einlesen. Bei beiden Menüeinträgen

erscheint das gleiche Popupmenü, dessen Symbole und Funktionen im beiliegenden Handbuch "Mini-CAD", das bei der Installation mit im Ordner "C:\Program Files (x86)\GGU-Software\Manuals" gespeichert wird, 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.
- 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 abspeichern (siehe Handbuch "Mini-CAD"), können Sie diese Kopfdaten für ein völlig anderes System (mit anderen Systemkoordinaten) wieder laden. Die abgespeicherten Kopfdaten befinden sich dann wieder an der gleichen Position. Das vereinfacht die Erstellung von allgemeinen Blattinformationen wesentlich.

9.7.6 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 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-SLAB.alg** übernommen (siehe Menüeintrag "Ansicht / Einstellungen speichern") und sind dann nach dem nächsten Programmstart wieder aktiv.

Durch Anklicken dieser Symbole (Smarticons) 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.



"Nächste Seite"/"Vorherige Seite"

Über dieses Symbole können Sie bei gewählter *Protokolldarstellung* zwischen den einzelnen Blättern vor- und zurückblättern.



"Seite wählen"

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"

Wenn Sie die Farbe aus der Systemdarstellung nehmen möchten, um z.B. einen Schwarzweiß-Ausdruck zu erstellen, erreichen Sie dies über diesen An-/Ausschalter.



"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**", Abschnitt 5.3).



"Rückgängig"

Durch Klicken auf dieses Symbol wird die letzte Eingabe oder Änderung oder eine Verschiebung von Objekten (z.B. über Funktionstaste **[F11]**) wieder zurückgesetzt.




"Wiederherstellen"

Durch Anwahl dieses Menüeintrages wird die letzte Eingabe oder Änderung oder die Verschiebung von Objekten, die Sie über das Icon "**Rückgängig**" zurückgenommen haben, wiederhergestellt.

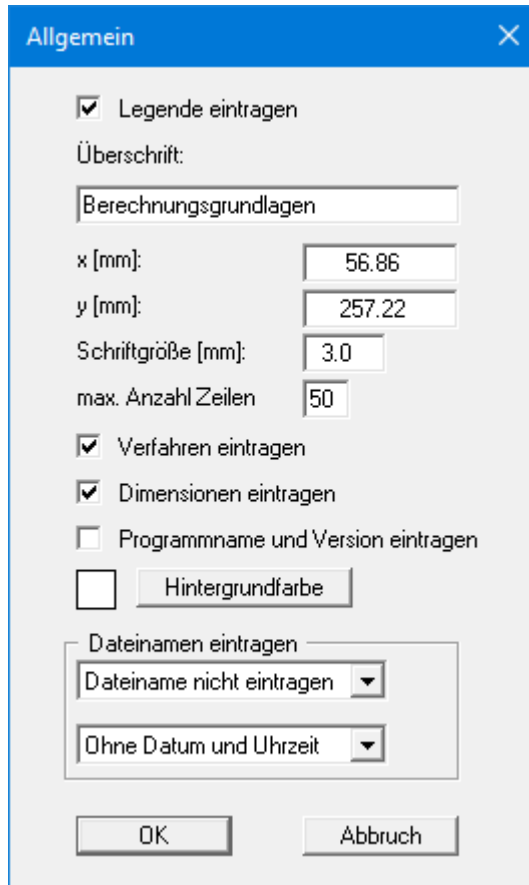
9.7.7 Menüeintrag "Symbolleiste 3D"

In diesem Menüeintrag legen Sie fest, ob bei dreidimensionalen Darstellungen ein Popupfenster eingeblendet werden soll, mit dem Sie die Grafik drehen und zoomen können. Die Bedeutung der Smarticons erscheint als Textfeld, wenn Sie mit der linken Maustaste etwas über dem entsprechenden Symbol verweilen.

Die Schalter des 3D-Popupfensters bewirken eine Rotation der Grafik um die jeweils angegebene Achse. Das Plus- bzw. Minuszeichen kennzeichnet die Drehrichtung. Der Rotationswinkel (Standardeinstellung: 45°) kann durch Auswahl des Symbols  beliebig eingestellt werden.

9.7.8 Menüeintrag "Allgemeine Legende"

Auf dem Bildschirm wird eine Legende mit wesentlichen Grundlagen des Systems dargestellt. In der Dialogbox dieses Menüeintrages können Sie die Darstellungsform verändern, wenn der Schalter "**Legende eintragen**" aktiviert ist.



Neben der Eingabe einer Überschrift kann die Darstellung des angewendeten Verfahrens und der Dimensionen aktiviert werden. Wenn Sie eine Datensatzbezeichnung eingegeben haben (siehe Abschnitt 9.6.2), wird diese ebenfalls in der allgemeinen Legende dargestellt.

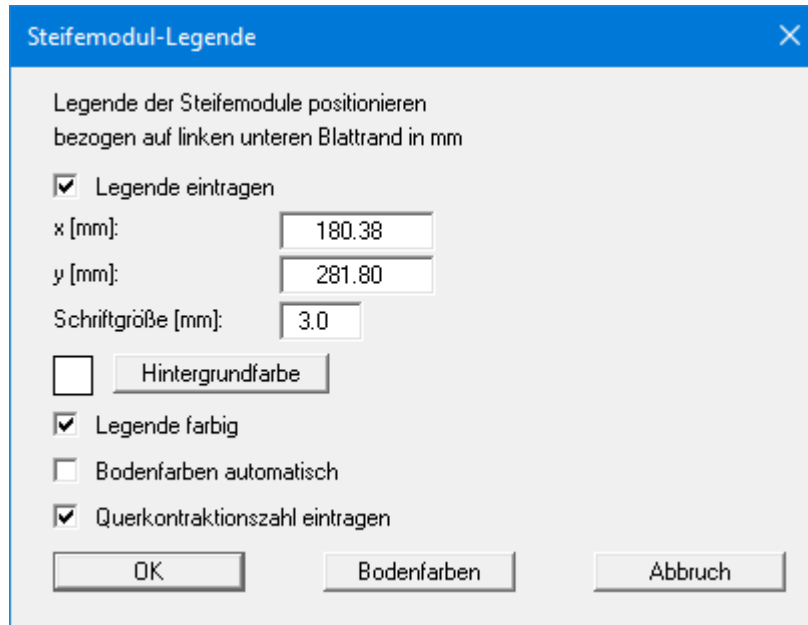
Mit den Werten für "**x**" und "**y**" definieren und verändern Sie die Lage der Legende auf dem Ausgabeblatt. Über die "**Schriftgröße**" und "**max. Anzahl Zeilen**" steuern Sie die Größe der Legende, gegebenenfalls erfolgt eine mehrspaltige Darstellung. Sie können auch eine Hintergrundfarbe für die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

9.7.9 Menüeintrag "Material-Legende"

Auf Ihrem Ausgabeblatt wird eine Legende mit den Materialkennwerten der Platte dargestellt. In der Dialogbox dieses Menüeintrages können Sie die Darstellungsform verändern, wenn der Schalter "**Legende eintragen**" aktiviert ist.



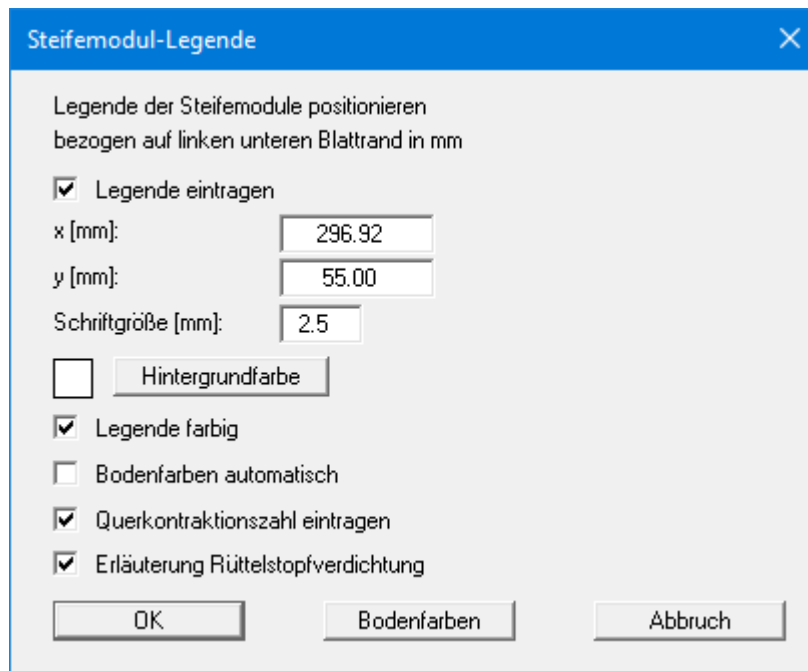
Mit den Werten für "x" und "y" definieren und verändern Sie die Lage der Legende auf dem Ausgabeblatt. Über die "**Schriftgröße**" steuern Sie die Größe der Legende..

- "**Hintergrundfarbe**"
Über den Knopf definieren Sie die Hintergrundfarbe für die Legende.
- "**Legende farbig**"
Die Legende enthält die Materialfarben. Bei ausgeschalteter Funktion wird die Materialnummer eingetragen.
- "**Materialfarben automatisch**"
Den Materialien werden vom Programm automatisch Farben zugeordnet. Ist der Schalter nicht aktiviert, werden die Farben genommen, die Sie unter dem Knopf "**Materialfarben**" individuell einstellen können.
- "**Materialfarben**"
Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie Ihre gewünschten Einstellungen vornehmen können. Sie können hier jedem Material nach Klicken auf den Knopf mit der gewünschten Nummer eine neue Farbe zuweisen oder über "**Materialfarben / umordnen**" die Farben neu zuordnen. Ihre Farbeinstellungen können Sie unter "**Materialfarben / speichern**" in eine Datei sichern und diese über den Knopf "**Materialfarben / 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.

Die unter diesem Menüeintrag definierten Materialfarben werden - unabhängig von einer Aktivierung für die Legende - immer bei der Darstellung des FE-Netzes verwendet, sofern in den Einstellungen dafür der Knopf "**farbig**" aktiviert wurde (siehe Menüeintrag "**FE-Netz / Einstellungen**", Abschnitt 9.2.1).

9.7.10 Menüeintrag "Steifemodul-Legende"

Sie können beim Steifemodulverfahren eine Legende mit den Bodenkennwerten der Steifemodule einblenden, indem Sie den Schalter "**Legende eintragen**" aktivieren.



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.

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.

- "**Hintergrundfarbe**"
Über den Knopf definieren Sie die Hintergrundfarbe für die Legende.
- "**Legende farbig**"
Die Legende enthält die Bodenfarben. Bei ausgeschalteter Funktion wird die Schichtnummer eingetragen.
- "**Bodenfarben automatisch**"
Den Schichten werden vom Programm automatisch Bodenfarben zugeordnet. Ist der Schalter nicht aktiviert, werden die Farben genommen, die Sie unter dem Knopf "**Bodenfarben**" individuell einstellen können.
- "**Querkontraktionszahl eintragen**"
Die Darstellung der Querkontraktionszahl in der Legende kann ausgeblendet werden, wenn beispielsweise die Querkontraktionszahl nur für alle Böden = 0.0 ist (siehe Abschnitt 9.4.3).
- "**Erläuterung Rüttelstopfverdichtung**"
Sie können die Darstellung der Erläuterungen zur Rüttelstopfverdichtung aktivieren.

- **"Bodenfarben"**

Sie erhalten eine Dialogbox, in der Sie Ihre gewünschten Einstellungen vornehmen können. Sie können hier jedem Boden 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.

Die unter diesem Menüeintrag eingestellten Bodenfarben werden - unabhängig von einer Aktivierung für die Legende - immer bei der Darstellung der Steifemodule verwendet, sofern in den Einstellungen dafür der Knopf **"Steifemodul in Farbe"** aktiviert wurde (siehe Menüeintrag **"Steifemodul / Einstellungen"**, Abschnitt 9.4.2).

9.7.11 Menüeintrag **"Bewehrungs-Legende"**

Wenn Sie die Bewehrung über den Menütitel **"Auswerten"** dargestellt haben, können Sie dazu auf dem Bildschirm eine Legende mit allgemeinen Angaben zur Bewehrung darstellen lassen. Dazu aktivieren Sie in der Dialogbox dieses Menüeintrages den Schalter **"Legende eintragen"**.

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.

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.

9.7.12 Menüeintrag **"Stab-Legende"**

Wenn Sie in der Dialogbox dieses Menüeintrages den Schalter **"Legende eintragen"** aktivieren, wird auf dem Bildschirm eine Legende mit allgemeinen Angaben zu eventuell vorhandenen Stäben dargestellt.

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.

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.

9.7.13 Menüeintrag "Schnitt-Legende"

Wenn Sie den Schalter "**Schnittführung darstellen**" in der Dialogbox dieses Menüeintrages aktivieren, wird auf dem Bildschirm eine Legende mit einer Skizze zur Lage des dargestellten Schnittes eingeblendet. Mit den Werten für "**x**", "**y**", "**Breite**" und "**Höhe**" definieren und verändern Sie die Lage und Größe der Legende auf dem Ausgabeblatt. Sie können die Überschrift der Legende und deren Schriftgröße verändern.

9.7.14 Menüeintrag "Legenden verschieben"

Legenden können bei gedrückter linker Maustaste beliebig auf dem Bildschirm positioniert werden. Die entsprechende Programmfunktion leiten Sie mit diesem Menüeintrag ein. Alternativ können Sie auch die Funktionstaste [F11] drücken. Eine Infobox erscheint dann nicht mehr.

9.7.15 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-SLAB.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.

9.7.16 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.

9.8.1 Menüeintrag "Koordinaten neu berechnen"

Durch Aufruf dieses Menüeintrags wird eine in beiden Koordinatenachsen maßstäbliche Darstellung der System- und Ergebnisgrafiken erreicht. Wenn Sie zuvor 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.

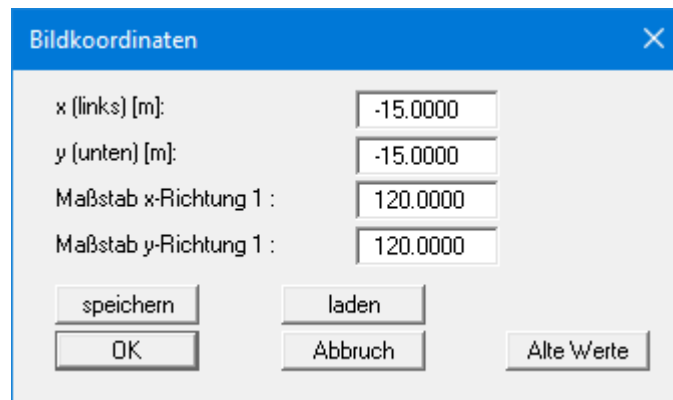
9.8.2 Menüeintrag "graphisch"

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. Wenn die bisherigen Proportionen (Maßstab x-Richtung/Maßstab y-Richtung) beibehalten werden sollen, muss der Schalter "**Proportionaler Ausschnitt**" aktiviert sein.

Alternativ können Sie auch nur den *Ursprungspunkt* Ihrer Grafikdarstellung neu definieren. Die bisherigen Maßstabseinstellungen bleiben dabei unverändert.

9.8.3 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 größtmäßig festlegen können (siehe Abschnitt 9.8.4).



The dialog box titled "Bildkoordinaten" has a blue header bar with a close button (X). It contains four input fields with labels: "x (links) [m]:", "y (unten) [m]:", "Maßstab x-Richtung 1:", and "Maßstab y-Richtung 1:". The values entered are "-15.0000", "-15.0000", "120.0000", and "120.0000" respectively. Below the input fields are five buttons: "speichern", "laden", "OK", "Abbruch", and "Alte Werte".

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 zuvor eingegebenen Werte dargestellt.

9.8.4 Menüeintrag "Blattformat"

Beim Programmstart ist standardmäßig ein DIN A3-Blatt eingestellt. In der folgenden Dialogbox können Sie das Blattformat verändern.

Blattformat

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 = 25.00
oben = 25.00 unten = 10.00

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"** im Menüeintrag **"Blatt / Blattränder und Schneidkanten"** ausgeblendet werden (siehe Abschnitt 9.8.6).
- 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"** im Menüeintrag **"Blatt / Blattränder und Schneidkanten"** deaktivieren (siehe Abschnitt 9.8.6).
- Mit den **"Ploträndern"** definieren Sie einen festen Abstand von den Blatträndern zum eigentlichen **Zeichenbereich**, in dem die grafische Auswertung Ihrer Eingaben dargestellt wird.

9.8.5 Menüeintrag "Schriftgrößen"

Sie können die Schriftgrößen für die Beschriftung verschiedener Zeichnungselemente verändern.

Die Schriftgrößen von Texten innerhalb von Legenden werden im jeweiligen Editor der Legende verändert. Klicken Sie dazu mit einem Doppelklick der linken Maustaste in die Legende.

9.8.6 Menüeintrag "Blattränder und Schneidkanten"

Das Programm zeichnet automatisch um das Ausgabeblatt dünne Schneidkanten, die beim Ausdruck auf Plottern mit Rollenmedien benötigt werden. Mit den Blatträndern (siehe Menüeintrag "**Blatt / Blattformat**") legen Sie die Lage eines dick ausgezogenen Rahmens als Abstand von den Schneidkanten fest. Dieser Rahmen umschließt Ihre spätere Anlage. Sie können durch Deaktivieren der Schalter "**mit Blatträndern**" und "**mit Schneidkanten**" die Darstellung der entsprechenden Linien ausstellen.

9.8.7 Menüeintrag "Mini-CAD zuerst zeichnen"

Objekte, die Sie über das **Mini-CAD** dazufügen, werden im Normalfall über Ihre Grafik gezeichnet. Sollen die Mini-CAD-Objekte hinter Ihre Grafik gelegt werden, können Sie dies im Popup-Menü des Mini-CAD-Moduls einstellen (Ebenendialog in **Mini-CAD** / Knopf "**Darstellung**").

9.8.8 Menüeintrag "Rückgängig"

Wenn Sie Änderungen an Ihrem System vorgenommen haben (z.B. Knoten verschieben, Randbedingungen setzen) 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 entsprechende Symbol in der Symbolleiste (siehe Abschnitt 9.7.6).

9.8.9 Menüeintrag "Wiederherstellen"

Durch Anwahl dieses Menüeintrages wird die letzte Änderung an Ihrem System oder die letzte Verschiebung von Objekten wiederhergestellt, die Sie über den Menüeintrag "**Blatt / Rückgängig**" zurückgenommen haben. Die Funktion erreichen Sie auch über die Tastenkombination **[Strg] + [Rück]** oder das entsprechende Symbol in der Symbolleiste (siehe Abschnitt 9.7.6).

9.8.10 Menüeintrag "Einstellen"

Sie können die Undo-Funktionen aktivieren oder deaktivieren.

9.9.1 Allgemeines zur Darstellung von Isolinen, Kreisen und Tabellen

Die Auswertung und grafische Darstellung kann vielfältig erfolgen. Wenn Sie eine der Isoliniendarstellungen oder die Menüeinträge "**Auswerten / Kreise**" oder "**Auswerten / Tabelle**" anklicken, müssen Sie zunächst auswählen, was dargestellt werden soll. Die nachfolgende Box erscheint, wenn Sie mit dem *Teilsicherheitskonzept* arbeiten.

Isolinien von:

☒ Steifemodulprofil eintragen Bewehrung

☒ Verschiebung w ☐ Hauptmoment 1

☐ Hauptmoment 2 ☐ Moment mxx

☐ Moment myy ☐ Moment mxy

☐ Querkraft qx ☐ Querkraft qy

☐ Pressung ☐ Winkelverdrehung (1:ψ)

Was darstellen: G + Q

OK Abbruch

Die Winkelverdrehung ist die Neigung der Plattenverschiebung und kann zur Beurteilung von zul. Winkelverdrehungen benutzt werden. Sie wählen hier zusätzlich zur gewünschten Zustandsgröße aus, ob die Darstellung für Ständige (G) und/oder Verkehrslasten (Q) erfolgen soll.

Bei einer bewehrten Platte können Sie alternativ auch die Bewehrung darstellen lassen. Klicken Sie dazu auf den dann aktiven Knopf "**Bewehrung**" und Sie erhalten die folgende Dialogbox:

Isolinien von:

☒ Steifemodulprofil eintragen Zustandsgrößen

☒ erf fe(1) oben ☐ erf fe(2) oben

☐ erf fe(1) unten ☐ erf fe(2) unten

☐ delta erf fe(1) oben ☐ delta erf fe(2) oben

☐ delta erf fe(1) unten ☐ delta erf fe(2) unten

☐ erf fe(Schub)

Mindestbewehrungen [cm²/m] für delta

min fe(1) oben	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/>	min fe(2) oben	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/>
min fe(1) unten	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/>	min fe(2) unten	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.00"/>

OK Abbruch

Mit den vier oberen Schaltern wählen Sie die erforderliche Bewehrung am oberen und unteren Plattenrand für die beiden Bewehrungsrichtungen **1** und **2**. Wenn die Platte eine Mindestbewehrung besitzt, können Sie unter "**Mindestbewehrungen [cm²/m] für delta**" die Mindestbewehrungen für den oberen und unteren Plattenrand (Bewehrungsrichtungen **1** und **2**) eingeben und sich dann z.B. mit dem Schalter "**delta erf fe(1) oben**" die Bewehrung darstellen lassen, die darüber hinaus erforderlich ist. Wenn Sie den Knopf "**Zustandsgrößen**" anwählen, erhalten Sie wieder die Dialogbox für die Auswahl der Zustandsgrößen (s.o.).

9.9.2 Menüeintrag "Isolinien normal"

Nach Auswahl des gewünschten Parameters erhalten Sie unter diesem Menüeintrag die folgende Dialogbox, in der Sie die Form der Isoliniendarstellung beeinflussen können.

Das Programm zeigt Ihnen den vorhandenen kleinsten und größten Messwert und den Abstand, mit dem die Isolinien gezeichnet werden. Wenn die Darstellung mit einem anderen Wert als dem Messwert beginnen soll, können Sie hier die gewünschte Anfangsgröße eingeben. Ebenso können Sie den Abstand variieren, um z.B. die Anzahl der gezeichneten Isolinien zu reduzieren.

Wenn Sie den Menüeintrag anwählen, erscheinen immer die vom Programm automatisch ausgewählten Einstellungen. Über den Knopf "**Alte Werte**" werden die Einstellungen übernommen, die Sie bei der vorigen Isoliniendarstellung eingegeben haben. Diese Information wird mit dem Datensatz abgespeichert.

Weiterhin können Sie zwischen drei Ausrundungsverfahren wählen:

- **"nicht ausrunden"**
Da im Programm ein linearer Ansatz innerhalb eines Dreieckelements implementiert ist, erhalten Sie die Berechnungsergebnisse ohne programminterne Rundung.
- **"Verfahren 1"** bzw. **"Verfahren 2"**
Bei diesen Ausrundungsverfahren werden zwei unterschiedliche Beziersplines verwendet, für die jeweils noch Ausrundungs-Intensitäten vorgegeben werden können, um gerundete Isolinien zu erhalten. **Verfahren 2** erzeugt sehr *runde* Isolinien mit der grundsätzlichen Gefahr, dass die tatsächlichen Ergebnisse verfälscht werden können.

Über die Knöpfe **"Strichlung einstellen"** und **"weitere Einstellungen"** können Sie für die Isolinien Festlegungen zur Art der Darstellung treffen. Die Darstellung kann durch Aktivieren des entsprechenden Knopfes mit den Materialfarben der Platte hinterlegt werden.

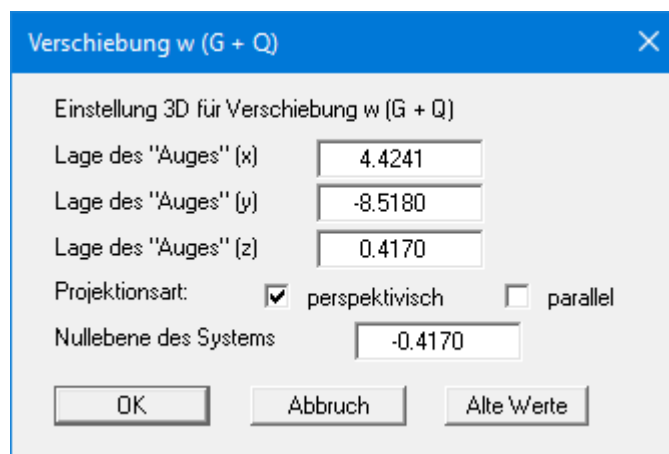
9.9.3 Menüeintrag "farbig"

Nach Auswahl des gewünschten Parameters können Sie die Linien gleicher Zustandsgrößen oder der Bewehrungsparameter farbig darstellen lassen.

Die möglichen Einstellungen der Dialogbox wurden bereits unter dem Menüeintrag **"Steifemodul / Isolinien UK Schicht"** erläutert (siehe Abschnitt 9.4.5).

9.9.4 Menüeintrag "3D"

Nach Auswahl des gewünschten Parameters können Sie die Linien gleicher Zustandsgrößen oder der Bewehrungsparameter für die vorhandenen Knoten dreidimensional darstellen lassen. In der folgenden Dialogbox können Sie zwischen perspektivischer und paralleler Projektion entscheiden sowie die Lage des *Auges* wählen.



Im Allgemeinen macht das Programm für die Eingabewerte dieser Dialogbox sinnvolle Vorgaben, so dass Sie Änderungen nicht vornehmen müssen.

Nach Verlassen der Dialogbox mit **"OK"** erhalten Sie folgende Dialogbox, die im Wesentlichen der Box unter dem Menüeintrag **"Steifemodul / Isolinien UK Schicht"** gleicht.

Verschiebung w (G + Q)
✕

Isolinienwerte

Wert (minimal)

-0.4166

Wert (maximal)

0.0000

Extremwerte ermitteln ...

Farbfüllungen

Wandfarbe

Farbe 1

Farbe 2

Anzahl Farben (0 => weiß)

16

☐ Farbfolge wechseln

Weitere Einstellungen

Beschriftung einstellen

☒ mit Netz

☒ mit Wänden

☐ mit umschließenden Quader

☐ Schattieren von Farbe 1 nach 2

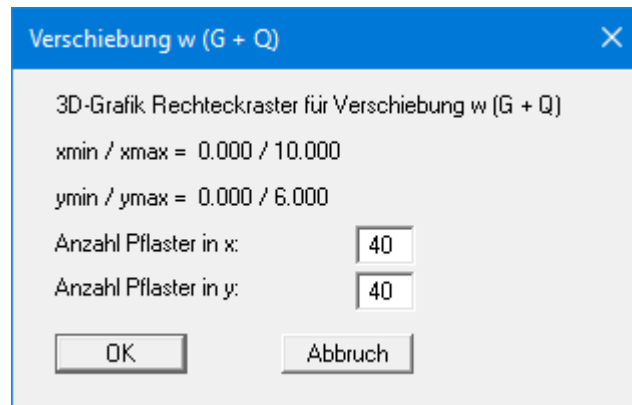
OK

Abbruch

Zusätzlich können Sie hier festlegen, ob ein umschließender Quader dargestellt wird, der in manchen Fällen den 3D-Eindruck verbessert. Eine Besonderheit stellt der Schalter "**Schattieren von Farbe 1 nach Farbe 2**" dar. Wenn dieser Schalter aktiviert ist, wird eine Lichtquelle im Bereich des Auges simuliert. Der Winkel zwischen Lichtstrahl und jeweiliger 3D-Fläche stellt ein Maß für die Reflexion dar. Entsprechend den Farben 1 und 2 wird diese Schattierung vorgenommen. Sinnvoll ist es z.B. als Farbe 1 ein dunkles Grau und als Farbe 2 ein helles Grau zu wählen.

9.9.5 Menüeintrag "3D Raster"

Bei unregelmäßigem Dreiecksnetz geht meist der 3D-Eindruck verloren. In diesen Fällen empfiehlt sich der Menüeintrag "**Auswerten / 3D Raster**". Nach Auswahl des gewünschten Parameters erhalten Sie die folgende Dialogbox, in der Sie das Raster festlegen können.



Nach Verlassen der Dialogbox mit "**OK**" erhalten Sie zunächst die gleiche Box wie unter "**Auswerten / 3D**". Das Programm berechnet aus den Ergebnissen der FE-Berechnung durch lineare Interpolation die Zustandsgrößen an den Rasterpunkten. Danach erhalten Sie Dialogbox zur Einstellung der farbigen Isoliniendarstellung wie unter "**Auswerten / 3D**" beschrieben.

9.9.6 Menüeintrag "Kreise"

Nach Auswahl des gewünschten Parameters können Sie Kreisgrafiken erzeugen lassen, bei denen die entsprechenden Zustandsgrößen als unterschiedlich große (wertabhängige) Kreise dargestellt werden. Analog zur Dialogbox für die Isoliniendarstellung können Sie bei der Ergebnisdarstellung als Kreise zwischen Zustandsgrößen und Bewehrung wechseln (siehe Dialogbox in Abschnitt 9.9.1).

Kreisdiagramm Verschiebung w (G + Q)

Kreisdiagramm

☒ Kreise füllen

max. Kreisdurchmesser [m]: 1.000

Anzahl Kreissegmente: 36

☐ Farbe positiv ☐ Farbe negativ

Beschriftung

☐ Kreisdiagramm beschriften

Stellen nach dem Komma: 1

☒ Systemränder eintragen ☐ Netz eintragen

☐ Farbe Systemränder/Netz

Stiftbreite [mm]: 0.2

OK Abbruch

Wenn Sie den Schalter "**Kreise füllen**" aktivieren, werden die Zustandsgrößen entsprechend ihres Vorzeichens mit der über die Knöpfe "**Farbe positiv**" oder "**Farbe negativ**" eingestellten Farbfüllung dargestellt. Mit "**max. Kreisdurchmesser**" stellen Sie den Kreisdurchmesser ein, den die maximale Zustandsgröße erhält. Mit "**Anzahl Kreissegmente**" geben Sie die Kreisauflösung vor. Bei einem Wert von z.B. **3** werden Dreiecke dargestellt. Sie können jeden Kreis mit dem Wert der Zustandsgröße beschriften. Zusätzlich zu den Kreisen können die Systemränder oder das FE-Netz eingetragen werden. Die Farbe und Stiftbreite für deren grafische Darstellung können Sie einstellen.

9.9.7 Menüeintrag "Tabelle"

Sie können alle Zustandsgrößen grafisch in Tabellenform darstellen lassen. Analog zur Dialogbox für die Isoliniendarstellung können Sie bei der Ergebnisdarstellung als Tabelle zwischen Zustandsgrößen und Bewehrung wechseln (siehe Dialogbox in Abschnitt 9.9.1).

The dialog box titled "Tabelle" contains the following elements:

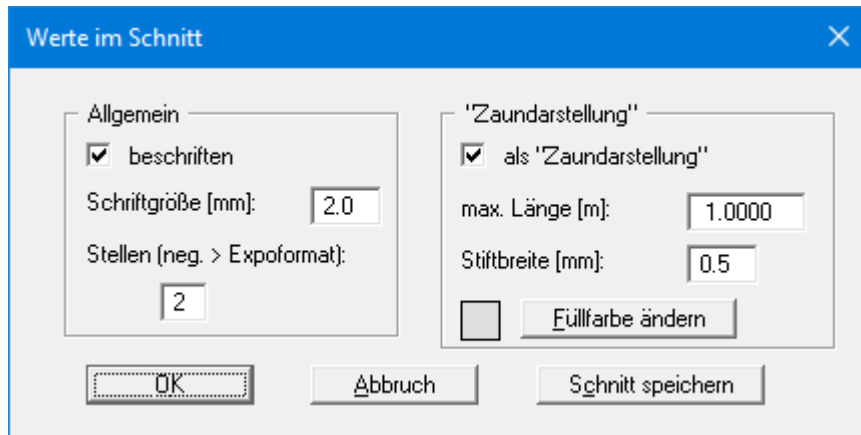
- Tabelle von:** A section with a button "Umschalten auf" and a dropdown menu currently set to "Bewehrung".
- Checkboxes:**
 - ☒ Verschiebung w
 - ☐ Hauptmoment 2
 - ☐ Moment myy
 - ☐ Querkraft qx
 - ☐ Pressung
 - ☐ Hauptmoment 1
 - ☐ Moment mxx
 - ☐ Moment mxy
 - ☐ Querkraft qy
- Was darstellen:** A dropdown menu currently showing "G + Q".
- Abstand:** A section with a checkbox "Abstand Tabellen begrenzen" and two input fields:
 - Abstand x: 5.00
 - Abstand y: 5.00
- Netz in Farbe:** A checkbox at the bottom.
- Buttons:** "OK" and "Abbruch" at the bottom.

Sie können in der Dialogbox mehrere Zustandsgrößen auswählen, die direkt nach Verlassen der Box mit **"OK"** in der Grafik dargestellt werden. Damit die Tabellen nicht übereinander geschrieben werden, können Sie einen Abstand vorgeben. Es werden dann nur die Ergebnistabellen dargestellt, die für die Punkte in diesem Raster vorliegen. Die Schriftgröße der Tabellen stellen Sie unter dem Menüeintrag **"Blatt / Schriftgrößen"** ein (siehe Abschnitt 9.8.5).

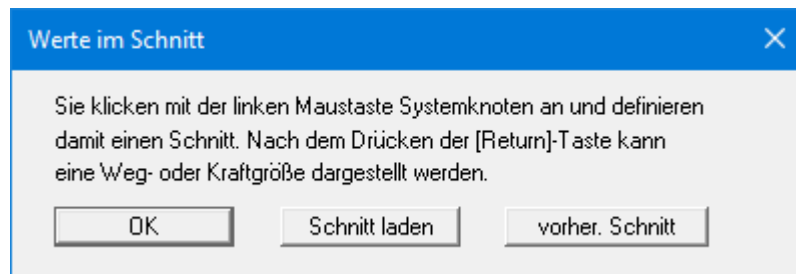
9.9.8 Menüeintrag "Werte im Knoten-Schnitt"

Sie können Zustandsgrößen in einem Schnitt darstellen. Dazu definieren Sie mit der linken Maustaste einen Schnitt, indem Sie die entsprechenden Knoten anklicken. Zwischenpunkte werden vom Programm automatisch ergänzt. Mit dem Klicken der rechten Maustaste löschen Sie den letzten Punkt aus der Liste. Wenn der Schnitt Ihren Vorstellungen entspricht, drücken Sie die [Return]-Taste. Wählen Sie dann die Zustandsgröße, die dargestellt werden soll.

Sie erhalten zunächst eine Dialogbox, in der Sie Einstellungen zur Schnittdarstellung, wie Beschriftung oder eine **Zaundarstellung**, treffen können. Sie haben hier auch die Möglichkeit, Ihren erstellten Schnitt über den Knopf "**Schnitt speichern**" in eine Datei abzuspeichern.



Wenn Sie den Menüeintrag ein zweites Mal anklicken, erhalten Sie folgende Dialogbox:



Sie können jetzt über "**OK**" einen neuen Schnitt erstellen oder über die anderen Knöpfe den vorherigen Schnitt bzw. einen Ihrer abgespeicherten Schnitte wieder aufrufen.

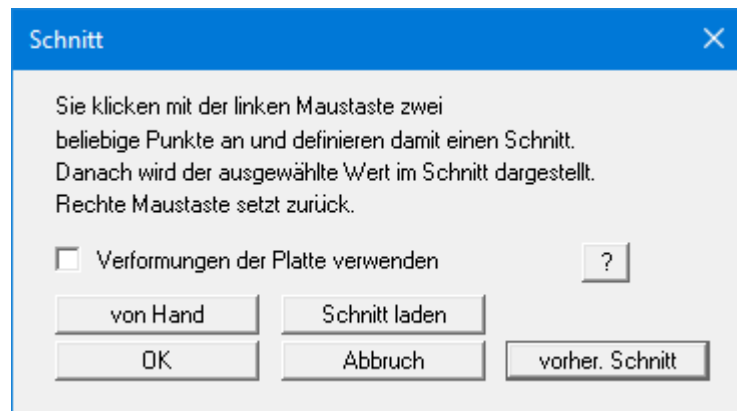
Wenn Sie den Knopf "**Schnittführung darstellen**" unter dem Menüeintrag "**Ansicht / Schnitt-Legende**" aktiviert haben (siehe Abschnitt 9.7.13), wird automatisch eine Lageskizze mit auf dem Bildschirm dargestellt, die den Plattenriss und den definierten Schnitt zeigt.

9.9.9 Menüeintrag "Lage Knoten-Schnitt"

Sie können den unter dem Menüeintrag "**Auswerten / Werte im Knotenschnitt**" erstellten Schnitt darstellen und eventuell auf dem Drucker ausgeben.

9.9.10 Menüeintrag "Beliebiger Schnitt / Drehfedersteifigkeit"

Nach Auswahl des gewünschten Parameters erhalten Sie die folgende Dialogbox zur Schnittfestlegung:



Die Schnittführung ist bei dieser Auswerteform nicht mehr an den FE-Knoten gebunden, sondern besteht aus Anfangs- und Endpunkt. Mit dem Knopf "**von Hand**" können Sie den Anfangs- und Endpunkt auch über Zahlenwerte festlegen, ohne die Maus zu benutzen. Falls Sie vorher einen Schnitt abgespeichert haben, können Sie ihn mit "**Schnitt laden**" wieder aufrufen. Der Knopf "**vorher. Schnitt**" ist nur vorhanden, wenn bereits ein Schnitt definiert worden ist, und ruft den direkt davor festgelegten Schnitt wieder auf.

Wenn Sie den Schalter "**Verformungen der Platte verwenden**" aktivieren, werden nicht die Setzungen des elastisch isotropen Halbraums eingesetzt, sondern die Verformungen der Platte.

Nach Abschluss der Schnittfestlegung durch Drücken der [**Return**]-Taste können Sie in einer Dialogbox die Anzahl der Unterteilungen vorgeben. Sie legen damit fest, an wie vielen Aufpunkten Schnittwerte berechnet werden sollen. Nach Bestätigen mit "**OK**" erscheint die Dialogbox, die Sie auf der folgenden Seite sehen.

Beliebiger Schnitt [X]

Drehfedersteifigkeit

Drehfedersteifigkeit berechnen

Allgemein

☐ Schnitt in Farbe Farbe ändern

Stiftbreite [mm]:

☒ beschriften Schriftgröße [mm]:

Stellen (neg. > Expoformat):

"Normal"-Schnitt

y0 = ☒ verwenden

"Zaundarstellung"

☐ als "Zaundarstellung" max. Länge [m]:

☒ Steifemodulprofil eintragen

Schichtung

☐ mit Schichtung

Lage Nullpunkt [-]: (0.0 => oben / 1.0 => unten)

Faktor für Werte [-]:

☐ mit Pressung ☐ mit Plattendicke ☒ beschriften

☐ mit Gründungssohlen

max. Höhe Pressung / Dicke [m]: Farbe

Aktionen

OK Schnitt speichern Abbruch

Nach Klicken auf den Knopf "**Drehfedersteifigkeit berechnen**" werden Ihnen in einer Infobox die Eingabewerte und die Ergebnisse der Drehfedersteifigkeits-Berechnung angezeigt. Über den Knopf "**Werte ins Klemmbrett**" können Sie die Werte in die Windows Zwischenablage übernehmen. Nach Bestätigen der Infobox kommen Sie wieder zur ursprünglichen Editorbox für den Schnitt zurück. Die ermittelte Drehfedersteifigkeit wird später in der **Allgemeinen Legende** dargestellt.

Sie können vorgeben, ob der Schnitt farbig dargestellt werden soll. Außerdem können Sie über die Eingabe eines Wertes "**y0**" den Schnittpunkt der x-Achse mit der y-Achse festlegen. In diesem Fall muss der Schalter "**verwenden**" aktiviert werden. Verzichten Sie auf diese Option, so schneidet die x-Achse die y-Achse beim kleinsten auftretendem y-Wert. Der Schnitt kann auch als **Zaun** dargestellt werden.

Wenn Sie Ihren Schichtaufbau mit darstellen möchten, aktivieren Sie den Schalter "**mit Schichtung**". Über den "**Faktor für Werte**" verändern Sie die Größe der dargestellten Zustandsgröße oder Bewehrung. Die Lage des Nullpunktes für die Zustandsgrößendarstellung innerhalb Ihrer Schichtdarstellung definieren Sie zwischen 0 (ganz oben) und 1 (ganz unten). Weiterhin können Sie auch Pressung und Gründungssohlen darstellen lassen.

Sie können den Schnitt abspeichern, um ihn später wieder laden zu können (siehe oben).

Wenn Sie den Knopf "**Schnittführung darstellen**" unter dem Menüeintrag "**Ansicht / Schnitt-Legende**" aktiviert haben (siehe Abschnitt 9.7.13), wird automatisch eine Lageskizze mit auf dem Bildschirm dargestellt, die den Plattenumriss und den definierten Schnitt zeigt.

9.9.11 Menüeintrag "Lage beliebiger Schnitt"

Sie können den unter dem Menüeintrag "**Auswerten / beliebiger Schnitt**" erstellten Schnitt darstellen und eventuell auf dem Drucker ausgeben.

9.9.12 Menüeintrag "Auflager"

Mit diesem Menüeintrag können Sie eine Kreisgrafik der Auflagerkräfte erzeugen. Die vorhandenen Auflager werden ganz oben in der Dialogbox aufgeführt.

Auflager

10 Q-, 0 Myy-, 0 Mxx-Auflager vorhanden.

Welchen Auflagertyp plotten ?

☒ Q ☐ Myy ☐ Mxx

Was darstellen: G + Q

Kreise

☒ Auflager als Kreise:

max. Kreisdurchmesser [m]: 1.000

Anzahl Kreissegmente: 36

Farbe positiv Farbe negativ

Beschriftung

☐ Auflager beschriften

Stellen nach dem Komma: 1

☒ Systemränder eintragen ☐ Netz eintragen

Farbe Systemränder/Netz

Stiftbreite [mm]: 0.2

OK Abbruch

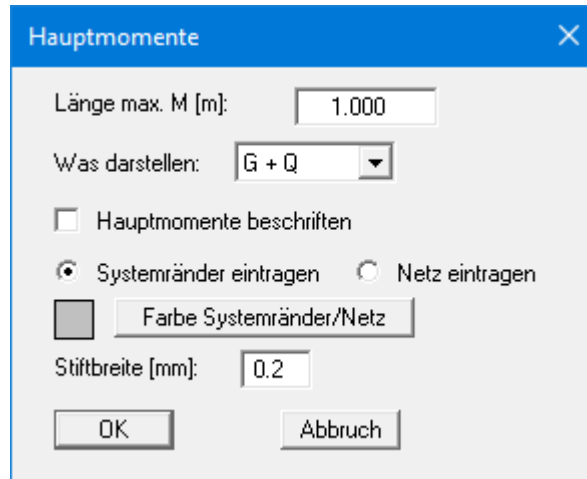
Im oberen Bereich der Dialogbox wählen Sie die Auflagergröße, die dargestellt werden soll.

- Q = Auflager infolge Weg-Randbedingung w
- Mxx = Auflager infolge Weg-Randbedingung $\phi(y)$
- Myy = Auflager infolge Weg-Randbedingung $\phi(x)$

Alle restlichen Eingaben sind mit den Eingaben unter dem Menüeintrag "**Auswerten / Kreise**" identisch (siehe Abschnitt 9.9.6).

9.9.13 Menüeintrag "Hauptmomente"

Sie können die Hauptmomente als wertabhängige Striche darstellen. Die folgende Dialogbox erhalten Sie, wenn Sie das *Teilsicherheitskonzept* ausgewählt haben.



Hauptmomente

Länge max. M [m]: 1.000

Was darstellen: G + Q

☐ Hauptmomente beschriften

☒ Systemränder eintragen ☐ Netz eintragen

☐ Farbe Systemränder/Netz

Stiftbreite [mm]: 0.2

OK Abbruch

Die Linienfarbe und die Linienstärke kann im Menüeintrag "**Ansicht / Stifte**" für positive und negative Hauptmomente unterschiedlich eingestellt werden (siehe Abschnitt 9.7.3). Die Striche von positiven Hauptmomenten erhalten an beiden Enden einen senkrechten Abschlussstrich.

9.9.14 Menüeintrag "Bewehrung"

Die Bewehrungen werden nach Richtung und Größe als Linien dargestellt. Für die Schubbewehrung ist auch die Darstellung als Kreisdiagramm möglich, ansonsten werden die Zahlenwerte eingetragen.

The screenshot shows a dialog box titled "Bewehrung" with a blue header bar and a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following elements:

- A group box "Welche Bewehrung ?" with three radio buttons: "oben" (selected), "unten", and "Schub".
- A text input field "Länge max. fe [m]" with the value "1.000".
- A group box "Kreisdiagramm Schubbewehrung" containing:
 - A checked checkbox "Schubbewehrung als Kreise".
 - A text input field "max. Kreisdurchmesser [m]" with the value "1.000".
 - A text input field "Anzahl Kreissegmente:" with the value "36".
- A checkbox "Bewehrung beschriften" which is unchecked.
- Two radio buttons: "Systemränder eintragen" (selected) and "Netz eintragen".
- A color selection button labeled "Farbe Systemränder/Netz" with a small gray square icon.
- A text input field "Stiftbreite [mm]" with the value "0.2".
- Two buttons at the bottom: "OK" and "Abbruch".

Linienfarbe und Linienstärke sowie die Farbe der Beschriftung kann im Menüeintrag "**Ansicht / Stifte**" Knopf "**Bewehrung**" eingestellt werden (siehe Abschnitt 9.7.3).

9.9.15 Menüeintrag "Stäbe"

Falls im System Stäbe vorhanden sind, können die Zustandsgrößen der Stäbe grafisch dargestellt werden.



Je nach gewählter Zustandsgröße erhalten Sie eine weitere Dialogbox, in der Ihnen die maximalen Größen angezeigt werden. Sie können für die Darstellung anschließend noch Einstellungen, z.B. zur Beschriftung, treffen.

9.9.16 Menüeintrag "Einzelfedern"

Falls im System Einzelfedern vorhanden sind, können sie als Kreisgrafiken dargestellt werden.

Federkräfte

Was darstellen: G + Q

Federkräfte

☒ Federkräfte als Kreise:

max. Kreisdurchmesser [m]: 1.000

Anzahl Kreissegmente: 36

Farbe positiv Farbe negativ

Beschriftung

☐ Federkräfte beschriften

Stellen nach dem Komma: 1

☒ Systemränder eintragen ☐ Netz eintragen

Farbe Systemränder/Netz

Stiftbreite [mm]: 0.2

OK Abbruch

Die Dialogbox ist nahezu identisch mit der Dialogbox unter dem Menüeintrag "**Auswerten / Kreise**" (siehe Abschnitt 9.9.6).

9.9.17 Menüeintrag "Summe V"

Bei Vorhandensein von Auflagern, Pressungen oder Einzelfedern können Sie die Summe V für beliebige Flächen ermitteln lassen. Sie klicken zunächst 4 Punkte im Gegenuhrzeigersinn mit der Maus an. Anschließend werden Ihnen die Ergebnisse in einer Infobox angezeigt.

The 'Summe V' dialog box displays the following data:

Summe V im ausgewählten Viereck	
Einwirkungen	
Summe V (Flächenlasten) (G+Q / Q)	= 0.00 / 0.00
Summe V (Gewicht Platte) (G)	= 95.63
Summe V (Streckenlasten) (G+Q / Q)	= 0.00 / 0.00
Summe V (Einzellasten) (G+Q / Q)	= 0.00 / 0.00
Summe V (alle) (G+Q / Q)	= 95.63 / 0.00
Reaktionen	
Summe V (Pressungen) (G+Q / Q)	= -41.02 / 0.00
Summe V (Einzelfedern) (G+Q / Q)	= 0.00 / 0.00 (n = 1)
Summe V (Auflager) (G+Q / Q)	= 0.00 / 0.00 (n = 0)
Summe V (alle) (G+Q / Q)	= -41.02 / 0.00
Einwirkungen + Reaktionen	
Summe V (alle) (G+Q / Q)	= 54.60 / 0.00

OK

9.9.18 Menüeintrag "Einzelwerte"

Mit der linken Maustaste können durch Anklicken eines Knotens alle Daten für diesen Knoten angesehen werden. Falls Sie ein Problem mit dem Steifemodulverfahren berechnen, können Sie vorab entscheiden, ob Sie die Zustandsgrößen oder die Setzungen bestimmen möchten.

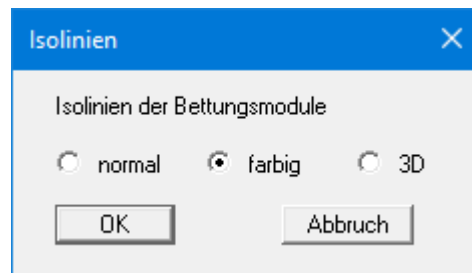
The 'Bestätigen' dialog box contains the following elements:

Was bestimmen ?

Wenn Sie den Knopf "**Setzungen**" anklicken, führt das Programm für jeden angeklickten Punkt eine Setzungsberechnung für den elastisch isotropen Halbraum durch. Die Punkte sind dann nicht mehr an die Systemknoten gebunden. Sie dürfen auch außerhalb der Platte liegen, soweit an diesem Punkt ein Steifemodulprofil definiert ist.

9.9.19 Menüeintrag "Bettungsmodule"

Beim Steifemodulverfahren können Sie sich Isolinien der Bettungsmodule zeichnen, die das Programm aus der Iterationsberechnung erhalten hat.



Mit den Schaltern "**normal**", "**farbig**" und "**3D**" legen Sie die Form der Isolinien fest. Erläuterungen zu den verschiedenen Isolinien finden Sie in den Abschnitten 9.9.2 bis 9.9.4.

9.9.20 Menüeintrag "Differenz"

Beim Steifemodulverfahren können Sie sich die Differenzen zwischen den Setzungen s (elastisch isotroper Halbraum) und den Verschiebungen w (gebettete Platte) als Isolinien darstellen lassen.

In der Dialogbox wählen Sie über die Schalter "**normal**", "**farbig**" und "**3D**" die Form der Isolinien. Erläuterungen zu den verschiedenen Isolinien finden Sie in den Abschnitten 9.9.2 bis 9.9.4.

9.9.21 Menüeintrag "Grenztiefen"

Wenn Sie bei der Berechnung Ihres Systems ausgewählt haben, dass die Grenztiefe für jedes Dreieckselement berechnet werden soll (Einstellung "**Überall**", siehe Abschnitt 9.6.6.3), können Sie die berechneten Grenztiefen über diesen Menüeintrag als Isolinien darstellen lassen.

Mit den Schaltern "**normal**", "**farbig**" und "**3D**" legen Sie die Form der Isolinien fest. Erläuterungen zu den verschiedenen Isolinien finden Sie in den Abschnitten 9.9.2 bis 9.9.4.

9.9.22 Menüeintrag "Isolinien Setzungen"

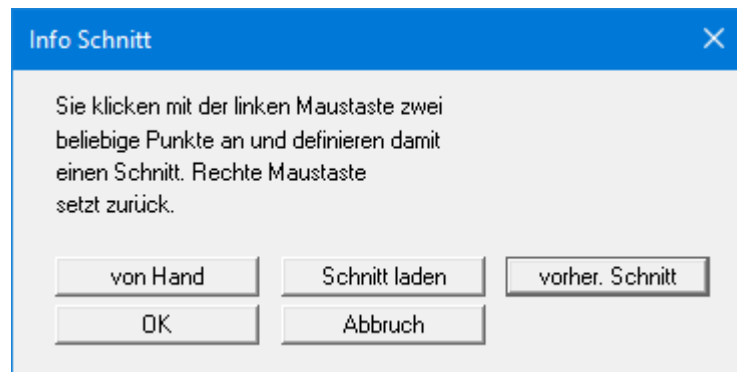
Über diesen Menüeintrag können Sie die Setzungen des elastisch isotropen Halbraums als Isolinien darstellen lassen.

Mit den Schaltern "**normal**", "**farbig**" und "**3D**" legen Sie die Form der Isolinien fest. Erläuterungen zu den verschiedenen Isolinien finden Sie in den Abschnitten 9.9.2 bis 9.9.4.

9.10 Menütitel Spezial (nur beim Steifemodulverfahren)

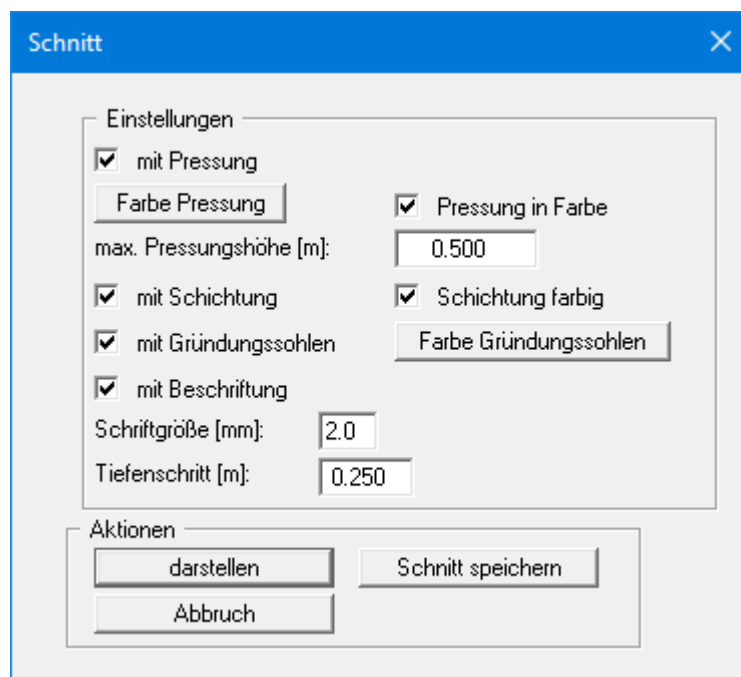
9.10.1 Menüeintrag "Spannungsschnitt definieren"

Über diesen Menüeintrag können Sie die Spannungen in einem beliebigen Schnitt darstellen lassen. In einer Dialogbox wählen Sie, wie der Schnitt festgelegt werden soll.



Die Schnittführung ist bei dieser Auswerteform nicht mehr an den FE-Knoten gebunden, sondern besteht aus Anfangs- und Endpunkt. Mit dem Knopf "**von Hand**" können Sie den Anfangs- und Endpunkt auch über Zahlenwerte festlegen, ohne die Maus zu benutzen. Falls Sie vorher einen Schnitt abgespeichert haben, können Sie ihn mit "**Schnitt laden**" wieder aufrufen. Der Knopf "**vorher. Schnitt**" ist nur vorhanden, wenn bereits ein Schnitt definiert worden ist, und ruft den direkt davor festgelegten Schnitt wieder auf.

Nach Abschluss der Schnittfestlegung durch Drücken der [**Return**]-Taste können Sie in einer Dialogbox die Anzahl der Unterteilungen vorgeben. Sie legen damit fest, an wie vielen Aufpunkten Schnittwerte berechnet werden sollen. Nach Bestätigen mit "**OK**" erscheint folgende Dialogbox:



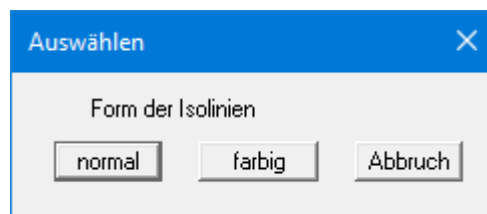
Sie können unterschiedliche Einstellungen für die Darstellung der Spannungen auswählen. Nach Verlassen der Dialogbox über den Knopf "**darstellen**" berechnet das Programm zunächst die Spannungen und stellt anschließend die Spannungsverteilung über die Tiefe an den festgelegten Aufpunkten in Ihrem Schnitt dar. In der obigen Dialogbox ist es ebenfalls möglich, den festgelegten Schnitt zu speichern.

9.10.2 Menüeintrag "einstellen"

Wenn Sie bereits einen Schnitt festgelegt und auf dem Bildschirm dargestellt haben, können Sie die Einstellungen für die grafische Darstellung über diesen Menüeintrag nachträglich verändern. Es erscheint die Dialogbox für die Schnittdarstellung, die Sie auch über den Menüeintrag "**Spezial / Spannungsschnitt definieren**" erhalten (siehe Abschnitt 9.10.1). Nach Verlassen der Dialogbox werden zunächst wieder die Spannungen bestimmt und dann der Schnitt dargestellt.

9.10.3 Menüeintrag "Spannungszwiebel Schnitt"

Bei diesem Menüeintrag erscheinen zunächst die gleichen Dialogboxen wie unter "**Spezial / Spannungsschnitt definieren**" im Abschnitt 9.10.1. Nach Verlassen der Dialogbox für die grafischen Einstellungen über den Knopf "**darstellen**" wählen Sie jedoch die Form der Isoliniendarstellung aus.



Wenn Sie die gewünschte Art der Isoliniendarstellung gewählt haben, rechnet das Programm zunächst die Spannungen im festgelegten Schnitt aus. Anschließend erhalten Sie dann die bekannten Dialogboxen für die normale oder die farbige Isoliniendarstellung (siehe Abschnitte 9.9.2 und 9.4.5).

9.10.4 Menüeintrag "(Spannungszwiebel) Isolinien normal"

Wenn die Spannungen für den festgelegten Schnitt bereits über den vorherigen Menüeintrag "**Spezial / Spannungszwiebel Schnitt**" berechnet wurden, können Sie über diesen Menüeintrag direkt die normale Isoliniendarstellung erreichen. Sie erhalten die bekannte Dialogbox (siehe Abschnitt 9.9.2).

9.10.5 Menüeintrag "(Spannungszwiebel) farbig"

Wenn die Spannungen für den festgelegten Schnitt bereits über den Menüeintrag "**Spezial / Spannungszwiebel Schnitt**" berechnet wurden, können Sie über diesen Menüeintrag direkt die farbige Isoliniendarstellung erreichen. Sie erhalten die bekannte Dialogbox (siehe Abschnitt 9.4.5).

9.10.6 Menüeintrag "Vertikalsetzungen Schnitt"

Die Festlegung des Schnittes für die Darstellung der Vertikalsetzungen erfolgt analog zum Menüeintrag "**Spezial / Spannungsschnitt definieren**" (siehe Abschnitt 9.10.1). Wenn Sie die Dialogbox für die Einstellungen zur grafischen Darstellung mit dem Knopf "**darstellen**" verlassen, berechnet das Programm zunächst die Setzungen in Ihrem Schnitt. Anschließend erhalten Sie eine Auswahlbox für die Art der Isoliniendarstellung.

Wenn Sie die gewünschte Art der Isoliniendarstellung gewählt haben, rechnet das Programm zunächst die Spannungen im festgelegten Schnitt aus. Anschließend erhalten Sie dann die bekannten Dialogboxen für die normale oder die farbige Isoliniendarstellung (siehe Abschnitte 9.9.2 und 9.4.5).

9.10.7 Menüeintrag "(Vertikalsetzungen) Isolinien normal"

Wenn die Vertikalsetzungen für den festgelegten Schnitt bereits über den vorherigen Menüeintrag "**Spezial / Vertikalsetzungen Schnitt**" berechnet wurden, können Sie über diesen Menüeintrag direkt die normale Isoliniendarstellung erreichen. Sie erhalten die bekannte Dialogbox (siehe Abschnitt 9.9.2).

9.10.8 Menüeintrag "(Vertikalsetzungen) farbig"

Wenn die Vertikalsetzungen für den festgelegten Schnitt bereits über den Menüeintrag "**Spezial / Vertikalsetzungen Schnitt**" berechnet wurden, können Sie über diesen Menüeintrag direkt die farbige Isoliniendarstellung erreichen. Sie erhalten die bekannte Dialogbox (siehe Abschnitt 9.4.5).

9.10.9 Menüeintrag "Setzungsmulde"

Dieser Menüeintrag ermöglicht die Berechnung und Darstellung von Setzungsmulden. Sie erhalten nahezu die gleiche Dialogbox zur Schnittfestlegung wie unter "**Auswerten / beliebiger Schnitt**" beschrieben (siehe Abschnitt 9.9.10). Die Schnittführung ist auch bei dieser Auswerteform nicht an die FE-Knoten gebunden, sondern besteht aus Anfangs- und Endpunkt.

Nach Abschluss der Schnittfestlegung durch Drücken der [**Return**]-Taste legen Sie in einer Dialogbox durch Eingabe der Anzahl der Unterteilungen fest, an wie vielen Aufpunkten Schnittwerte berechnet werden sollen. Sie erhalten die bereits unter dem Menüeintrag "**Auswerten / beliebiger Schnitt**" beschriebene Dialogbox, in der Sie Einstellungen für die Darstellung der Setzungsmulde treffen können.

9.10.10 Menüeintrag "Spannungen für GGU-CONSOLIDATE"

Wenn Sie zuvor einen Spannungsschnitt definiert haben (siehe Abschnitt 9.10.1), können Sie die Spannungsverteilungen an den berechneten Punkten des Schnittes in das Programm **GGU-CONSOLIDATE** übernehmen. Sie wählen dazu in einer Dialogbox den gewünschten Punkt aus und speichern anschließend die Spannungsverteilung in eine Datei "**.kon_spg**".

9.11 Menütitel Info

9.11.1 Menüeintrag "Copyright"

Sie erhalten die Copyrightmeldung mit Informationen zur Versionsnummer des Programms.

Über den Knopf "**System**" erhalten Sie Informationen zu Ihrem Rechner und den Verzeichnissen, mit denen das Programm **GGU-SLAB** arbeitet.

9.11.2 Menüeintrag "Maximalwerte"

Sie erhalten in einer Box die im Programm festgelegten Maximalgrößen der Knoten und der Elemente für das FE-Netz.

9.11.3 Menüeintrag "Hilfe"

Es wird das Handbuch zum Programm **GGU-SLAB** als PDF-Dokument aufgerufen. Die Hilfe-Funktion kann ebenfalls durch Drücken der Funktionstaste **[F1]** gestartet werden.

9.11.4 Menüeintrag "Plattenbewehrung testen"

Unter diesem Menüeintrag können Sie bei entsprechender Eingabe Ihre Plattenbewehrung testen.

9.11.5 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

Über den Knopf "**ermitteln**" können Sie das Flächenverhältnis Säule/Zelle " $A(C)/A$ " über verschiedene Rasterverfahren ermitteln lassen.

A(C)/A ermitteln

Art des Rasters

☒ Quadrat ☐ Dreieck ☐ Rechteck

Zellengeometrie

Zellenlänge [m]: 2.000

Zellenbreite [m]: 1.500

Säulendurchmesser [m]: 1.000

OK Abbruch

Nach der Bestimmung wird Ihnen der errechnete Wert $A(C)/A$ in einer Infobox angezeigt. Wenn Sie diesen Wert übernehmen möchten, klicken Sie auf "**Ja**". Nach Bestätigen Ihrer eingegebenen Werte in der vorherigen Dialogbox mit "**OK**" werden Ihnen die Ergebnisse in einer Infobox dargestellt:

Rüttelstopfverdichtung

Eingaben

Fläche Säule / Fläche Zelle [-] = 0.196

n_{ue} (Boden) [-] = 0.333

n_{ue} (Säule) [-] = 0.333

ϕ (Säule) [°] = 40.00

$E(\text{Säule}) / E(\text{Boden})$ [-] = 10.000

Ergebnis

n_0 [-] = 2.151 (ohne Kompressibilität Säulenmaterial)

$(A(C)/A)_1$ [-] = 0.659

$\Delta (A(C)/A)_1$ [-] = 0.517

n_1 [-] = 2.023 (mit Kompressibilität Säulenmaterial)

OK

Um den Menüeintrag zu beenden, klicken Sie auf "**Abbruch**" in der obigen Dialogbox.

9.11.6 Menüeintrag "alles drehen"

Sie können ein eingegebenes System um einen frei wählbaren Winkel drehen. Zusätzlich ist eine Maßstabsvergrößerung oder -verkleinerung möglich sowie eine Verschiebung in x- oder y-Richtung. Die Randbedingungen ϕ_{ix} und ϕ_{iy} sowie m_{xx} und m_{yy} werden nicht übersetzt.

9.11.7 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. Sie können hier auch eine E-Mail-Benachrichtigung abonnieren, die Sie monatlich über alle Änderungen informiert.

9.11.8 Menüeintrag "GGU-Support"

Über dieses Menü gelangen Sie direkt zum Kontakt-Bereich der GGU-Software Homepage.

9.11.9 Menüeintrag "Was ist neu ?"

Sie erhalten Informationen über die Neuerungen in Ihrer Version gegenüber älteren Programmversionen.

9.11.10 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.

9.11.11 Menüeintrag "Benchmark" (nur beim Steifemodulverfahren)

Es werden durchschnittliche Berechnungszeiten angezeigt.

10 Index

A

Absolute Höhen,	
für OK Gelände eingeben.....	94
Verwendung aktivieren	37, 67, 94
Allgemeine Blattinformationen,	
über Mini-CAD hinzufügen	97
Auflagerkräfte, als Kreisgrafik darstellen	117
Ausrundungsverfahren, Isolinien	109
Auswertung, Zustandsgröße für	
Isoliniendarstellung auswählen	107

B

Bandbreite	87
Berechnungsergebnisse, in Datei speichern	38
Berechnungsverfahren, wählen	37
Bereich kopieren/drucken	14, 46, 98
Bettungsmodule,	
für alle FE-Knoten ändern	62
für einzelne FE-Knoten ändern	62
für mehrere FE-Knoten ändern	63
über Interpolationsnetz zuweisen	65
Bettungsmodul-Verteilung,	
für FE-Netz darstellen	63
für Interpolationsnetz darstellen	65
nach Iteration darstellen	123
Bewehrung,	
darstellen	119
in Legende darstellen	102
Parameter für Isoliniendarst. auswählen	107
Parameter für Kreisdarst. auswählen	112
Parameter für Tabellendarst. auswählen	113
Sicherheitskonzept wählen	92
testen	127
Bewehrungsrichtungen, definieren	92
Biegelinie, darstellen	26
Blatt,	
Ausschnitt kopieren/drucken	14, 98
Format definieren	105
Ränder definieren	105
Ränder ein/ausblenden	106
Blättern im Protokoll	42, 97
Bodenbezeichnung, definieren	67
Bodenkennwerte,	
eingeben/aus Boden-Datenbank holen	67
Boussinesq-Gleichung	35

C

CAD für Kopfdaten,	
Erläuterungen Anwendung	97
Cholesky	87

D

Dämpfung	89
Datei,	
laden/speichern	38
Name in Legende darstellen	99

Datenbank,	
für Bodenkennwerte gängiger Böden	67
Datensatzbezeichnung,	
darstellen	99
eingeben	37, 85
Dehnsteifigkeit Pfahl, berücksichtigen	84
Delauney-Triangulation	57
Differenzen Setzungen/Verschiebungen,	
als Isolinien darstellen	123
Dimension,	
für Steifemodul/Verschiebung definieren	85
DIN 1045/DIN 1045-1	92
DIN 4019	89
Drehfedersteifigkeit,	
Berechnung starten	116
Berechnungsgrundlage	36
Momente übernehmen	55, 56
Drucken,	
Ausschnitt	14, 46, 98
Grafik	44
mehrere Dateien	47
Protokoll	45
Drucker, einstellen	43, 44
DXF-Datei,	
exportieren	45
über Mini-CAD importieren	8

E

Editorfenster, Protokoll	43
Einzelfedergröße C_B , Berechnung	84
Einzelfedern,	
darstellen	121
definieren/löschen	84
Einzellasten,	
definieren	78
über Konstante nachträglich anpassen	82
Vorzeichenregelung	36
Einzelwerte, darstellen	122
Elastisch isotroper Halbraum	89
EMF-Format	46
Export, Spannungsverteilung nach	
GGU-CONSOLIDATE	126

F

Farbbalken, für Isolinien definieren	71
Farben,	
ein-/ausblenden	98
für Plattenmaterial definieren	100
für Steifemodulprofile definieren	67, 102
in Steifemodul-Legende darstellen	101
Interpolations-/FE-Netz definieren	63
Farben/Stifte, für Grafikelemente definieren	96
Federkonstante Pfahl C_P , Berechnung	84
FE-Elemente, Verdichtungsverfahren	59
FE-Knoten,	
alle über Editor definieren/ändern	50
alle über Editor verschieben	50
Bettungsmodul ändern	62
Bettungsmodul vorab definieren	62
einzelne über Editor ändern	51

für kreisförmige Platten definieren.....	55
Koordinaten für einzelne ändern	62
Koordinaten über	
Windows-Zwischenablage einlesen	50
Maßstab anpassen.....	50
mit Maus definieren	49
Standard-Bettungsmodul zuweisen	62
über Raster definieren	52
FE-Netz,	
ausgewählte FE-Elemente verdichten	61
automatisch generieren.....	57
Darstellungsart festlegen	48
einzelnes FE-Element verdichten	59
FE-Elemente automatisch löschen	57
FE-Elemente mit Maus definieren.....	57
FE-Elemente mit Maus löschen.....	57
FE-Elemente optimieren.....	58
Isolinien Bettungsmodule darstellen	63
max. Anzahl Knoten/Elemente anzeigen....	127
mehrere FE-Elemente verdichten	61
Finite-Differenzen-Methoden	33
Finite-Element-Methoden.....	33
Firmendaten, über Mini-CAD hinzufügen.....	97
Flächenlasten,	
bestimmten FE-Elementen zuweisen.....	81
bestimmten Materialien zuweisen	81
erhöhen/reduzieren	81
für alle FE-Elemente aus M+V ermitteln	56
über Konstante nachträglich anpassen.....	82
Freie Auflagerung.....	35, 78
Fundamentbalken, berücksichtigen.....	83
Funktionstasten.....	13
Fußtext, Protokoll	41

G

Gamma,	
für Grenztiefenberechnung definieren.....	68
über/unter Grundwasser definieren	30
Gauß	90
Geologisches Profil, darstellen	72
Gesamtfederkonstante C, Berechnung	84
GGU-CAD-Datei, exportieren.....	45
GGU-CONSOLIDATE-Datei, exportieren	126
GGUMiniCAD-Datei, exportieren	46
GGU-SETTLE-Datei, exportieren.....	75
Gleichungslöser	87
Grafik, über Mini-CAD einbinden.....	97
Grenztiefen,	
als Isolinien darstellen	123
Berechnung aktivieren.....	37, 89
Grenztiefenberechnung,	
Gründungssohlen berücksichtigen.....	89
Wichte des Bodens definieren	68
Gründungssohlen,	
bei Grenztiefenberechn. berücksichtigen.....	89
für Plattenmaterialien definieren	93

H

Handbuch, als PDF-Dokument starten	127
Hauptmomente, darstellen	118
Hooke'sches Gesetz	33

I

Interpolationsnetz,	
Bettungsmodule über Konstante ändern.....	65
für Bettungsmodulverlauf definieren.....	63
Isolinien der Bettungsmodule.....	65
Knoten bearbeiten	64
Netz bearbeiten.....	64
Isolinien,	
Bettungsmodule aus Iteration	123
Bettungsmodule FE-Netz	63
Bettungsmodule Interpolations-Netz.....	65
Differenzen Setzungen/Verschiebungen	123
Einstellungen für 3D Darstellung	109
Einstellungen für 3D Raster Darstellung....	111
Einstellungen für farbgefüllte Linien	70
Einstellungen für normale Linien	108
Einstellungen Strichelung.....	109
Schicht-UK Steifemodulprofile.....	70
Setzungen im Vertikalschnitt darstellen	126
Spannungen im Schnitt darstellen	125
Winkelverdrehung auswählen	107
Zustandsgröße auswählen.....	107
Iteration, Abbruchkriterium	89
Iterationsprozess, Steifemodulverfahren.....	35, 89

K

Kontextmenü, öffnen	11
Konvergenz.....	89
Koordinaten FE-Netz,	
als ASCII-Datei ausgeben	39
über ASCII-Datei einlesen	39
über Windows-Zwischenablage einlesen	50
Koordinaten Grafik,	
mit Maus ändern.....	104
optimieren	104
speichern/laden.....	104
über Editor ändern.....	104
Koordinaten,	
mit Mausrad ändern.....	12
Kopftext, Protokoll	41
Korrekturbeiwerte kappa,	
bei Setzungsberechnung berücksichtigen	67
Kraft-Randbedingung,	
für einzelne FE-Knoten definieren/löschen ..	77
Kreisgrafiken, Einstellungen für Darstellung .	112

L

Layout,	
für Ausgabeblatt einstellen.....	105
für Protokoll einstellen	41
Legenden, mit Maus verschieben	103
Lizenzschutz	9
Löschen,	
alle FE-Knoten	50
Einzelfedern	84
einzelne Elemente Steifemodulprofilnetz.....	75
einzelne FE-Elemente.....	57
Flächenlasten.....	81
mehrere FE-Elemente.....	57
Stäbe.....	83
Steifemodulprofilnetz.....	75
Streckenlasten	80

Lupenfunktion, aktivieren..... 12, 96, 98

M

Maßstab,

 automatisch bestimmen 104
 mit Maus ändern..... 104
 mit Mausrad ändern..... 12
 über Editor definieren..... 104
 über Faktor ändern 129

Material Platte,

 einzelnen FE-Knoten Nummern zuweisen ... 82
 Farben/-nummern aktivieren 100
 Kennwerte definieren 85
 Kennwerte in Legende darstellen 100
 mehreren FE-Knoten Nummern zuweisen ... 82
 Umriss darstellen..... 48

Material Stäbe,

 Kennwerte definieren 86
 Nummern zuweisen..... 83

Mausklickfunktionen 11

Mausradfunktionen,

 auf Weltkoordinaten anwenden..... 12

Max. zulässige Bodenpressung,

 für Berechnung definieren..... 89

Maximalwerte, für System anzeigen..... 127

Metadatei, exportieren 46

Mindestbewehrungen, definieren..... 108

Mini-CAD,

 Datei exportieren..... 46
 Datei mit Weltkoordinaten speichern 46
 Erläuterungen Anwendung..... 97
 Objekte hinter Systemgrafik darstellen 106

Moment,

 Ermittlungsverfahren..... 34
 Vorzeichenregelung 36

N

Näherungsverfahren..... 33

nue,

 Darstellung in Legende deaktivieren..... 101
 definieren 67

Numerische Integration nach Gauß 90

P

PDF-Datei, über Mini-CAD importieren 8, 97

Pfahlgründung, über Einzelfedern

 berücksichtigen 84

Platte,

 einzelnen FE-Knoten Materialnr. zuweisen . 82
 Materialkennwerte definieren..... 85
 Materialkennwerte in Legende darstellen... 100
 mehreren FE-Knoten Materialnr. zuweisen.. 82

Plotränder, definieren 105

Programm,

 Einstellungen speichern/laden 103
 Informationen anzeigen..... 127
 Name in Legende darstellen 99
 Neuerungen anzeigen 129

Projektdaten, über Mini-CAD hinzufügen..... 97

Protokoll,

 Ausgabe als ASCII einstellen..... 43
 Ausgabe als Grafik einstellen..... 41

Ausgabeformat wählen..... 40

Wechsel zur Systemgrafik..... 42, 97

Q

Qualität der Lösung 33

Qualität der Näherung..... 35

Querkontraktionszahl,

 Darstellung in Legende deaktivieren 101
 definieren 67

Querkraftberechnung 19, 34

R

Radienverhältnis, FE-Elemente 57

Randbedingungen,

 freie Auflagerung 35, 78
 natürliche..... 35

Raster,

 regelmäßig für FE-Knoten-Generierung..... 52
 unregelmäßig für FE-Knoten-Generierung... 54

Rechenaufwand,

 für Setzungsberechnung begrenzen 89

Rotationswinkel,

 für 3D-Darstellung definieren 98

Rüttelstopfverdichtung,

 Berücksichtigung aktivieren 37, 67
 Bodenkennwerte eingeben 68
 Erläuterungen in Legende aktivieren..... 101

S

Schneidkanten, ein/ausblenden 106

Schnitt,

 Spannungen zwischen belieb. Punkten..... 124
 Zaundarstellung einstellen..... 116
 Zustandsgrößen an FE-Knoten darstellen... 114
 Zustandsgrößen zwischen belieb. Punkten . 115

Schnittführung, in Legende darstellen 103

Schnittwerte,

 für Setzungsmulde berechnen..... 126
 für Spannungsverteilung berechnen 124
 für Zaundarstellung berechnen 115

Schriftart, wählen..... 96

Schriftgröße,

 für allgemeine Legende definieren 99
 für Bewehrung-Legende definieren..... 102
 für Material-Legende definieren..... 100
 für Schnitt-Legende definieren..... 103
 für Stab-Legende definieren 102
 für Steifemodul-Legende definieren..... 101
 für Zeichnungselemente ändern 105

Schubbewehrung, darstellen 119

Schwerpunkt der Bewehrung..... 85

Scrollen des Bildschirms 12

Seitennummerierung, automatisch..... 42, 43

Setzungen des elastisch isotropen Halbraums,

 als Isolinien darstellen..... 123

Setzungen, für beliebige Punkte darstellen 122

Setzungsberechnung,

 Korrekturbeiwerte kappa berücksichtigen 67
 Rechenaufwand begrenzen..... 89
 über Datenexport nach GGU-SETTLE 75

Setzungsmulde, darstellen 126

Sicherheitskonzept, für Bewehrung wählen	38, 92	Systemkoordinaten, mit Maus ändern.....	104
Smarticons, für 3D-Darstellungen.....	98	mit Mausrad ändern.....	12
für Menüeinträge	97	optimieren	104
Spannungen, als Isolinien im Schnitt darstellen.....	125	speichern/laden.....	104
Verteilung im Schnitt darstellen	124	über Editor ändern	104
Spannungsspitzen, unterdrücken	89	T	
Spannungsverteilung, exportieren	126	Tabellen, Einstellungen für Darstellung	113
über die Tiefe darstellen	125	True-Type-Font	96
Spracheinstellung.....	9, 129	U	
Stäbe, alle löschen.....	83	Übersetzung, aktivieren	129
darstellen	120	V	
definieren	83	Verdichtungsverfahren	59
einzelnen löschen	83	Verdrehung, Vorzeichenregelung	36
in Legende darstellen	102	Verschiebung, Ansatz nach Zienkiewicz.....	34
Materialkennwerte definieren.....	86	Vorzeichenregelung	36
Materialnummer zuweisen	83	Versionsnummer, in Infobox darstellen.....	127
Standard-Bettung, eingeben.....	62	in Legende darstellen	99
Statusleiste Hauptprogramm, aktivieren	97	Vertikalsetzungen, als Isolinien im Schnitt darstellen.....	126
Steifemodule, eingeben/aus Datenbank holen	67	Vorbelastung, für Plattenmaterialien definieren	93
Steifemodulprofile, beliebiges anzeigen	71	Vorzeichenregelung	36
Darstellungsparameter.....	66	W	
einzelne Schichttiefen ändern.....	71	Weg-Randbedingung, für einzelne FE-Knoten definieren/löschen ..	77
Farben definieren	67	für mehrere FE-Knoten definieren/löschen ..	78, 79
in Legende darstellen	101	Weltkoordinaten, in Mini-CAD-Datei speichern	46
Isolinien Schichtunterkanten	70	What you see is what you get	95
Schichten definieren.....	67	Wichte des Bodens, über/unter Grundwasser definieren	30
Schichten einfügen	72	Wichte, eingeben/aus Datenbank holen	68
Schichttiefen nachträgl. ändern/zusweisen	72	für Grenztiefenberechnung definieren	68
Schichttiefen vorab definieren.....	69	Widerstandssetzungsdiagramm nach DIN 4014	84
speichern/laden.....	75	Winkelverdrehung, als Isolinien darstellen.....	107
Standard-Schichttiefen zuweisen.....	69	Z	
Steifemodulprofilnetz, automatisch generieren.....	75	Zaundarstellung, Zustandsgrößen an FE-Knoten darstellen...	114
automatisch mit Standardtiefen generieren ..	73	Zustandsgrößen zwischen belieb. Punkten .	116
einzelnen Knoten bearbeiten	74	Zeichenbereich, definieren.....	105
einzelnen Knoten mit Maus verschieben.....	74	Zienkiewicz	8, 34
Elemente mit Maus definieren/löschen	75	Zoomfaktor, für Vollbilddarstellung definieren	95
Elemente verdichten	75	Zugbettung, unterbinden.....	87
Knoten mit Maus definieren/löschen.....	73	Zustandsgrößen, für einzelnen FE-Knoten darstellen	122
Knoten über Editor definieren	74	Zwischenablage	45
löschen	75		
Stifteinstellung.....	96		
Streckenlasten, über Konstante nachträglich anpassen.....	82		
Streckenlasten, definieren/löschen.....	80		
Summe V, Ergebnisse in Infobox anzeigen	122		
Symbolleiste, für 3D-Darstellungen bearbeiten	98		
für Menüeinträge bearbeiten	97		
System, berechnen	87		
drehen/verschieben.....	129		
Eingabe mit DXF-/BMP-Dateien	49		
Grundlagen in Legende darstellen	99		
Informationen anzeigen.....	85, 127		
testen	86		