



Fassung
Mai 2017

Zusatzmodul

RF-SOILIN

Ermittlung von Bettungskennwerten

Programmbeschreibung

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der DLUBAL SOFTWARE GMBH ist es nicht gestattet, diese Programmbeschreibung oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.



© Dlubal Software GmbH 2017
Am Zellweg 2
D-93464 Tiefenbach
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de



Inhalt

	Inhalt	Seite
1.	Einleitung	2
1.1	Zusatzmodul RF-SOILIN	2
1.2	Gebrauch des Handbuchs	2
1.3	Aufruf von RF-SOILIN	3
2.	Theorie	4
2.1	Allgemeines	4
2.2	Boden-Bauwerkinteraktion	4
3.	Eingabedaten	6
3.1	Basisangaben	6
3.2	Böden	9
3.2.1	Boden-Materialien	9
3.2.2	Bodenproben	12
3.2.3	Bodenschichten	12
3.3	Zusätzliche geologische Regionen	13
4.	Berechnung	14
4.1	Detaileinstellungen	14
4.2	Start der Berechnung	16
5.	Ergebnisse	17
5.1	Spannungen und Setzungen	17
5.2	Bettungskoeffizienten	20
5.3	Grafische Ergebnisse	21
6.	Ausdruck	22
6.1	Ausdruckprotokoll	22
6.2	Grafikausdruck	23
7.	Allgemeine Funktionen	24
7.1	Bemessungsfall	24
7.2	Einheiten und Dezimalstellen	25
7.3	Export der Ergebnisse	25
A.	Literatur	26
B.	Index	27

1 Einleitung

1.1 Zusatzmodul RF-SOILIN

Für die statische Analyse von Bauwerken ist es wichtig, die Baugrundverhältnisse zu erfassen und im Modell entsprechend abzubilden. Mit dem Zusatzmodul RF-SOILIN für RFEM bietet DLUBAL die Möglichkeit, Bettungskennwerte von Flächen aus den Baugrunddaten zu ermitteln und für die Analyse zu nutzen.

In der Baupraxis wird häufig das WINKLERSche Bettungsmodell verwendet. Dieses Modell geht von einem linearen Zusammenhang zwischen Bodenpressung und Setzung aus. Die Bettungszahl C wird als Konstante angenommen. Dieser Ansatz wird der Realität jedoch nur in sehr vereinfachter Weise gerecht. Anspruchsvolle Bauwerke erfordern eine genauere Analyse der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund. Nicht zuletzt übt die Gründung eine nicht unerhebliche Wirkung auf die Schnittgrößen im Bauwerk aus.

Im Programm RFEM ist ein verbessertes, mehrparametrisches Bettungsmodell implementiert. Damit können sehr realistische Setzungsberechnungen durchgeführt werden. Ein Problem ist es jedoch, genaue Werte für die Parameter $C_{u,z}$, $C_{v,xz}$ und $C_{v,yz}$ zu finden.

Für die Lösung dieser Aufgabe bietet RF-SOILIN Unterstützung: Aus den Belastungen und Daten des Baugrundgutachtens (Steifeziffer oder E-Modul und Querdehnzahl, Wichte, Schichtdicken) werden die Bettungsparameter für jedes finite Element in einem nichtlinearen Verfahren berechnet. Die Parameter sind lastabhängig und üben ihrerseits wieder einen Einfluss auf das Verhalten des Bauwerks aus – daher der iterative Prozess. Das Ergebnis sind realistische Setzungen und genauere Schnittgrößen im Bauwerk.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-SOILIN.

Ihr DLUBAL Team

1.2 Gebrauch des Handbuchs

Da die Themenbereiche Installation, Benutzeroberfläche, Ergebnisauswertung und Ausdruck im RFEM-Handbuch erläutert sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet. Der Schwerpunkt dieses Handbuchs liegt auf den Besonderheiten, die sich im Rahmen der Arbeit mit dem Zusatzmodul RF-SOILIN ergeben.



Das Handbuch orientiert sich an der Reihenfolge und am Aufbau der Eingabe- und Ergebnismasken. Im Text sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Anwenden]. Zugleich sind sie am linken Rand abgebildet. Die **Begriffe**, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, sind in *Kursivschrift* hervorgehoben, damit die Erläuterungen gut nachvollzogen werden können.

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, können Sie die Suchfunktion auf unserer FAQ-Website nutzen, um unter den Beiträgen eine Lösung zu finden: <https://www.dlubal.com/de/support-und-schulungen/support/faq>

1.3 Aufruf von RF-SOILIN

In RFEM bestehen folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-SOILIN zu starten.

Menü

Der Programmaufruf kann erfolgen über das RFEM-Menü

Zusatzmodule → Sonstige → RF-SOILIN.

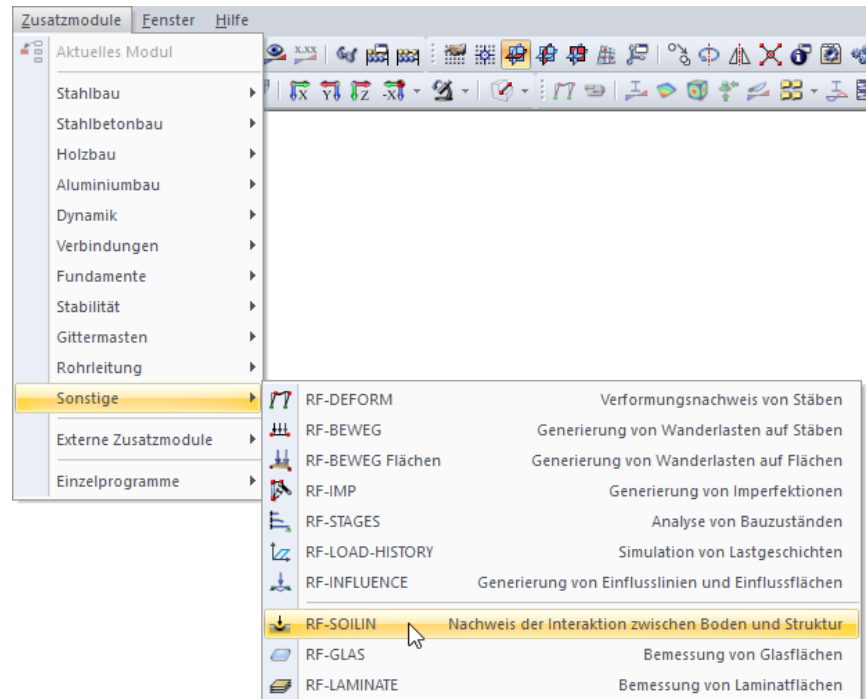


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Sonstige* → *RF-SOILIN*

Navigator

RF-SOILIN kann im *Daten-Navigator* aufgerufen werden über den Eintrag

Zusatzmodule → RF-SOILIN.

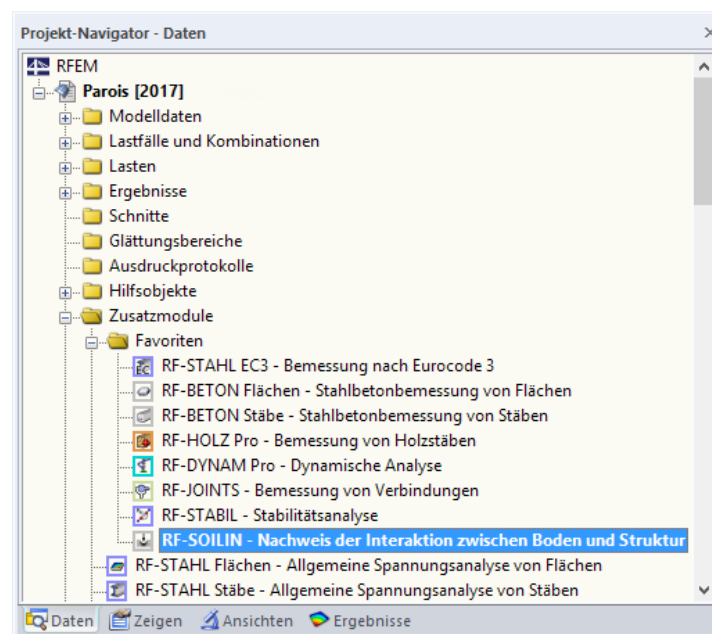


Bild 1.2: Daten-Navigator: *Zusatzmodule* → *RF-SOILIN*

2 Theorie

2.1 Allgemeines

Die Sohlpressung unter Gründungskörpern ist abhängig von der Verformbarkeit des Gründungskörpers und des Untergrundes. Es lassen sich die Grenzfälle *„schlaffes Lastbündel“* und *„starre Platte“* unterscheiden: Das schlaffe Lastbündel schmiegt sich der durch sie hervorgerufenen Setzungsmulde an; die Sohlspannung ist konstant. Bei einer starren Platte hingegen entstehen Spannungsspitzen an den Rändern.

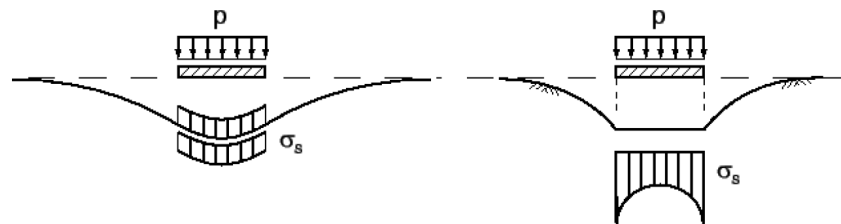


Bild 2.1: Sohlspannung σ_s in Abhängigkeit von der Steifigkeit des Gründungskörpers

Die Bettungsparameter als Eigenschaft des Bodens sind auch von der Sohlpressung abhängig, die sich unter der Fundamentplatte einstellen kann. Die Steifigkeit des Fundaments und des gesamten Bauwerks hat somit einen entscheidenden Einfluss auf die Verteilung der Bettungsparameter. Die Bettungsparameter wiederum üben einen Einfluss auf die Schnittgrößen des Bauwerks aus.

2.2 Boden-Bauwerkinteraktion

Die Verteilung der Bettungsparameter unter der Fundamentplatte wird für die Berechnung der Sohlspannungen benötigt. Gleichzeitig ist sie von diesen Pressungen abhängig. Aufgrund der komplexen Interaktion zwischen Boden und Bauwerk ist es nicht möglich, die Bettungsparameter in einem einfachen Rechengang zu ermitteln.

Die Berechnung der Bettungsparameter in RF-SOILIN verläuft iterativ. Für den ersten Iterationsschritt ist es erforderlich, dass die Startwerte für die Bettungsparameter intern vom Programm gewählt werden. Mit diesen Startwerten kann eine Finite-Elemente-Analyse des Modells in RFEM durchgeführt werden. Als Ergebnis steht die Verteilung der Sohlspannungen zur Verfügung.

Die Sohlspannungen des ersten Iterationsschritts gehen als Eingangsgröße in die RF-SOILIN-Berechnung ein. Zusammen mit den Steifemoduli der eingegebenen Bodenschichten kann für jedes finite Element die Setzung berechnet werden. Aus der Setzung und der Sohlpressung werden die Bettungsparameter berechnet. Beim nächsten Iterationsschritt ersetzen die neuen Bettungsparameter die alten und eine neue Finite-Elemente-Analyse wird in Gang gesetzt, welche wiederum eine neue Sohlspannungsverteilung liefert. Als Konvergenzkriterium wird die neue Verteilung der Spannungen mit der alten verglichen. Solange die Abweichung eine bestimmte Konvergenzschranke nicht unterschreitet, geht die neue Spannungsverteilung in RF-SOILIN in die Berechnung neuer Bettungsparameter ein.

Wird die Differenz der Sohlspannungsverteilung zweier aufeinanderfolgender Iterationsschritte zum ersten Mal unterschritten, wird die Iteration beendet. Als Ergebnis werden die Bettungsparameter des letzten Iterationsschritts in RF-SOILIN ausgegeben.

Bild 2.2 zeigt den schematischen Ablauf der Berechnung mit RF-SOILIN.

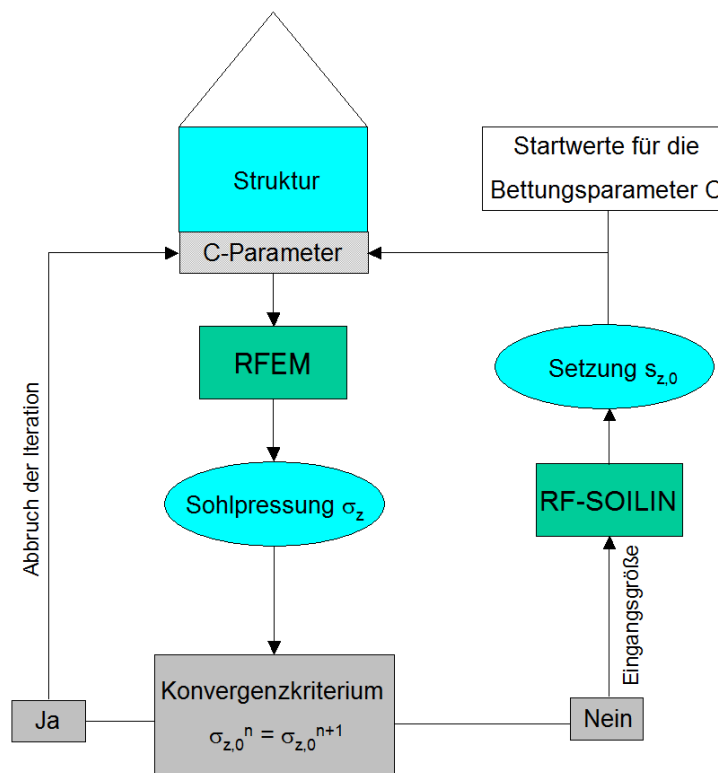


Bild 2.2: Berechnungsablauf mit RF-SOILIN

Eine entscheidende Zwischengröße bei der iterativen Berechnung der Bettungsparameter sind die Setzungen s_z . Für die Spannungsausbreitung infolge Auflast idealisiert RF-SOILIN den Baugrund als einen homogenen Halbraum mit linear-elastischem, isotropem Material gemäß dem Modell nach BOUSSINESQ.

Die Spannung wird schichtweise integriert. Zusammen mit dem zugehörigen Steifemodul werden die Setzungen berechnet.

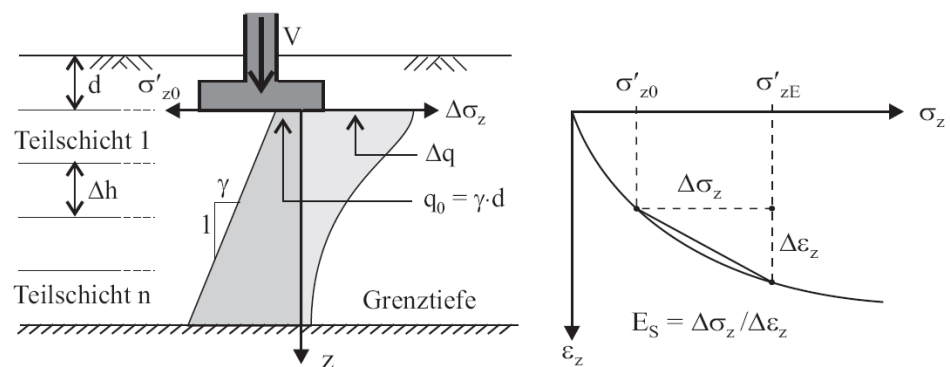


Bild 2.3: Spannungsausbreitung im elastischen Halbraum bis zu einer Grenztiefe

Mit der Sohlpressung σ_z und den Setzungen s_z werden die Bettungsparameter berechnet.



In folgendem DLUBAL-Blog werden die Ergebnisse unterschiedlicher Bodenmodelle mit RF-SOILIN verglichen: <https://www.dlubal.com/blog/23356>

Das Thema „Bodenmodelle für Fundamentplatten“ ist auch in [1] Kapitel 6 ausführlich behandelt.

3 Eingabedaten

Nach dem Aufruf des Zusatzmoduls erscheint ein neues Fenster. Links wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet.

Die Last- und Bodenparameter sind in zwei Eingabemasken zu definieren. Beim ersten Aufruf von RF-SOILIN werden die Lastfälle und Lastkombinationen aus RFEM eingelesen.



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben. RF-SOILIN wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm. [Abbrechen] beendet das Zusatzmodul, ohne die Daten zu speichern.

3.1 Basisangaben

In Maske 1.1 *Basisangaben* sind die elastisch gebetteten Flächen und die maßgebende Belastung festzulegen. Des Weiteren kann eine Norm ausgewählt werden, auf deren Grundlage die Bodenparameter ermittelt werden.

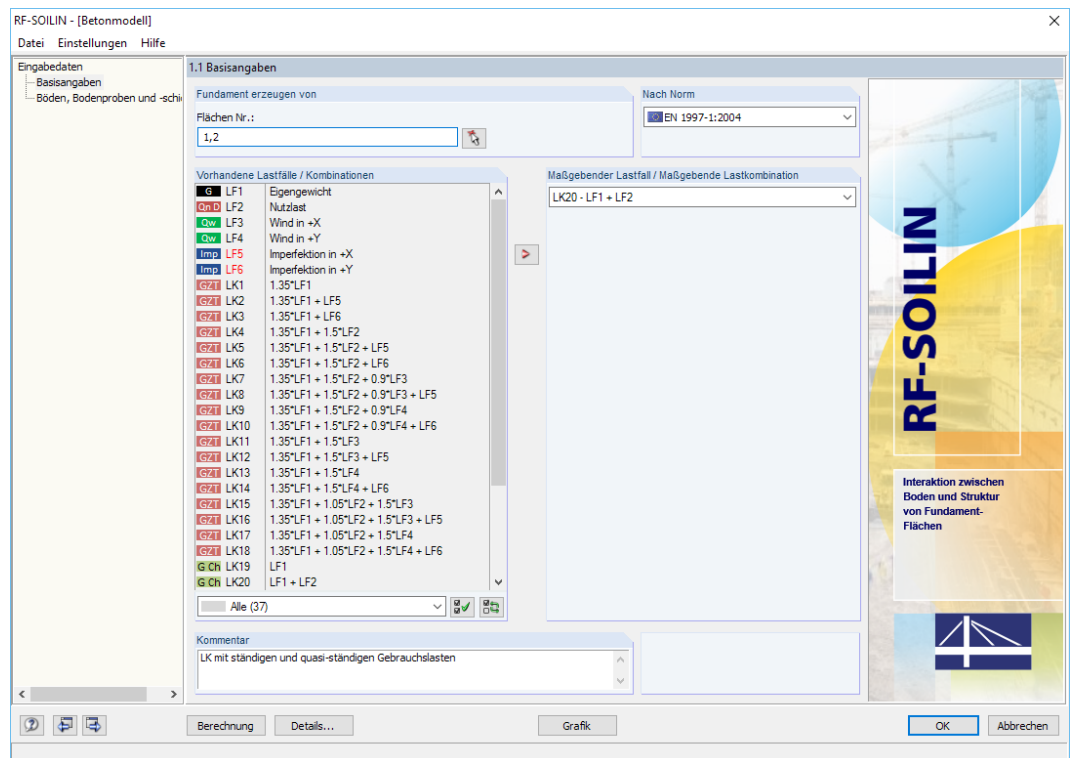


Bild 3.1: Maske 1.1 Basisangaben

Fundament erzeugen von



In diesem Abschnitt ist anzugeben, für welche Flächen die Interaktion zwischen Boden und Bauwerk untersucht werden soll. Die Nummern der Flächen können im Eingabefeld eingetragen oder über die Schaltfläche [Auswählen] grafisch im RFEM-Arbeitsfenster festgelegt werden.

Alternativ können die relevanten Flächen bereits bei der Definition der Flächenlagerung in RFEM festgelegt werden.

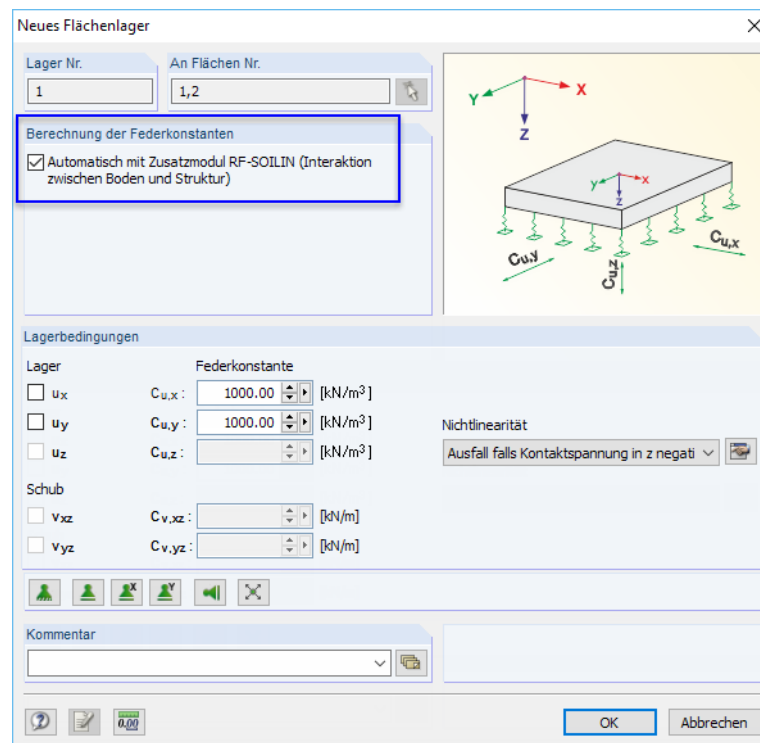


Bild 3.2: RFEM-Dialog Neues Flächenlager

Wird im RFEM-Dialog *Neues Flächenlager* das Kontrollfeld *Automatisch mit Zusatzmodul RF-SOILIN* angehakt, so erscheint diese Fläche in Maske 1.1 von RF-SOILIN voreingestellt.

Nach Norm

Die Berechnung der Bettungsparameter kann normunabhängig oder nach drei Normen erfolgen. In der Liste dieses Abschnitts bestehen folgende Auswahlmöglichkeiten:

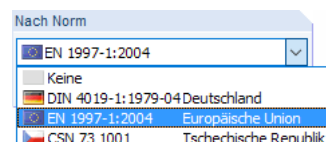



Bild 3.3: Auswahl der Norm

Vorhandene Lastfälle / Kombinationen

In diesem Abschnitt sind alle Lastfälle und Lastkombinationen aufgelistet, die in RFEM angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche  lässt sich ein selektierter Eintrag nach rechts als *Maßgebender Lastfall* / *Maßgebende Lastkombination* übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen.

Falls die Nummer eines Lastfalls rot dargestellt ist wie z. B. LF 5 oder LF 6 im Bild 3.1, so kann dieser nicht bemessen werden: Hier handelt es sich um einen Lastfall ohne Lastdaten oder um einen Imperfektionslastfall. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

Maßgebender Lastfall / Maßgebende Lastkombination

In der rechten Spalte sind die für den Nachweis ausgewählten Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet. Auch in dieser Liste kann die relevante Belastung ausgewählt werden.

Maßgebender Lastfall / Maßgebende Lastkombination	
LK20 - LF1 + LF2	
LK8	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF2 + 0.9 \cdot LF3 + LF5$
LK9	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF2 + 0.9 \cdot LF4$
LK10	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF2 + 0.9 \cdot LF4 + LF6$
LK11	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF3$
LK12	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF3 + LF5$
LK13	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF4$
LK14	$1.35 \cdot LF1 + 1.5 \cdot LF4 + LF6$
LK15	$1.35 \cdot LF1 + 1.05 \cdot LF2 + 1.5 \cdot LF3$
LK16	$1.35 \cdot LF1 + 1.05 \cdot LF2 + 1.5 \cdot LF3 + LF5$
LK17	$1.35 \cdot LF1 + 1.05 \cdot LF2 + 1.5 \cdot LF4$
LK18	$1.35 \cdot LF1 + 1.05 \cdot LF2 + 1.5 \cdot LF4 + LF6$
LK19	LF1
LK20	LF1 + LF2
LK21	$LF1 + LF2 + 0.6 \cdot LF3$
LK22	$LF1 + LF2 + 0.6 \cdot LF4$
LK23	LF1 + LF3
LK24	LF1 + LF4
LK25	$LF1 + 0.7 \cdot LF2 + LF3$
LK26	$LF1 + 0.7 \cdot LF2 + LF4$
LK27	LF1
LK28	$LF1 + 0.6 \cdot LF2$
LF1	Eigengewicht
LF2	Nutzlast
LF3	Wind in +X
LF4	Wind in +Y

Bild 3.4: Abschnitt Maßgebender Lastfall / Maßgebende Lastkombination



Bei der Analyse der Boden-Bauwerkinteraktion werden für jedes einzelne finite Element Federn berechnet. Es wird also in die Modelldaten eingegriffen. Die Größe der Federn ist abhängig von der Belastung. Das heißt: Die Berechnung ist nur für einen eindeutigen Lastzustand möglich. Deshalb kann nur **ein Lastfall** oder **eine Lastkombination** ausgewählt werden.



Ergebnis-
kombination

Da Ergebniskombinationen an jeder Stelle immer zwei Werte (Minimum und Maximum) aufweisen, kommen diese Kombinationen für RF-SOILIN nicht infrage. Aus dem gleichen Grund können in RF-SOILIN auch nicht mehrere „Bemessungsfälle“ angelegt werden, wie es in anderen Modulen möglich ist.

Für die Tragwerksanalyse ist es meist erforderlich, unterschiedliche Lastkombinationen zu bilden. RF-SOILIN bedeutet in dieser Hinsicht keine Einschränkung für den Anwender. Aus den verschiedenen Kombinationen muss nur eine ausgewählt werden, die für die Berechnung der Bettungskoeffizienten verwendet wird: Diese wird in der Regel eine Lastkombination mit ständigen und quasi-ständigen Gebrauchslasten sein. Die Stahl- oder Stahlbetonnachweise können dann wie gewohnt mit den Kombinationen für die Tragsicherheit erfolgen.

Kommentar

In diesem Eingabefeld sind benutzerdefinierte Anmerkungen möglich, um z. B. die Auswahl der maßgebenden Lastkombination zu erläutern.

3.2 Böden

In dieser Maske sind die charakteristischen Bodenkennwerte, die Stellen der Bodenproben und die jeweiligen Bodenprofile zu definieren.

Die Einheiten und Nachkommastellen der Bodenkennwerte und Schichtdicken lassen sich über das Menü **Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen** anpassen (siehe [Kapitel 7.2, Seite 25](#)).

1.2 Böden

1.2.1 Boden-Materialien

Boden Nr.	A	B	C	D	E	F	G
	Boden-Bezeichnung		Wichte		Elastizitätsmodul	Querdehnzahl	Kommentar
			γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	E_{def} [MN/m ²]	ν [-]	
1	Sand, gleichkörnig (SE)		16.00	19.50	30.00	0.28	
2	Schluff, gering plastisch (UL)		17.50	19.50	2.00	0.40	
3	Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)		21.00	21.50	100.00	0.20	
4							
5							

Definitionsart: ☐ Bodenstörung ☒ Elastizitätsmodul und Querdehnzahl

Anzahl der Bodenschichten: n: 3

☒ Grundwasser Spiegel Z: 2.100 [m]

☐ Gestein unterhalb der letzten Schicht

☒ Zusätzliche geologische Regionen

Tiefe: 1.500 [m]

1.2.2 Bodenproben

Probe Nr.	A	B	C	D	E
	Bodenprobe-Koordinaten		Region		Kommentar
	X [m]	Y [m]	Z [m]	Nr.	
1	12.600	1.850	0.000	-	
2	9.200	9.000	0.000	-	
3	12.700	10.800	0.000	-	
4	3.500	9.200	0.000	-	
5	2.000	2.500	0.000	1	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

1.2.3 Bodenschichten der Probe Nr. 1

Schicht Nr.	A	B	C	D
	Boden		Schichtdicke Δd [m]	Ordinate UK Z [m]
1	1 - Sand, gleichkörnig (SE)		1.500	1.500
2	2 - Schluff, gering plastisch (UL)		1.200	2.700
3	3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)		7.250	9.950

Bild 3.5: Maske 1.2 Böden

3.2.1 Boden-Materialien

Zunächst sind in der Tabelle 1.2.1 *Böden* für alle vorkommenden Böden die bodenmechanischen Kennwerte zu definieren. Eine Zeile entspricht einer Bodenart. Die weiteren Eingaben in der Tabelle 1.2.3 *Bodenschichten* beziehen sich dann auf diese Zeilennummern.

Jedem Bodenmaterial wird in der Spalte B eine Farbe zugewiesen. Sie wird ebenfalls in der Tabelle 1.2.3 *Bodenschichten* verwendet.

Unabhängig von der Norm und der Definitionsart ist die *Wichte* anzugeben. Dabei bedeuten:

- γ spezifisches Gewicht des Bodens
- γ_{sat} spezifisches Gewicht des mit Wasser gesättigten Bodens

Die weiteren Eingabemöglichkeiten sind von der Norm abhängig, die in Maske 1.1 *Basisangaben* eingestellt wurde.

Keine Norm / EN 1997-1 [2]

Bei diesen Vorgaben sind der *Elastizitätsmodul* E_{def} und die *Querdehnzahl* ν der jeweiligen Böden anzugeben (siehe [Bild 3.5](#)).

DIN 4019-1 [3]

Für diese Norm bestehen folgende Definitionsmöglichkeiten:

- Definition durch den *Steifemodul* E_s
- Definition durch den *Elastizitätsmodul* E_{def} und die *Querdehnzahl* ν

Bei der ersten Möglichkeit ist in der Tabelle nur die Eingabe des Steifemoduls E_s erforderlich. Bei der zweiten Option sind der Elastizitätsmodul E_{def} und die Querdehnzahl ν anzugeben.

Es besteht folgende Beziehung zwischen E_s und E_{def} :

$$E_s = \frac{E_{\text{def}} \cdot (1 - \nu)}{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)} \quad (3.1)$$

ČSN 73 1001 [4]

Bei dieser Norm ist neben der Definition von *Elastizitätsmodul* E_{def} und *Querdehnzahl* ν die Eingabe des *Koeffizienten* m (Korrekturfaktor für zusätzliche Lasten) erforderlich.

Materialbibliothek



Viele Bodenmaterialien sind in einer Datenbank hinterlegt. Diese ist zugänglich über die Schaltfläche im Feld der Spalte A (siehe Bild 3.5) oder die Schaltfläche [Bibliothek].

Material aus Bibliothek übernehmen

Filter

Materialkategorie-Gruppe:

Material-Kategorie:

Norm-Gruppe:

Norm:

☐ Inklusive ungültiger...

☐ Favoritengruppe:

Beton - DIN

Material zum Übernehmen

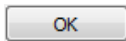
Materialbezeichnung	Norm
Kies, gleichkörnig	Keine Norm
Kies, sandig	Keine Norm
Sand, gleichkörnig (Grobsand)	Keine Norm
Sand, gleichkörnig (Feinsand)	Keine Norm
Sand	Keine Norm
Schluff, geringplastisch	Keine Norm
Schluff, mittelpastisch	Keine Norm
Schluff oder Ton, organisch	Keine Norm
Ton, geringplastisch	Keine Norm
Ton, mittelpastisch	Keine Norm
Ton, ausgeprägt plastisch	Keine Norm
Torf	Keine Norm
Kies, gleichkörnig (GE)	DIN 18196:2011-05
Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	DIN 18196:2011-05
Kies, sandig, tonig, schluffig (GU, GT)	DIN 18196:2011-05
Kies-Sand-Feinkornmischung, Sprengung des Korngerüsts	DIN 18196:2011-05
Sand, gleichkörnig (SE)	DIN 18196:2011-05
Sand, mit abgestuft. Sand, kiesig (SW, ST)	DIN 18196:2011-05

Materialkennwerte Sand, gleichkörnig (SE) | DIN 18196:2011-05

Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	3.00	kN/cm ²
Schubmodul	G	1.17	kN/cm ²
Poissonsche Zahl (Querdehnzahl)	ν	0.280	
Spezifisches Gewicht	γ	16.00	kN/m ³
Zusätzliche Kennwerte			
Koeffizient	m	0.200	
Kohäsion	c_k	0.00	kN/cm ²
Reibungswinkel	ϕ_k	32°	
Totalkohäsion	c_{uk}	0.00	kN/cm ²
Wichte des gesättigten Bodens	γ_{sat}	19.50	kN/m ³
Deformationsmodul des Baugrundes	E_{def}	3.00	kN/cm ²

Bild 3.6: Bibliothek mit Bodenmaterialien

Im Abschnitt *Filter* ist die Materialkategorie *Boden* fest voreingestellt. Die gewünschte Materialgüte kann im Abschnitt *Material zum Übernehmen* ausgewählt werden; die Kennwerte lassen sich im unteren Abschnitt überprüfen.



Mit [OK] oder [↵] wird das gewählte Material in die Tabellenzeile von RF-SOILIN übergeben.

Das Kapitel 4.3 des RFEM-Handbuchs beschreibt, wie Materialien gefiltert, ergänzt oder neu sortiert werden können.

Bodenstörung

Dieses Kontrollfeld steht bei allen Normen außer DIN 4019-1 zur Verfügung. Damit besteht die Möglichkeit, Singularitätseffekte infolge des Aushubs zu berücksichtigen, die sich in den Bodenschichten knapp unterhalb der Gründung einstellen. Hierzu ist die *Tiefe* der Störung anzugeben.

Anzahl der Bodenschichten

Mit diesem Eingabefeld wird gesteuert, wie viele Eingabezeilen in der Tabelle 1.2.3 *Bodenschichten* verfügbar sind.

Liegt eine unterschiedliche Anzahl an Bodenschichten für die diversen Bodenproben vor, so ist das Kontrollfeld *Zusätzliche geologische Regionen* anzuhaken. Danach kann die von der Standardvorgabe abweichenden Schichtenanzahl in Maske 1.3 *Zusätzliche geologische Regionen* für bestimmte Bereiche definiert werden (siehe Kapitel 3.3).

Grundwasser

Wenn das Grundwasser für die Ermittlung der Bettungsparameter eine Rolle spielt, ist dieses Kontrollfeld anzuhaken. Die Lage des Grundwasserspiegels kann dann im Eingabefeld festgelegt werden.

Der Grundwasserspiegel wird für alle Bodenproben einheitlich angesetzt. In der RFEM-Grafik wird die Lage des Grundwassers symbolisch dargestellt.

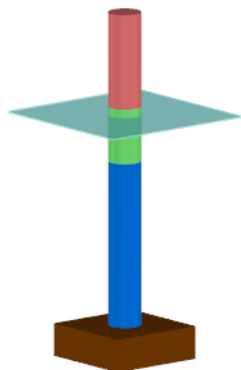
Gestein unterhalb der letzten Schicht

Falls unterhalb der letzten Schicht der Bodenproben ein nicht komprimierbarer Boden (z. B. Fels) ansteht, kann dies mit dem Kontrollfeld erfasst werden. Diese Störung des elastischen, isotropen Halbraums beeinflusst den Verlauf der Spannungsverteilung mit zunehmender Tiefe.

Auch diese Option wird einheitlich für alle Bodenproben angesetzt und im Arbeitsfenster von RFEM symbolisch dargestellt.

Zusätzliche geologische Regionen

Dieses Kontrollfeld ermöglicht es, eine von der Standardvorgabe abweichende Anzahl von Bodenschichten zu verwenden. Hierzu können in Maske 1.3 *Zusätzliche geologische Regionen* Bereiche definiert werden, denen jeweils eine spezifische Anzahl von Schichten zugewiesen werden kann (siehe Kapitel 3.3).

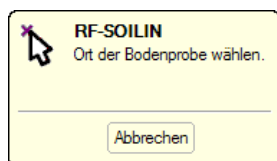


Symbole für Grundwasser und Gestein

3.2.2 Bodenproben

In der Tabelle 1.2.2 *Bodenproben* sind die Koordinaten der einzelnen Bodenproben anzugeben.

Die Eingabe der Stellen wird durch die grafische Auswahlmöglichkeit im Arbeitsfenster erleichtert, die über die Schaltfläche zugänglich ist. Die grafisch ausgewählten Koordinaten werden in die aktuelle Tabellenzeile übernommen.



1.2.2 Bodenproben				
Probe Nr.	A	B	C	D
	Bodenprobe-Koordinaten			Region Nr.
	X [m]	Y [m]	Z [m]	Kommentar
1	12.600	1.850	-0.750	-
2	9.200	9.000	-0.750	-
3	12.700	10.800	-0.750	-
4	3.500	9.200	-0.750	-
5	2.000	2.500	-0.750	1
6	13.398	-3.161	-0.750	-
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Bild 3.7: Bodenproben und Bodenschichten

Die Koordinate Z bezieht sich auf den globalen Ursprung von RFEM. Falls dieser Ursprung auf Höhe der Gründungssohle liegt, ist der Aushub entsprechend zu berücksichtigen.



Die Bodenproben dürfen auch außerhalb der Gründungsfläche des Bauwerks liegen, um die Senkmulde (siehe Bild 2.1, Seite 4) im Modell zu erfassen.

Wenn sich die Probe in einer zusätzlichen geologischen Region befindet, wird deren Nummer in Spalte D angegeben.

3.2.3 Bodenschichten



Die aktuelle Tabelle verwaltet die Schichten der Bodenprobe, der in der Tabelle 1.2.2 *Bodenproben* selektiert ist (siehe Bild 3.7). Vor der Eingabe der Schichtenfolge muss daher der Cursor in die relevante Zeile der Bodenprobe gesetzt werden!

Es stehen so viele Eingabezeilen zur Verfügung wie Schichten im Abschnitt 1.2.1 *Boden-Materialien* bzw. in Maske 1.3 *Zusätzliche geologische Regionen* festgelegt wurden. Da in den Bereichen zwischen den Bodenproben der Schichtaufbau aus den eingegebenen Proben interpoliert wird, ist es notwendig, dass alle Proben die gleiche Schichtenabfolge haben. Daher wird auch der letzte eingegebene Schichtaufbau automatisch für alle Proben übernommen.



Schichten, die bei einzelnen Bodenproben nicht vorkommen, können mit einer Dicke von 0,0 m eingegeben werden.

Boden
1 - Sand, gleichkörnig (SE)
2 - Schluff, gering plastisch (UL)
1 - Sand, gleichkörnig (SE)
2 - Schluff, gering plastisch (UL)
3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, Gl)
4 - Ton, mittelpastisch (TM)

In der Spalte *Boden* können die definierten Bodenarten in der Liste ausgewählt oder durch Eingabe der Bodennummer festgelegt werden.

Die *Schichtdicke* Δd ist in Spalte C einzugeben.

Zur Kontrolle der Eingaben wird in Spalte D die *Ordinate UKZ* angegeben, die jeweils die Unterkante der Schicht darstellt.

3.3 Zusätzliche geologische Regionen

Diese Maske erscheint nur, wenn in Maske 1.2 Böden die Option *Zusätzliche geologische Regionen* aktiviert ist. Hier können Bereiche definiert werden, deren Bodenproben eine von der globalen Vorgabe abweichende Anzahl an Schichten aufweisen.

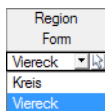
1.3 Zusätzliche geologische Regionen

1.3.1 Geologische Regionen

Region Nr.	Region Form	Koordinaten der zusätzlichen geologischen Region								Anzahl Schichten	Kommentar
		X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	X ₃ [m]	Y ₃ [m]	X ₄ [m]	Y ₄ [m]		
1	Viereck	0.000	0.000	0.000	5.000	5.000	5.000	5.000	0.000	2	
2	Viereck	5.000	0.000	5.000	5.000	12.000	5.000	12.000	0.000	3	
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

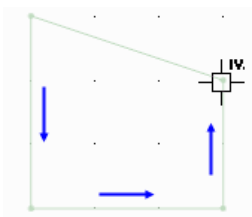
Bild 3.8: Maske 1.3 Zusätzliche geologische Regionen

Region Form




In der Liste dieser Spalte kann ausgewählt werden, ob die geologische Region als *Viereck* oder als *Kreis* definiert werden soll.

Koordinaten



In den Spalten B bis I werden die Koordinaten des Bereichs hinterlegt. Bei einem Kreis sind die Koordinaten des Mittelpunkts und der Radius anzugeben, bei einem Viereck die X- und Y-Koordinaten der vier Eckpunkte.

Über die Schaltfläche  in Spalte A (siehe Bild 3.8) lassen sich die Koordinaten grafisch bestimmen: Bei einem Viereck sind die vier Definitionspunkte des Polygons nacheinander im RFEM-Arbeitsfenster anzuklicken.

Die zusätzlichen Regionen werden in der Grafik des Arbeitsfensters dunkelbraun dargestellt.

Anzahl Schichten

A	B	C	D
Bodenprobe-Koordinaten			Region Nr.
X [m]	Y [m]	Z [m]	
12.600	1.850	0.000	-
38.517	0.510	0.000	-
12.700	10.800	0.000	-
3.500	9.200	0.000	-
2.000	2.500	0.000	1
2.900	2.600	0.000	1
10.200	3.300	0.000	2

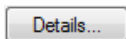
In Spalte J kann für jeden Bereich eine separate Anzahl an Bodenschichten festgelegt werden, für die dann in Maske 1.2 Böden der Aufbau definiert werden kann.

Die *Region* der entsprechenden Bodenproben wird in der Tabelle 1.2.2 Bodenproben angegeben.

Tabelle 1.2.2 Bodenproben

4 Berechnung

4.1 Detaileinstellungen



Vor dem Start der Berechnung sollten die Berechnungsdetails überprüft werden. Der entsprechende Dialog ist in jeder Maske des Zusatzmoduls über die Schaltfläche [Details] zugänglich.

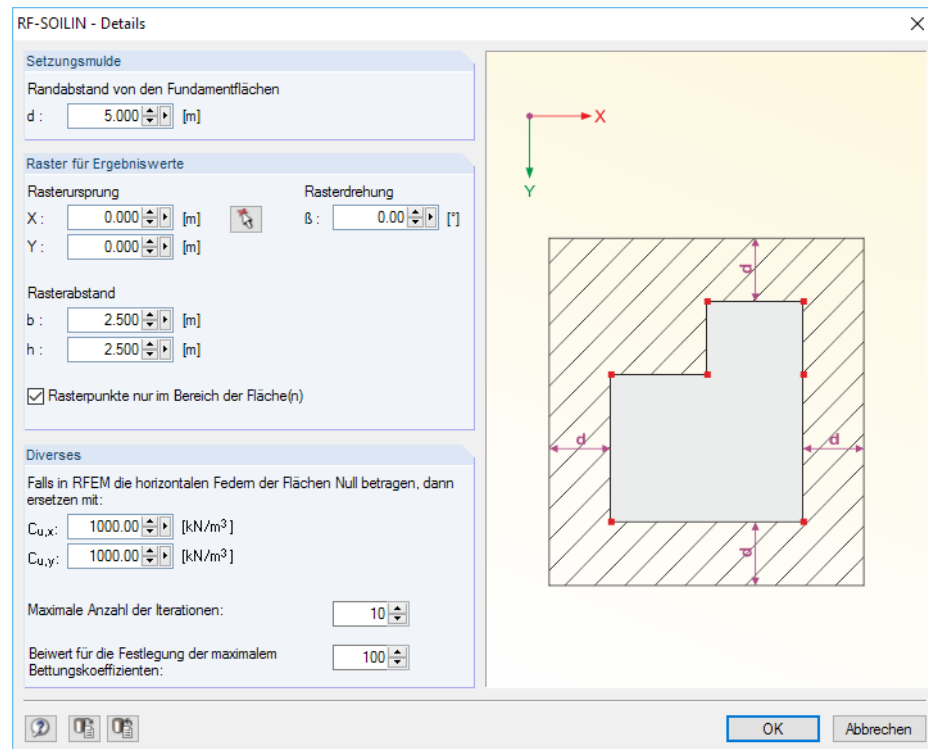


Bild 4.1: Dialog Details

Setzungsmulde

Für die realitätsnahe Ermittlung der Bodenkennwerte ist es notwendig, einen gewissen Bereich um das eigentliche Bauwerk herum mit zu berücksichtigen (siehe Bild 2.1, Seite 4).

Wird beispielsweise ein *Randabstand* von 5,00 m vorgegeben, dann wird zu den Teilen des Modells und zu den Bodenproben mindestens dieser Abstand eingehalten.

Der Bereich der Setzungsmulde wird in der Grafik durch eine Punktlinie gekennzeichnet.

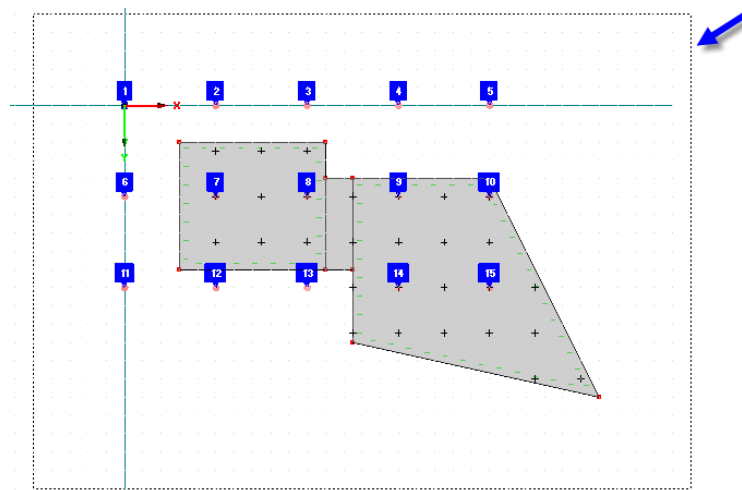



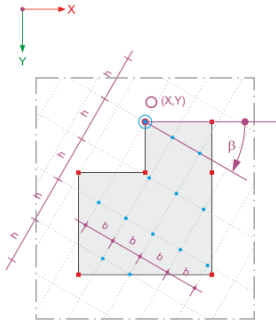
Bild 4.2: Bereich der Setzungsmulde

Raster für Ergebniswerte

Dieser Abschnitt verwaltet die Rasterpunkte, für die in Maske 2.1 die Spannungen und Setzungen ausgegeben werden.

Der *Rasterursprung* kann manuell eingetragen oder mit der Schaltfläche  grafisch im Arbeitsfenster festgelegt werden. In den beiden *Rasterabstand*-Eingabefeldern kann die „Maschenweite“ des Rasters gemäß Grafikskeizze festgelegt werden.

Sofern erforderlich, kann auch eine *Rasterdrehung* erfolgen. Ein positiver Winkel β bewirkt die Drehung des Rasters im Uhrzeigersinn.



Diverses

Werden bei der Definition des Flächenlagers in RFEM keine horizontalen Federn angegeben (siehe Bild 3.2, Seite 7) und sind keine anderen horizontalen Lager vorhanden, so ist das System bei der Berechnung instabil. Um diesen Fall auszuschließen, können in diesem Abschnitt horizontale Federn definiert werden, die diese Instabilität unterbinden.

Wie das Bild 2.2 auf Seite 5 zeigt, verläuft die Ermittlung der Bettungskoeffizienten in einem iterativen Prozess. Wird die *Maximale Anzahl der Iterationen* erreicht, ohne dass sich ein Gleichgewicht einstellen konnte, so wird die Berechnung abgebrochen. In diesem Fall erscheint eine Abfrage, ob die Ergebnisse auch ohne Einhaltung des Konvergenzkriteriums ausgegeben werden sollen.

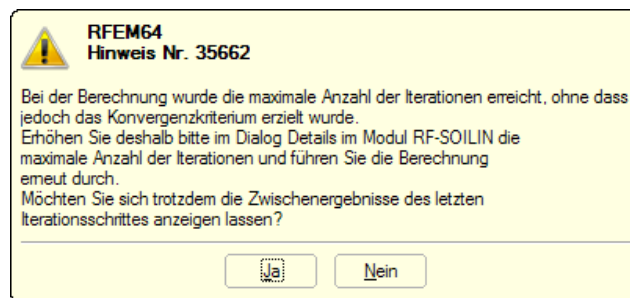


Bild 4.3: Hinweis bei Berechnungsabbruch

Der *Beiwert für die Festlegung der maximalen Bettungskoeffizienten* steuert, wie groß die maximale Federsteifigkeit $C_{u,z}$ werden kann, die von RF-SOILIN iterativ bestimmt wird. Dieser Faktor ist auf den programminternen Startwert $C_{u,z} = 10 \text{ MN/m}^3$ bezogen.

Der Faktor 100 bedeutet also eine maximale Federkonstante $C_{u,z} = 100 \cdot 10 \text{ MN/m}^3 = 1000 \text{ MN/m}^3$ für die Analyse. Der Iterationsprozess, der die Federsteifigkeiten bis zum Erreichen der Konvergenz laufend korrigiert, lässt damit keine höheren Konstanten für $C_{u,z}$ zu.

4.2 Start der Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske des Moduls RF-SOILIN kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.

Die Berechnung kann auch in der RFEM-Oberfläche gestartet werden: Im Dialog *Zu berechnen* (Menü **Berechnung** → **Zu berechnen**) sind die Bemessungsfälle der Zusatzmodule wie Lastfälle oder Lastkombinationen aufgelistet.

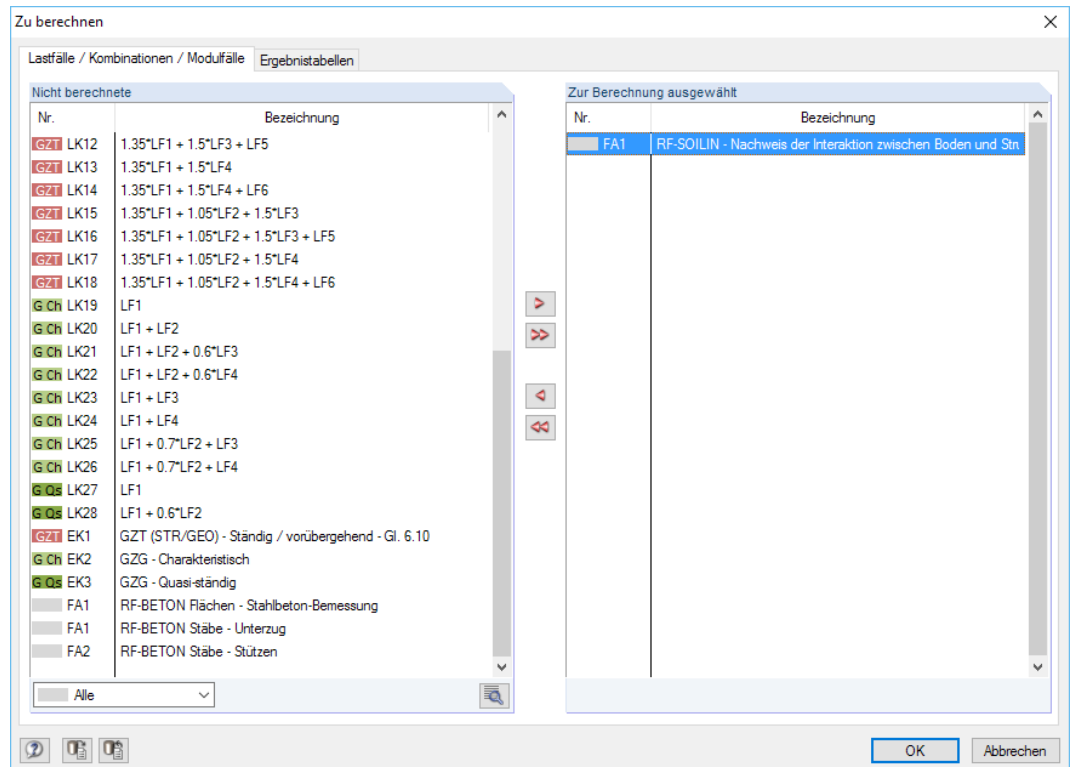
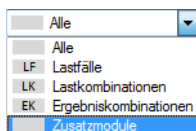



Bild 4.4: RFEM-Dialog *Zu berechnen*



Falls der RF-SOILIN-Fall in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

Mit der Schaltfläche  wird der selektierte RF-SOILIN-Fall in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.



Der Ablauf der Berechnung kann anschließend in einem Dialog verfolgt werden.

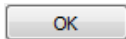


Ein Lastfall oder eine Lastkombination kann in RFEM auch ohne RF-SOILIN-Ergebnisse berechnet werden. In diesem Fall startet zunächst automatisch die Analyse mit RF-SOILIN zur Ermittlung der Bettungskennwerte.

5 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske 2.1 *Spannungen und Setzungen* (siehe Bild 5.1).

Die Resultate werden in zwei Ergebnismasken ausgegeben, die sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator ansteuern lassen. Mit den Schaltflächen  und  oder den Funktionstasten [F2] und [F3] wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt.



[OK] sichert die Ergebnisse und beendet RF-SOILIN. Es erfolgt die Rückkehr zu RFEM.

5.1 Spannungen und Setzungen

In dieser zweigeteilten Maske wird der Verlauf der Sohlspannungen und Setzungen ausgegeben. Die Auflistung erfolgt nach Rasterpunkten geordnet.

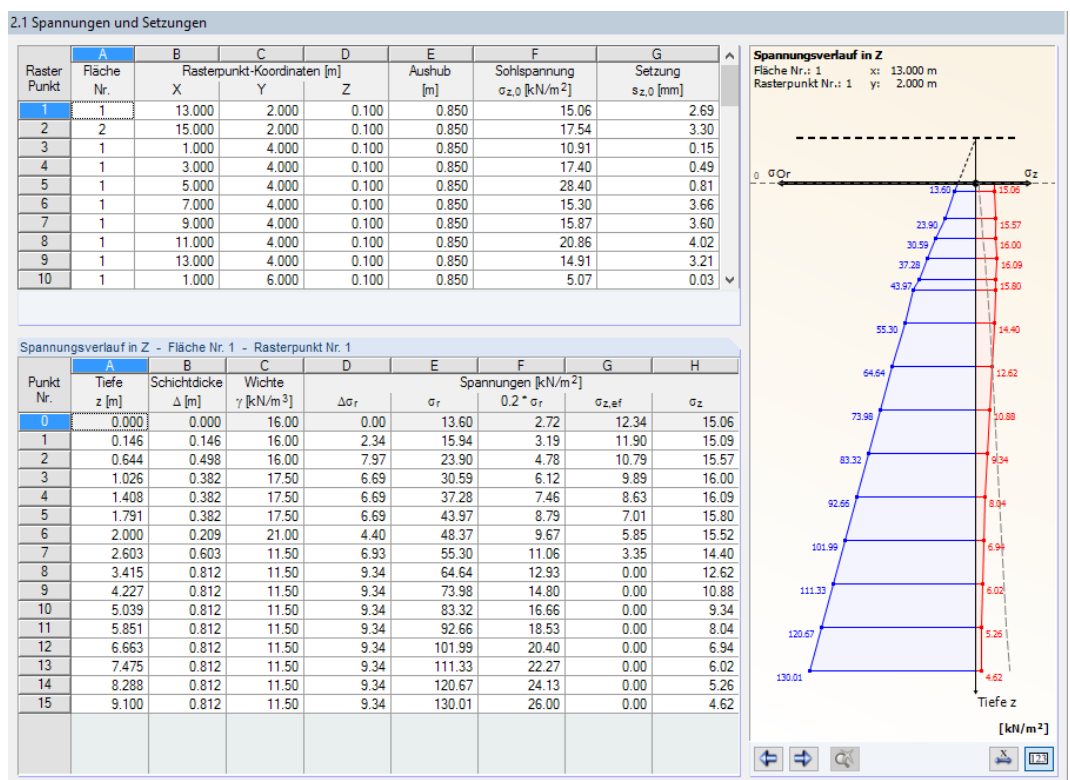
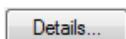


Bild 5.1: Maske 2.1 *Spannungen und Setzungen*

In der oberen Tabelle sind die Spannungen und Setzungen aufgelistet, die an der Oberfläche des Erdreichs vorliegen. Für jeden Rasterpunkt wird hier die *Sohlspannung* $\sigma_{z,0}$ und die *Setzung* $s_{z,0}$ ausgegeben.



Der Dialog *Details* verwaltet die Vorgaben für das *Raster* der Ergebniswerte (siehe Bild 4.1, Seite 14).

Die untere Tabelle listet die Spannungen in den einzelnen Bodenschichten auf. Sie beziehen sich auf den Rasterpunkt, der in der oberen Tabelle selektiert ist. Die Spannungsdetails sind von der gewählten Norm abhängig (siehe Tabellen auf folgenden Seiten).



Sind Ergebniswerte rot gekennzeichnet, so erweist sich die definierte *Tiefe z* als nicht ausreichend. Nach [2] Abschnitt 6.6.2(6) empfiehlt es sich, bis zu der Tiefe zu rechnen, in der die wirksame Vertikalspannung aus der Fundamentbelastung 20 % der wirksamen Auflastspannung ausmacht ($\sigma_z \leq 0,2 \cdot \sigma_r$). In der Grafik dieser Maske wird $0,2 \cdot \sigma_r$ als graue Linie dargestellt, die Spannung σ_z als rote Linie. Der Schichtaufbau muss so tief definiert werden, dass sich beide Linien schneiden!

Keine Norm / EN 1997-1 [2]

In der Tabelle *Spannungsverlauf in Z* werden folgende Werte ausgegeben:

Wert	Bedeutung
z	Lage des untersuchten Punkts bezogen auf Bauwerkssohle
Δd	Dicke der Schicht unter höhergelegem Punkt
γ	Wichte des Bodens
$\Delta\sigma_r$	Änderung der Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens - ohne Auftrieb: $\Delta\sigma_r = \gamma \cdot \Delta d$ - mit Auftrieb: $\Delta\sigma_r = \gamma' \cdot \Delta d = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{Wasser}}) \Delta d$
σ_r	Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens $\sigma_{r,n} = \sigma_{r,n-1} + \Delta\sigma_r$ mit n: Schichtnummer
$0,2 * \sigma_r$	20 %-Wert der Überlagerungsspannung aus Eigenlast zur Bestimmung der Grenztiefe
$\sigma_{z,\text{ef}}$	effektive Spannung $\sigma_{z,\text{ef}} = \sigma_z - (0,2 \cdot \sigma_r)$
σ_z	Spannung infolge Bauwerkslast

Tabelle 5.1: Detailangaben nach EN 1997-1

DIN 4019-1 [3]

In der Tabelle *Spannungsverlauf in Z* werden folgende Werte ausgegeben:

Wert	Bedeutung
z	Lage des untersuchten Punkts bezogen auf Bauwerkssohle
Δd	Dicke der Schicht unter höhergelegem Punkt
γ	Wichte des Bodens
$\Delta\sigma_{\ddot{u}}$	Änderung der Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens - ohne Auftrieb: $\Delta\sigma_{\ddot{u}} = \gamma \cdot \Delta d$ - mit Auftrieb: $\Delta\sigma_{\ddot{u}} = \gamma' \cdot \Delta d = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{Wasser}}) \Delta d$
$\sigma_{\ddot{u}}$	Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens $\sigma_{\ddot{u},n} = \sigma_{\ddot{u},n-1} + \Delta\sigma_{\ddot{u}}$ mit n: Schichtnummer
$0,2 * \sigma_{\ddot{u}}$	20 %-Wert der Überlagerungsspannung aus Eigenlast zur Bestimmung der Grenztiefe
σ_z	Spannung infolge Bauwerkslast

Tabelle 5.2: Detailangaben nach DIN 4019-1

ČSN 73 1001 [4]

In der Tabelle *Spannungsverlauf in Z* werden folgende Werte ausgegeben:

Wert	Bedeutung
z	Lage des untersuchten Punkts bezogen auf Bauwerkssohle
Δd	Dicke der Schicht unter höhergelegenen Punkt
γ	Wichte des Bodens
$\Delta\sigma_{Or}$	Änderung der Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens - ohne Auftrieb: $\Delta\sigma_{Or} = \gamma \cdot \Delta d$ - mit Auftrieb: $\Delta\sigma_{Or} = \gamma' \cdot \Delta d = (\gamma_{sat} - \gamma_{Wasser}) \Delta d$
σ_{Or}	Überlagerungsspannung aus Eigenlast des Bodens $\sigma_{Or,n} = \sigma_{Or,n-1} + \Delta\sigma_{Or}$ mit n: Schichtnummer
$m \cdot \sigma_{Or}$	Spannung zur Bestimmung der Grenztiefe
$\sigma_{z,ef}$	effektive Spannung $\sigma_{z,ef} = \sigma_z - (m \cdot \sigma_{Or})$
σ_z	Spannung infolge Bauwerkslast

Tabelle 5.3: Detailangaben nach ČSN 73 1001

5.2 Bettungskoeffizienten

In dieser Maske werden für jedes gebettete finite Element die Bettungskoeffizienten ausgegeben.

2.2 Bettungskoeffizienten

Fläche Nr.	Element Nr.	Element-Koordinaten [m]			Horizontale Federn		Vertikale Federn		
		X	Y	Z	$C_{u,x}$ [kN/m ³]	$C_{u,y}$ [kN/m ³]	$C_{u,z}$ [kN/m ³]	$C_{v,xz}$ [kN/m]	$C_{v,yz}$ [kN/m]
1	1	0.250	0.250	0.000	1000.00	1000.00	67412.50	2495.46	2495.46
	2	0.250	0.750	0.000			67832.50	2932.84	2932.84
	3	0.250	1.250	0.000			74292.10	2603.85	2603.85
	4	0.250	1.750	0.000			77966.50	2251.94	2251.94
	5	0.250	2.250	0.000			76936.60	2037.50	2037.50
	6	0.250	2.750	0.000			76939.40	2031.56	2031.56
	7	0.250	3.250	0.000			76909.00	2033.89	2033.89
	8	0.250	3.750	0.000			77102.30	2223.87	2223.87
	9	0.250	4.250	0.000			72369.10	2472.52	2472.52
	10	0.250	4.750	0.000			65978.10	2899.94	2899.94
	11	0.250	5.250	0.000			59407.60	3221.16	3221.16
	12	0.250	5.750	0.000			48646.40	4464.90	4464.90
	13	0.250	6.250	0.000			34346.00	6577.51	6577.51
	14	0.250	6.750	0.000			26857.10	7483.65	7483.65
	15	0.250	7.250	0.000			22998.60	7817.12	7817.12
	16	0.250	7.750	0.000			21987.40	8124.74	8124.74
	17	0.250	8.250	0.000			23086.80	8325.38	8325.38
	18	0.250	8.750	0.000			25889.70	8132.00	8132.00
	19	0.250	9.250	0.000			30014.50	7502.56	7502.56
	20	0.250	9.750	0.000			35548.30	6643.93	6643.93
	21	0.250	10.250	0.000			36889.60	6451.68	6451.68
	22	0.250	10.750	0.000			39263.40	5826.72	5826.72
	23	0.250	11.250	0.000			44081.90	4553.43	4553.43
	24	0.250	11.750	0.000			57365.20	2812.49	2812.49
	25	0.750	11.750	0.000			28962.40	5088.69	5088.69
	26	1.250	11.750	0.000			20793.70	6512.62	6512.62
	27	1.750	11.750	0.000			17410.10	7356.37	7356.37
	28	2.250	11.750	0.000			15627.40	7739.17	7739.17
	29	2.750	11.750	0.000			13628.90	8106.90	8106.90
	30	3.250	11.750	0.000			10781.70	10786.90	10786.90
	31	3.750	11.750	0.000			8519.81	9136.01	9136.01
	32	4.250	11.750	0.000			7164.44	9147.28	9147.28
	33	4.750	11.750	0.000			6574.82	8967.86	8967.86
	34	5.250	11.750	0.000			6453.68	8715.94	8715.94

Bild 5.2: Maske 2.2 Bettungskoeffizienten

Die einzelnen finiten Elemente sind durch ihre *Element Nr.* und *Element-Koordinaten* X, Y und Z gekennzeichnet.

Details...

In den Spalten E und F werden die Konstanten $C_{u,x}$ und $C_{u,y}$ der *Horizontalen Federn* angegeben, die im RFEM-Dialog *Neues Flächenlager* definiert wurden (siehe Bild 3.2, Seite 7). Sollten dort Null-Werte vorliegen, so werden die Werte des Dialogs *Details* verwendet (siehe Bild 4.1, Seite 14).

Die von RF-SOILIN ermittelten *Vertikalen Federn* werden in den Spalten G bis I ausgegeben. Die Bettungskoeffizienten $C_{u,z}$, $C_{v,xz}$ und $C_{v,yz}$ sind die wichtigsten Ergebnis des Moduls, da sie eine realistische Setzungsberechnung ermöglichen. Das Bettungsmodell von RFEM und die Bedeutung der drei Koeffizienten sind im *RFEM-Handbuch*, Kapitel 4.9 beschrieben.



Die Bettungskoeffizienten werden immer konstant für das finite Element angesetzt.

5.3 Grafische Ergebnisse

Grafik

Die Bettungskoeffizienten lassen sich auch grafisch am Modell überprüfen: Klicken Sie die Schaltfläche [Grafik] an, um RF-SOILIN zu verlassen. Im Arbeitsfenster von RFEM werden nun die Werte der vertikalen Federn wie die Flächenschnittgrößen eines Lastfalls dargestellt.

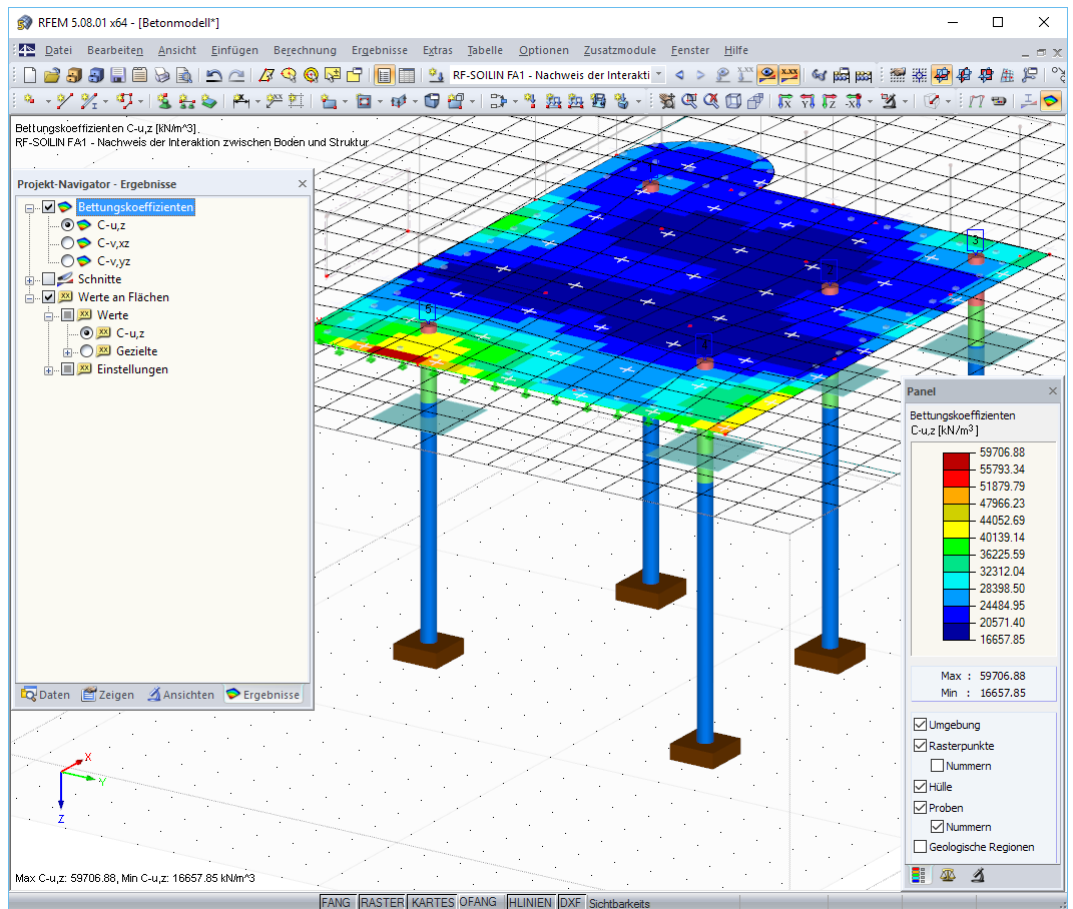


Bild 5.3: Grafische Darstellung der Bettungskoeffizienten $C_{u,z}$ im RFEM-Arbeitsfenster

Der *Ergebnisse*-Navigator ist an die Ergebnisse von RF-SOILIN angepasst. Damit lassen sich die Bettungskoeffizienten $C_{u,z}$, $C_{v,xz}$ und $C_{v,yz}$ grafisch überprüfen.



Analog zur Schnittgrößenanzeige blendet die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] die Darstellung der Bettungskennwerte ein oder aus. Die RFEM-Tabellen haben für die Ergebnisse von RF-SOILIN keine Bedeutung.

Für die Ausgabe der *Werte an Flächen* lassen sich die Darstellungsmöglichkeiten von RFEM nutzen. Diese sind im Kapitel 9.4 des RFEM-Handbuchs beschrieben.



Ebenso steht das Farbpanel mit den üblichen Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Funktionen sind im Kapitel 3.4.6 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Das erste Register des Panels ermöglicht es zudem, die *Umgebung*, *Rasterpunkte*, *Hülle*, *Proben* und *Geologische Regionen* ein- und auszublenden.

Die Grafiken der Bettungskoeffizienten können auch in das Ausdruckprotokoll übergeben werden (siehe Kapitel 6.2, Seite 23).

6 Ausdruck

6.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-SOILIN wird – wie in RFEM – ein Ausdruckprotokoll generiert, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten des Zusatzmoduls schließlich im Ausdruck erscheinen.



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM-Handbuch beschrieben. Das Kapitel 10.1.3.5 *Selektion der Zusatzmodul-Daten* erläutert, wie die Ein- und Ausgabedaten von Zusatzmodulen für den Ausdruck aufbereitet werden können.

Ausdruckprotokoll - AP3: RF-SOILIN*

Datei Ansicht Bearbeiten Einstellungen Einfügen Hilfe

Ausdruckprotokollnavigator

- Ausdruckprotokoll
 - RFEM
 - RF-SOILIN
 - FA1 - Nachweis der Interaktion zwischen
 - 1.1 Basisangaben
 - 1.2.1 Beschreibung der Böden
 - 1.2.2 - 1.2.3 Bodenproben und Bodenschichten
 - 1.3 Zusätzliche geologische Regionen
 - Ergebnisse
 - 2.1.1 Spannungen und Setzungen
 - 2.2 Bettungskoeffizienten

IB Franz-Josef Mustermann
Sesamstraße 8, 12345 Musterstadt
www.mustermann.com

Seite: 10/19
Blatt: 1
RF-SOILIN

Projekt: _____ Modell: Betonmodell Datum: 11.05.2017

1.2.2 - 1.2.3 BODENPROBEN UND BODENSCHICHTEN

Probe Nr.	Bodenproben-Koordinaten [m]			Region Nr.	Boden	Schichtdicke Δz [m]	Ordinate UK Z [m]
	X	Y	Z				
1	12.000	1.850	-0.150	-	1 - Sand, gleichkörnig (SE) 2 - Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI) 3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	1.500 1.200 7.250	1.500 2.700 9.950
2	9.200	9.000	-0.150	-	1 - Sand, gleichkörnig (SE) 2 - Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI) 3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	1.200 1.800 6.000	1.200 3.000 9.000
3	12.700	10.800	-0.150	-	1 - Sand, gleichkörnig (SE) 2 - Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI) 3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	1.200 1.000 7.000	1.200 2.200 9.200
4	3.600	9.200	-0.150	-	1 - Sand, gleichkörnig (SE) 2 - Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI) 3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	1.400 1.600 6.500	1.400 3.000 9.500
5	2.000	2.500	-0.150	-	1 - Sand, gleichkörnig (SE) 2 - Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI) 3 - Kies, sandig, wenig Feinkorn (GW, GI)	1.000 0.900 6.000	1.000 1.900 7.900

1.3 ZUSÄTZLICHE GEOLOGISCHE REGIONEN

Region Nr.	Region Form	Koordinaten der zusätzlichen geologischen Region [m]								Anzahl Schichten	Kommentar
		X_1 / X_2	Y_1 / Y_2	X_2 / R	Y_2	X_3	Y_3	X_4	Y_4		
1	Viereck	0.000	0.000	0.000	5.000	5.000	5.000	5.000	0.000	3	

2.1.1 SPANNUNGEN UND SETZUNGEN

Raster punkt	Fläche Nr.	Rasterpunkt-koordinaten [m]			Aushub [m]	Sohlspannung σ_{xz} [kN/m²]	Setzung s_{xz} [mm]
		X	Y	Z			
1	1	0.000	0.000	0.100	0.250	6.39	0.14
2	1	2.000	0.000	0.100	0.250	19.06	0.54
3	1	4.000	0.000	0.100	0.250	31.22	0.97
4	1	6.000	0.000	0.100	0.250	36.23	1.03
5	1	8.000	0.000	0.100	0.250	7.89	0.29
6	1	10.000	0.000	0.100	0.250	16.37	0.38
7	1	12.000	0.000	0.100	0.250	27.37	0.78
8	1	14.000	0.000	0.100	0.250	31.98	0.96
9	1	0.000	2.000	0.100	0.250	3.80	0.08
10	1	2.000	2.000	0.100	0.250	9.25	0.40
11	1	4.000	2.000	0.100	0.250	18.10	0.59
12	1	6.000	2.000	0.100	0.250	26.74	1.44
13	1	8.000	2.000	0.100	0.250	13.27	0.79
14	1	10.000	2.000	0.100	0.250	16.01	0.91
15	1	12.000	2.000	0.100	0.250	13.30	0.85
16	1	14.000	2.000	0.100	0.250	13.60	0.87
17	2	16.000	2.000	0.100	0.250	35.74	1.08
18	1	0.000	4.000	0.100	0.250	6.08	0.13
19	1	2.000	4.000	0.100	0.250	8.84	0.37
20	1	4.000	4.000	0.100	0.250	15.81	0.89
21	1	6.000	4.000	0.100	0.250	23.73	1.33

RF-SOILIN

Seiten: 19 Seite: 10

Bild 6.1: RF-SOILIN-Daten im Ausdruckprotokoll

6.2 Grafikausdruck

In RFEM kann jedes Bild, das im Arbeitsfenster angezeigt wird, in das Ausdruckprotokoll übergeben oder direkt zum Drucker geleitet werden. Somit lassen sich auch die am Modell gezeigten Bettungskoeffizienten für den Ausdruck aufbereiten.



Das Drucken von Grafiken ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Die aktuelle Grafik der Bettungskennwerte kann gedruckt werden über das Menü

Datei → Drucken



oder die entsprechende Schaltfläche in der Symbolleiste.

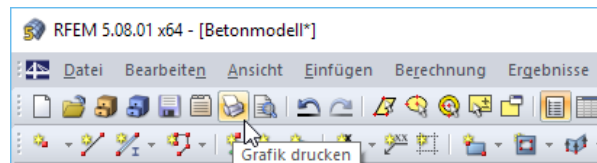


Bild 6.2: Schaltfläche *Drucken* in RFEM-Symbolleiste

Es wird folgender Dialog angezeigt.

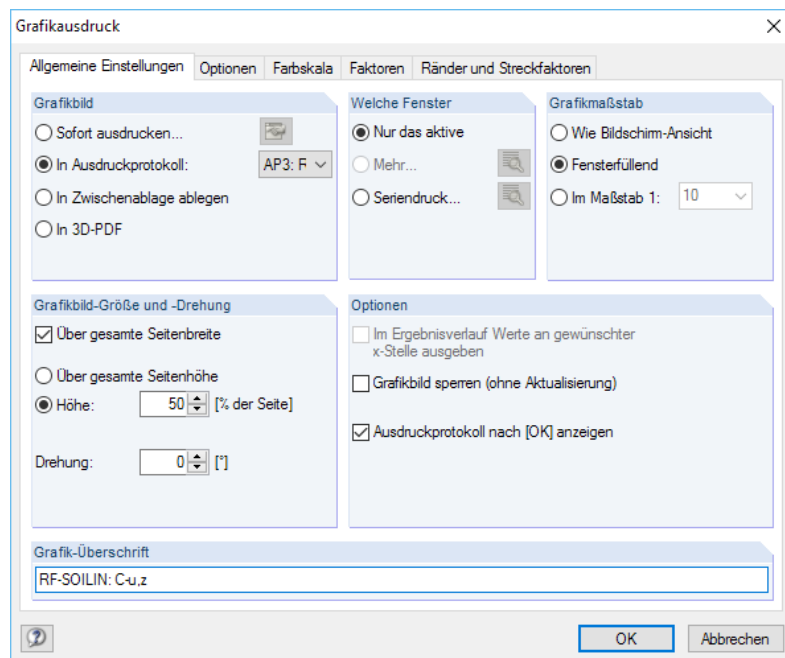
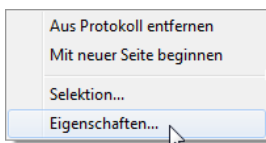


Bild 6.3: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Allgemeine Einstellungen*

Der Dialog *Grafikausdruck* ist im Kapitel 10.2 des RFEM-Handbuchs beschrieben. Dort sind auch die übrigen Dialogregister erläutert.

Eine Grafik kann im Ausdruckprotokoll wie gewohnt per Drag-and-drop an eine andere Stelle geschoben werden.



Um eine Grafik nachträglich im Ausdruckprotokoll anzupassen, führen Sie einen Rechtsklick auf den entsprechenden Eintrag im Protokoll-Navigator aus. Die Option *Eigenschaften* im Kontextmenü ruft wieder den Dialog *Grafikausdruck* auf, in dem Sie die Anpassungen vornehmen können.

7 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt einige Exportmöglichkeiten für die Ergebnisse vor.

7.1 Bemessungsfall



Die Bettungskoeffizienten des Moduls RF-SOILIN sind ein wichtiger Bestandteil der Modelldaten. Im Gegensatz zu anderen Zusatzmodulen ist daher nicht möglich, mehrere „Bemessungsfälle“ zu definieren. Die Daten der Belastung und Bodenproben werden in einem einzigen RF-SOILIN-Fall verwaltet.

RF-SOILIN-Fall umbenennen

Die Bezeichnung des RF-SOILIN-Falls wird geändert über das Menü

Datei → Fall umbenennen.

Es erscheint folgender Dialog.

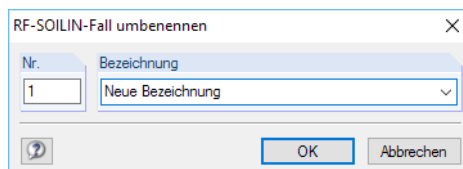


Bild 7.1: Dialog *RF-SOILIN-Fall umbenennen*

Hier kann eine andere *Bezeichnung* für den RF-SOILIN-Fall angegeben werden.

RF-SOILIN-Fall löschen

Die Daten des aktuellen RF-SOILIN-Falls können gelöscht werden über das Menü

Datei → Fall löschen.

Vor dem endgültigen Löschen erscheint eine Sicherheitsabfrage.

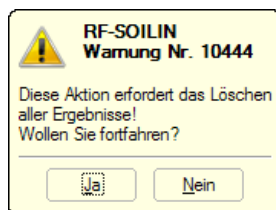


Bild 7.2: Warnung vor Löschvorgang

7.2 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Nachkommastellen werden für RFEM und die Zusatzmodule gemeinsam verwaltet. In RF-SOILIN ist der Dialog zum Anpassen der Einheiten zugänglich über das Menü

Einstellungen → Einheiten und Dezimalstellen

Es erscheint der aus RFEM bekannte Dialog. In der Liste *Programm / Modul* ist das Modul RF-SOILIN voreingestellt.

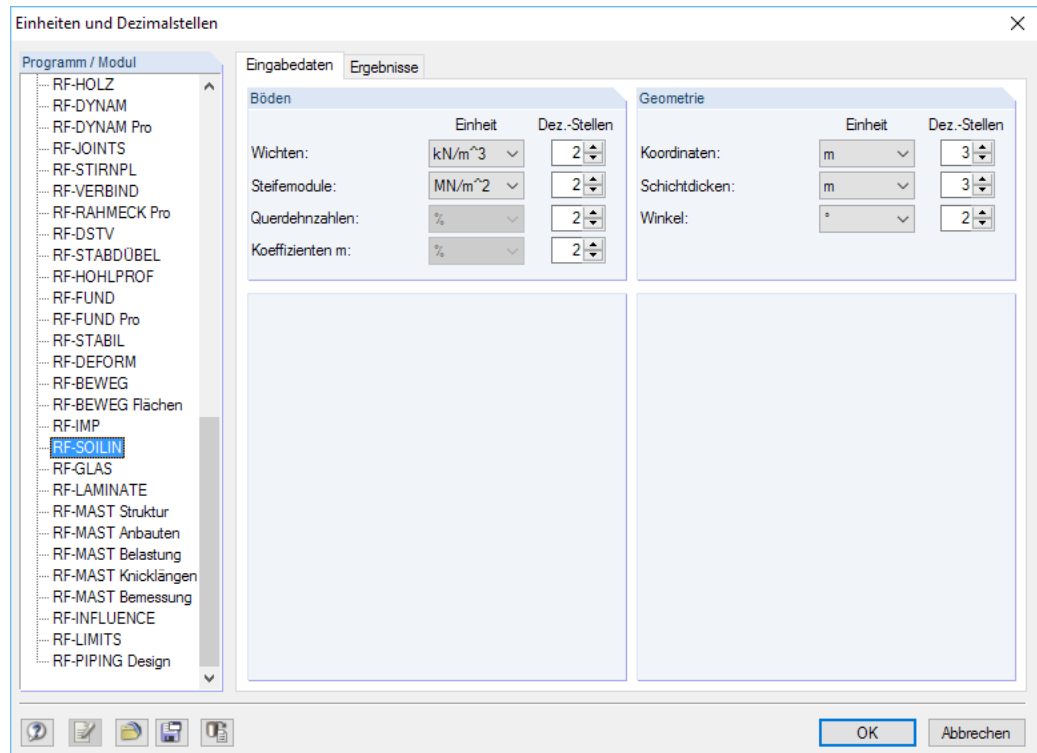


Bild 7.3: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*, Register *Eingabedaten*

Für RF-SOILIN stehen die beiden Register *Eingabedaten* und *Ergebnisse* zur Verfügung.



Die geänderten Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

7.3 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse von RF-SOILIN lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

Zwischenablage

Markierte Zellen der Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben dabei unberücksichtigt.

Ausdruckprotokoll

Die Daten von RF-SOILIN können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 6.1, Seite 22](#)) und dort exportiert werden über das Menü

Datei → Export in RTF.

Diese Funktion ist im Kapitel 10.1.11 des RFEM-Handbuchs beschrieben.

Literatur

- [1] Christian Barth und Walter Rustler. *Finite Elemente in der Baustatik-Praxis*. Beuth, Berlin, 2. Auflage, 2013.
- [2] EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2004.
- [3] DIN 4019-1: Baugrund; Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1979.
- [4] Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy. Český normalizační institut, Praha, 1988.
- [5] Vladimír Kolář et al. *Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente*. SMTL Prag, 1972. Tschechisch.
- [6] Vladimír Kolář et al. *Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente*. Springer, Wien, New York, 1975.
- [7] Vladimír Kolář und Ivan Němec. *Modeling of Soil-Structure Interaction*. Elsevier Science Publishers with Academica Prague, Amsterdam, 2. Auflage, 1989.
- [8] P. L. Pasternak. *Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten*. Gosudarstvennoe Izdatelstvo Literaturi po Stroitelstvu i Arkhitekture, Moskau, 1954. Russisch.
- [9] Vladimír Kolář et al. *Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern*. Haus der Technik, Ostrau, 1983. Tschechisch.
- [10] Vladimír Kolář und Ivan Němec. *Contact stress and settlement in the structure-soil interface*. Academia Prag, 1991. Tschechisch.

Index

A

Ausdruckprotokoll 22, 23
Aushub 12

B

Basisangaben 6
Beenden von RF-SOILIN 6
Bemessungsfall 8, 24
Benutzerprofil 25
Berechnung 14
Berechnung starten 16
Bettungskoeffizient 20, 21
Bibliothek 10
Blättern in Masken 6
Boden 9
Boden-Bauwerkinteraktion 4, 8
Bodenprobe 12
Bodenschicht 11, 12
Bodenstörung 11

D

Details 14
Dezimalstellen 25
Drucken 23

E

Einheiten 25
Elastizitätsmodul 9, 10
Ergebniskombination 7, 8
Ergebnismasken 17
Export 25

F

Fels 11
Fundament 6

G

Geologische Region 11
Gestein 11
Grafik 21
Grafikausdruck 23
Grundwasser 11

H

Horizontale Feder 20

I

Installation 2
Iteration 15

K

Kommentar 8
Koordinaten 13

L

Lastfall 7, 8
Lastkombination 7, 8

M

Maßgebender Lastfall 8
Masken 6
Material 9
Maximaler Bettungskoeffizient 15

N

Navigator 6
Norm 7, 9

P

Panel 21
Programmaufruf 3

Q

Querdehnzahl 9, 10

R

Randabstand 14
Raster 15, 17
Region 13
RFEM-Grafik 21, 23

S

Schicht 13
Schichtdicke 12
Setzung 17
Setzungsmulde 14
Sohlspannung 4, 17
Spannung 17
Starten von RF-SOILIN 3
Steifemodul 10

U

Überlagerungsspannung 18

V

Vertikale Feder 20

W

Wichte 9

Z

Zusätzliche geologische Region 11, 13

Zwischenablage 25