



Fassung  
April 2016

Zusatzmodul

# RF-/FUND Pro

Bemessung von Einzelfundamenten  
nach EN 1992-1-1 und EN 1997-1

## 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 2016  
Am Zellweg 2  
D-93464 Tiefenbach  
Deutschland

Tel.: +49 9673 9203-0  
Fax: +49 9673 9203-51  
E-mail: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)  
Web: [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)



# Inhalt

	Inhalt	Seite
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
1.1	Zusatzmodul RF-/FUND Pro .....	4
1.2	Gebrauch des Handbuchs .....	5
1.3	Aufruf von RF-/FUND Pro .....	5
<b>2.</b>	<b>Eingabedaten</b> .....	<b>7</b>
2.1	Basisangaben .....	7
2.1.1	Bemessungsfall / Fundament-Nummer .....	8
2.1.2	Bemessung nach Norm / NA .....	9
2.1.3	Fundamenttyp .....	10
2.1.4	Vorgaben für geotechnische Nachweise .....	11
2.1.5	Bodenprofil .....	12
2.1.5.1	Eingabe eines Bodenprofils .....	13
2.1.5.2	Situationen für Eingabe des Bodenprofils .....	19
2.1.5.3	Übernahme der Bodenkennwerte aus Bestandspositionen .....	19
2.1.5.4	Anwendungsgrenzen des Bodenprofils .....	20
2.2	Geometrie .....	22
2.2.1	Stütze .....	22
2.2.2	Fundamentplatte .....	23
2.2.3	Köcher .....	25
2.2.4	Anordnung der horizontalen Bügel im Köcher .....	26
2.2.5	Benutzerdefinierte Bibliothek der Fundamentvorlagen .....	26
2.3	Materialien .....	27
2.4	Belastung .....	33
<b>3.</b>	<b>Berechnung</b> .....	<b>39</b>
3.1	Detaileinstellungen .....	39
3.1.1	Fundamentplatte .....	39
3.1.2	Position des Bemessungsschnittes .....	40
3.1.3	Bemessung in der Geotechnik nach EN 1997-1 .....	40
3.1.4	Stahlbetonbemessung nach EN 1992-1-1 .....	43
3.1.5	Durchstanzen .....	43
3.1.6	Lasten in Maske 1.4 .....	45
3.1.7	Deaktivierung von Lagerlasten für die Bemessung .....	45
3.2	Mindestabmessungen .....	45
3.3	Start der Berechnung .....	49
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>51</b>
4.1	Geometrie .....	51
4.2	Maßgebende Nachweise .....	52
4.3	Erforderliche Bewehrung .....	54
4.4	Untere Plattenbewehrung .....	56
4.5	Obere Plattenbewehrung .....	59
4.6	Köcherbewehrung .....	60
4.7	Stahlliste .....	61
4.8	Betonkubatur .....	62
<b>5.</b>	<b>Ergebnisauswertung</b> .....	<b>63</b>
5.1	Grafik der Fundaments in Ergebnismaske .....	63
5.2	3D-Rendering .....	64



5.3	Bewehrungspläne .....	67
5.4	Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell .....	68
<b>6.</b>	<b>Ausdruck</b> .....	<b>70</b>
6.1	Ausdruckprotokoll .....	70
6.2	Grafikausdruck .....	71
<b>7.</b>	<b>Allgemeine Funktionen</b> .....	<b>72</b>
7.1	Bemessungsfälle .....	72
7.2	Einheiten und Dezimalstellen .....	74
7.3	Nationale Anhänge .....	74
7.4	Bemessungsverfahren .....	75
7.5	Export der Ergebnisse .....	77
<b>8.</b>	<b>Beispiele</b> .....	<b>80</b>
8.1	Köcherfundament .....	80
8.1.1	Lagerkräfte .....	80
8.1.2	Weitere Vorgaben .....	81
8.1.3	Abmessungen Fundamentplatte und Köcher .....	82
8.1.3.1	Mindesteinbindetiefe der Stütze .....	84
8.1.4	Horizontalkräfte auf Köcherwände .....	85
8.1.5	Bügelzugkräfte und Bügelbewehrung .....	86
8.1.5.1	Horizontale Köcherbügel Bu (allseitig außen) .....	86
8.1.5.2	Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen) .....	90
8.1.5.3	Horizontale Köcherbügel BuX (in x-Richtung außen) .....	92
8.1.5.4	Vertikale Köcherbügel Vx .....	93
8.1.5.5	Vertikale Köcherbügel Vy und Köcherwandbewehrung .....	95
8.1.6	Biegebruchsicherheit der Köcherwand .....	96
8.1.7	Betonspannungen in Köcherwänden .....	98
8.1.8	Übergreifungslänge der Köcherbewehrung .....	99
8.1.9	Bodenmechanische Nachweise .....	100
8.1.9.1	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen .....	101
8.1.9.2	Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch .....	101
8.1.9.3	Nachweis der Sicherheit gegen stark exzentrische Belastung .....	103
8.1.9.4	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten .....	104
8.1.9.5	Nachweis der Lagesicherheit .....	104
8.1.10	Nachweis der inneren Standsicherheit .....	105
8.1.10.1	Biegebruchsicherheit der Fundamentplatte .....	105
8.1.10.2	Durchstanzsicherheit der Fundamentplatte .....	112
8.2	Blockfundament .....	115
8.2.1	Fundamentabmessungen .....	115
8.2.2	Bewehrung im Blockfundament .....	115
8.2.2.1	Vertikale Bewehrung in x-Richtung .....	115
8.2.2.2	Vertikale Bewehrung in y-Richtung .....	116
8.2.2.3	Horizontale Bewehrung (Schubbewehrung Köcher) .....	117
8.3	Blockfundament mit glatten Köcherinnenseiten .....	118
8.3.1	System und Belastung .....	118
8.3.2	Fundamentabmessungen .....	119
8.3.3	Resultierende Lagerkräfte .....	120
8.3.4	Ermittlung der horizontalen Köcherbewehrung Bu .....	120
8.3.5	Ermittlung der vertikalen Bewehrung Vx .....	121
8.3.6	Nachweis der Betonspannung .....	122
8.4	Grundbruchnachweis nach Verfahren 2* .....	123
8.4.1	System und Belastung .....	123
8.4.2	Fundamentabmessungen .....	124



8.4.3	Resultierende Lagerkräfte .....	125
8.4.4	Bodenparameter .....	125
8.4.5	Bemessungsdetails .....	126
8.4.6	Weitere Bemessungsvorgaben .....	126
8.4.7	Maßgebende Nachweise .....	127
8.4.8	Vergleich der Ergebnisse .....	128
<b>A.</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>129</b>
<b>B.</b>	<b>Index</b> .....	<b>130</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Zusatzmodul RF-/FUND Pro

Im Alltag des Tragwerkplaners zählt die Bemessung von Einzelfundamenten zu den Standardaufgaben. Die Anzahl an Nachweisen, die für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit geführt werden müssen, erfordert eine leistungsfähige Software, damit Einzelfundamente effizient bemessen werden können.

Die Zusatzmodule **RF-FUND Pro** für RFEM und **FUND Pro** für RSTAB erfüllen diese Voraussetzung. Sie bieten dem Anwender die Möglichkeit, Einzelfundamente wirtschaftlich zu bemessen und die Ergebnisse in einer prüffähigen Form zu dokumentieren.



Dieses Handbuch beschreibt die Zusatzmodule der beiden Hauptprogramme gemeinsam unter der Bezeichnung **RF-/FUND Pro**.

RF-/FUND Pro führt die Nachweise für folgende Fundamenttypen:

- Köcherfundament mit glatten oder rauen Köcherinnenseiten
- Fundamentplatte
- Blockfundament mit glatten oder rauen Köcherinnenseiten

Diese Auswahl an Fundamenttypen deckt eine Vielzahl der in der Baupraxis ausgeführten Fundamente ab.

Die Stahlbetonbemessung der Fundamente erfolgt in RF-FUND Pro nach der Norm

**EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 [1]**

Die geotechnischen Nachweise werden entsprechend folgender Norm geführt:

**EN 1997-1 [2]**

Einzelne Nachweisarten können – falls dies vom Anwender gewünscht ist – gezielt deaktiviert werden.

Die Lastfälle und Kombinationen, die bei der Bemessung mit RF-/FUND Pro benutzt werden, sind im Hauptprogramm RFEM bzw. RSTAB zu erstellen. Nach der Berechnung stehen die Lagerlasten der Lastfälle und Kombinationen im Zusatzmodul zur Verfügung. Dabei ist es möglich, einzelne Lagerlasten für die Bemessung des Fundaments zu deaktivieren.

Die Ergebnisse der Fundamentbemessung können im Ausdruckprotokoll von RFEM bzw. RSTAB dokumentiert werden. Des Weiteren stehen dem Anwender Bewehrungspläne des Fundaments zur Verfügung, die auch in ein DXF-Dokument exportiert werden können.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit RF-/FUND Pro.

Ihr DLUBAL-Team

## 1.2 Gebrauch des Handbuchs

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



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

Am Ende des Handbuchs befindet sich ein Stichwortverzeichnis. Sollten Sie dennoch nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer Webseite [www.dlubal.de](http://www.dlubal.de) nutzen, um in der umfangreichen Liste aller Fragen und Antworten das Problem nach bestimmten Kriterien einzuzengen.

Zur Handhabung von RF-/FUND Pro haben wir auch einige Blog-Beiträge verfasst, in denen Tipps und Tricks zum Modul vorgestellt werden. Den Dlubal-Blog finden Sie ebenfalls auf unserer Homepage <https://www.dlubal.de/blog/de>. Über die Textsuche können Sie speziell nach Beiträgen zu RF-/FUND Pro recherchieren.

## 1.3 Aufruf von RF-/FUND Pro

Es bestehen in RFEM bzw. RSTAB folgende Möglichkeiten, das Zusatzmodul RF-/FUND Pro zu starten.

### Menü

Sie können das Zusatzmodul aufrufen mit dem RFEM- bzw. RSTAB-Menü

**Zusatzmodule** → **Fundamente** → **RF-/FUND Pro**.

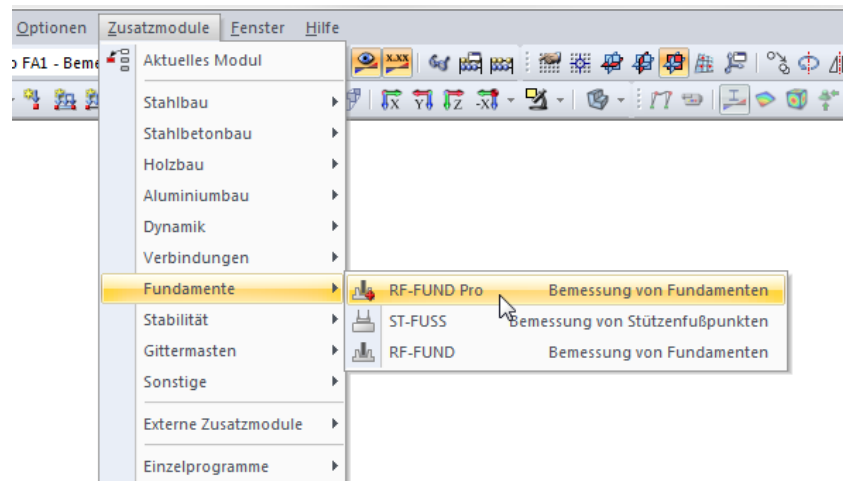


Bild 1.1: Menü *Zusatzmodule* → *Fundamente* → *RF-FUND Pro*

## Navigator

Alternativ rufen Sie das Zusatzmodul im *Daten*-Navigator auf durch Anklicken des Eintrags

**Zusatzmodule** → **RF-/FUND Pro**.

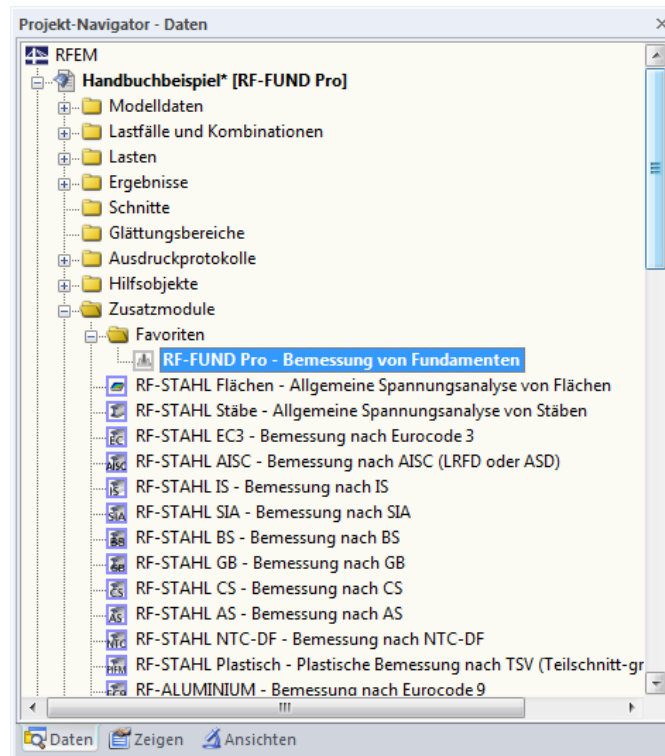


Bild 1.2: *Daten*-Navigator: Zusatzmodule → RF-FUND Pro

Sie haben auch die Möglichkeit, Zusatzmodule im *Daten*-Navigator als Favoriten zu speichern: Öffnen Sie mit einem Rechtsklick auf einen Moduleintrag dessen Kontextmenü. Dort wählen Sie dann die Option **Favorit**.

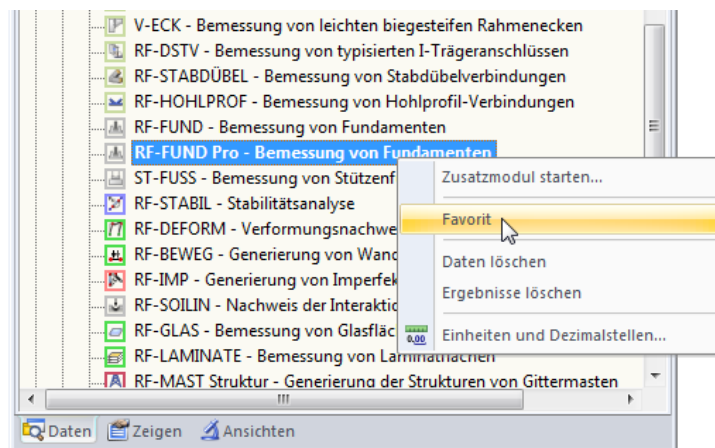


Bild 1.3: RF-FUND Pro als Favorit festlegen



RF-/FUND Pro kann nicht direkt als Einzelprogramm gestartet werden. Das Zusatzmodul ist fest in RFEM bzw. RSTAB integriert. Dies bedeutet auch, dass das Modell mit dem zu bemessenden Fundament vor dem Aufruf von RF-/FUND Pro in RFEM bzw. RSTAB geöffnet werden muss.

# 2 Eingabedaten

## 2.1 Basisangaben

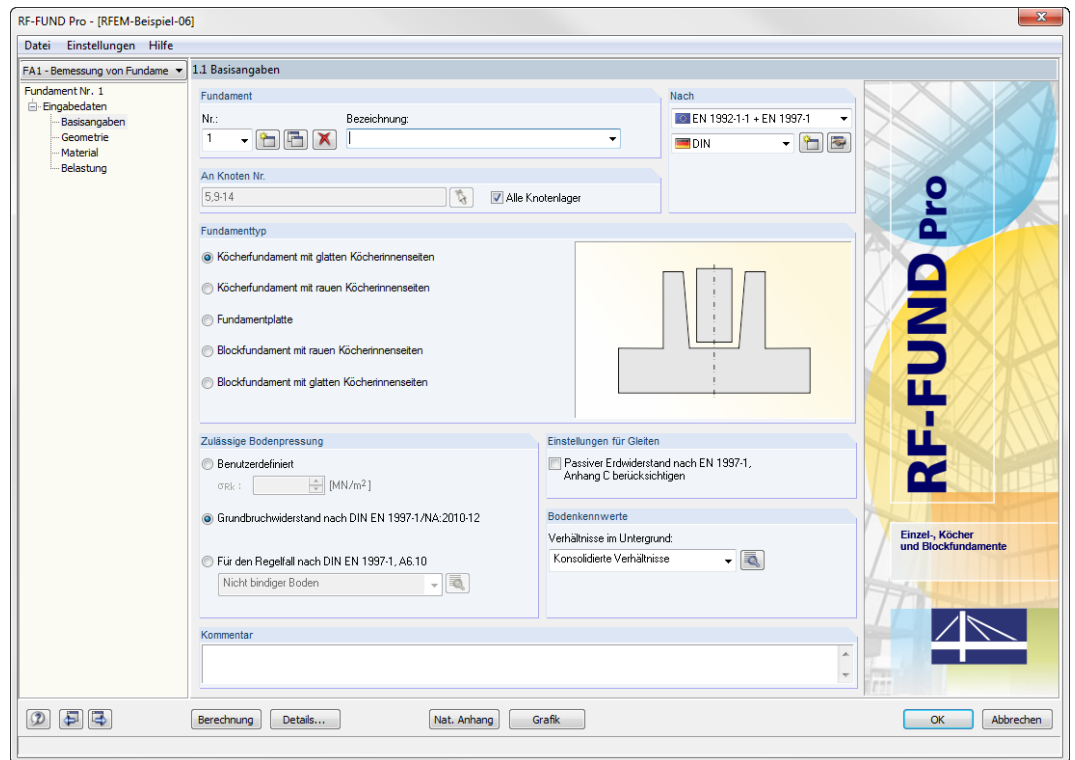


Bild 2.1: Maske 1.1 Basisangaben

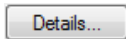
Nach dem Aufruf von RF-/FUND Pro sehen Sie links den RF-/FUND Pro-Navigator, der alle aktuell anwählbaren Masken anzeigt.



Darüber befindet sich eine Liste mit den eventuell bereits vorhandenen Bemessungsfällen. Über die Schaltfläche wird die Liste aufgeklappt und Sie können den gewünschten Bemessungsfall durch Anklicken aktivieren.

Unterhalb der Titelleiste befinden sich die Pulldown-Menüs *Datei*, *Einstellungen* und *Hilfe*.

Im Menü *Datei* finden Sie Möglichkeiten, einen neuen Bemessungsfall anzulegen, zu löschen, umzubenennen oder zu kopieren (siehe [Kapitel 7.1, Seite 72](#)). Ferner besteht die Möglichkeit, die Datei zu speichern und die Geometrie des Fundaments und die Bewehrungszeichnungen zu exportieren. Informationen zum Export der Ergebnisse finden Sie im [Kapitel 7.5](#) auf [Seite 77](#).



In jeder Eingabemaske von RF-/FUND Pro steht die Schaltfläche [Details] zur Verfügung. Sie eröffnet den Zugang zum Dialog *Details*, in dem verschiedene Einstellungen für die Berechnung getroffen werden können. Der Dialog *Details* ist im [Kapitel 3.1](#) ab [Seite 39](#) beschrieben.



### 2.1.1 Bemessungsfall / Fundament-Nummer

In RF-/FUND Pro ist zwischen einem Bemessungsfall („RF-/FUND Pro-Fall“) und einem Fundament zu unterscheiden.

Einem **Bemessungsfall** können beliebig viele Fundamente zugeordnet werden. Beim Anlegen eines neuen Falls wird standardmäßig ein Fundament erstellt (**Fundament Nr. 1**), dem alle Knotenlager des Modells zugeordnet sind.

Wie das **Bild 2.1** zeigt, wurde für den Fall *FA1* ein Fundament mit Fundament Nr. 1 angelegt. Hierbei ist das Häkchen bei *Alle Knotenlager* gesetzt. Damit wird für die Knotennummern 5 und 9-14 ein Köcherfundament mit glatter Köcherinnenseite angelegt.

Bei größeren Modellen mit verschiedenen Fundamentformen und Stützenabmessungen kann es erforderlich werden, mehrere Fundamente in einem Fall zu untersuchen. Hierzu kann im aktuellen Fall ein neues Fundament definiert werden, bei dem z. B. der Fundamenttyp geändert oder eine exzentrische Stützenanordnung gewählt wird.

### Fundament

Die Nummer des aktuellen Fundaments wird in der Liste dieses Abschnitts angezeigt.

Bild 2.2: Abschnitt *Fundament*



Rechts daneben sind drei Schaltflächen angeordnet, über die Sie ein Fundament [Neu] anlegen, [Kopieren] oder [Löschen] können.

Dem Fundament können Sie auch eine *Bezeichnung* zuweisen.

### An Knoten Nr.

Dieser Abschnitt verwaltet die Nummern der Knoten, für die die aktuellen Fundamentparameter gelten.

Bild 2.3: Abschnitt *An Knoten Nr.*

Über die Schaltfläche können die relevanten Knoten auch in der RFEM- bzw. RSTAB-Grafik ausgewählt werden. Dort können im Dialog *Mehrfachauswahl* bereits selektierte Lagerknoten mit [Leeren] gelöscht werden.

Bild 2.4: Auswahl der Knoten in RFEM/RSTAB

Alternativ ist es möglich, den Haken bei *Alle Knotenlager* zu setzen. Dann werden dem aktuellen Fundament alle Knoten zugeordnet, an denen ein Knotenlager vorliegt.

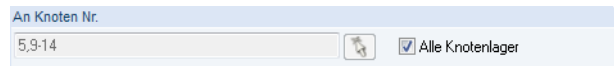



Bild 2.5: Auswahl aller Knoten mit Lagereigenschaften



**In einem RF-/FUND Pro-Fall kann jeder Knoten nur einmal ausgewählt werden! Um ein weiteres Fundament mit der gleichen Knotennummer zu bemessen, muss ein neuer Fall angelegt werden.**

Wird ein Fundament mit  kopiert (z. B. Fundament Nr. 1), so erhält das neue Fundament automatisch alle Lagerknoten zur Bemessung zugewiesen, die bei Fundament Nr. 1 nicht ausgewählt wurden.

## 2.1.2 Bemessung nach Norm / NA

In RF-/FUND Pro stehen folgende Normen für die Nachweisführung zur Verfügung:

- Stahlbetonbemessung nach **EN 1992-1-1:2004/AC:2010** [1]
- Geotechnische Nachweise nach **EN 1997-1** [2]

Der maßgebende Nationale Anhang kann in einer Liste ausgewählt werden.

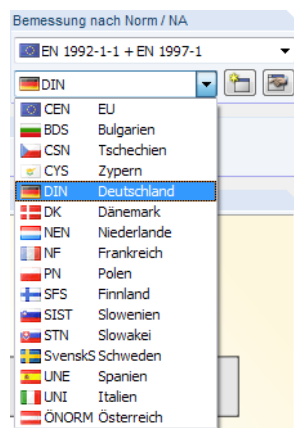




Bild 2.6: Nationale Anhänge

Nat. Anhang

Über die Schaltfläche  können die Parameter des aktuellen Nationalen Anhangs überprüft werden. Die Schaltfläche [Nat. Anhang] unten im RF-/FUND Pro-Fenster ist mit der gleichen Funktion belegt.

Die Schaltfläche  ermöglicht es, einen benutzerdefinierten Nationalen Anhang zu erstellen.

Weitere Informationen zu den zur Verfügung stehenden Normen und Nationalen Anhängen finden Sie im [Kapitel 7.3](#) ab [Seite 74](#).

### 2.1.3 Fundamenttyp

In diesem Abschnitt ist die Ausführung des Fundaments festzulegen. Sie wird in der Grafik dynamisch skizziert.

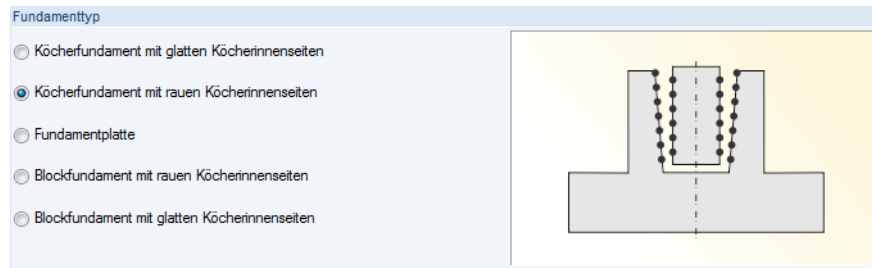


Bild 2.7: Abschnitt *Fundamenttyp*

Folgende Fundamenttypen stehen zur Auswahl:

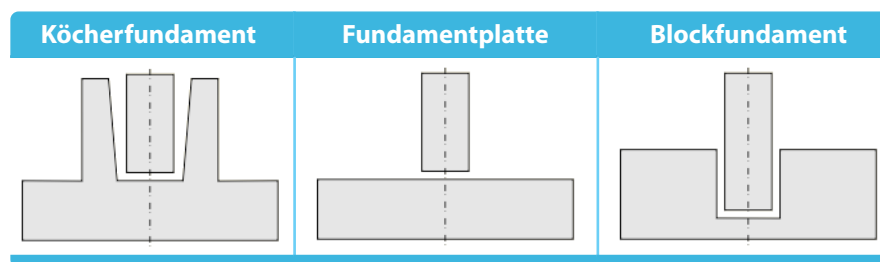


Tabelle 2.1: Fundamenttypen

Bei Köcher- und Blockfundamenten besteht eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit im Hinblick auf die Oberflächenbeschaffenheit der Köcherinnenseiten. Diese kann glatt oder rau ausgeführt sein.



Beim Ändern eines Fundamenttyps an bestehenden Positionen erscheint ein Hinweis, wonach die Eingabe des Bodenprofils kontrolliert werden soll (siehe Bild 2.8).

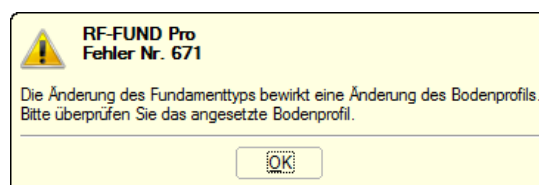


Bild 2.8: Hinweis beim Ändern des Fundamenttyps

Diese Kontrolle ist wichtig, da sich die Eingabe des Bodenprofils auf die Oberkante des Fundaments bezieht. Wenn z. B. von einem Köcherfundament auf eine Fundamentplatte gewechselt wird, ändert sich die Höhenlage des Bodenprofils in Bezug auf die Fundamentplatte.

### 2.1.4 Vorgaben für geotechnische Nachweise

#### Zulässige Bodenpressung

In diesem Abschnitt kann zwischen zwei bzw. drei Eingabemöglichkeiten ausgewählt werden.

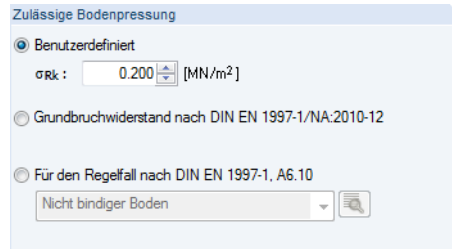
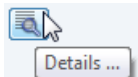


Bild 2.9: Abschnitt *Zulässige Bodenpressung*

Die charakteristische Bodenpressung kann *Benutzerdefiniert* vorgegeben werden. Sie wird für den Sohlspannungsnachweis  $\sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd} = \sigma_{Rk} / \gamma_{R,v}$  gemäß EN 1997-1 herangezogen.



Alternativ wird der Nachweis der zulässigen Bodenpressung über den *Grundbruchwiderstand* nach EN 1997-1 Anhang D geführt. **Bei dieser Option ist es zwingend erforderlich, dass für die Berechnung des Grundbruchwiderstandes der Aufbau des Bodens definiert wird.** Die Eingabe eines Bodenprofils ist im [Kapitel 2.1.5](#) beschrieben.



Für den deutschen Nationalen Anhang ist es auch möglich, die zulässigen Bodenpressungen anhand der Tabellen für den *Regelfall* gemäß DIN EN 1997-1, A6.10 zu bestimmen. Hierbei ist zunächst anzugeben, ob ein bindiger oder ein nicht-bindiger Boden vorliegt. Über die Schaltfläche ist folgender Dialog zur Bestimmung der Bodengruppe zugänglich.

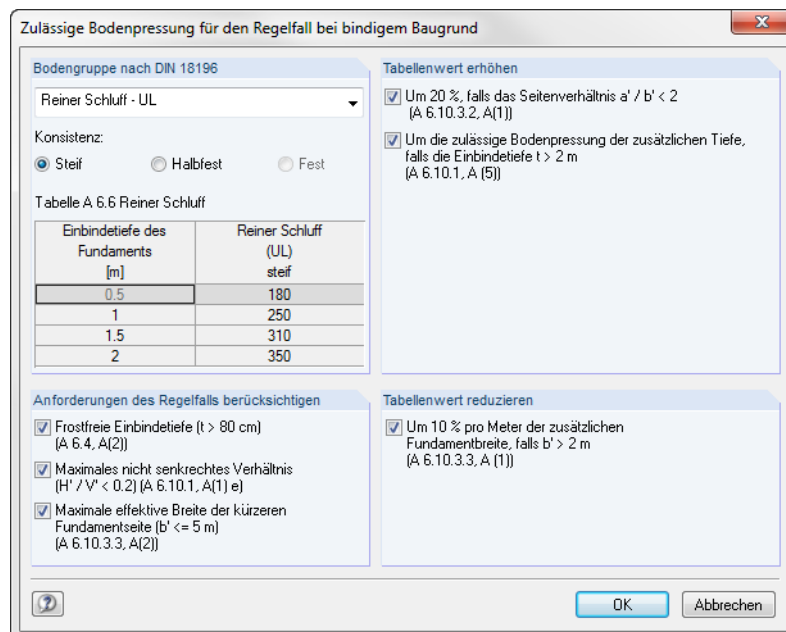


Bild 2.10: Dialog *Zulässige Bodenpressungen für den Regelfall bei bindigem Baugrund*

Der Dialog erleichtert die Ermittlung der zulässigen Bodenpressung. Aus der Tabelle wird dann die relevante Bodenpressung in Abhängigkeit von der Fundament-Einbindetiefe bestimmt.



RF-/FUND Pro interpoliert hier den Wert der zulässigen Bodenpressung ( $\sigma_{R,d}$ ) für die tatsächliche Einbindetiefe  $t$  des Fundaments aus den Zwischenwerten der Regelfalltabelle.

In Maske 2.2 *Maßgebende Nachweise* wird der für den Grundbruchnachweis angesetzte Tabellenwert der zulässigen Bodenpressung gemäß Tabelle A 6.6 (zul  $\sigma_{Tab}$ ) ausgegeben.

## Einstellungen für Gleiten

In diesem Abschnitt kann festgelegt werden, ob bei der Bemessung des Fundaments der passive Erdwiderstand gemäß EN 1997-1 Anhang C berücksichtigt werden soll.

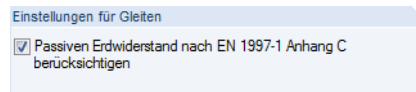


Bild 2.11: Abschnitt *Einstellungen für Gleiten*

Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes sind im Dialog *Auslegen-Parameter der Fundamentplatte* in Maske *1.2 Geometrie* weitere Einstellungen zum Gleitsicherheitsnachweis zugänglich (siehe Bild 2.34, Seite 24).

## Bodenkennwerte

Dieser Abschnitt ermöglicht Einstellungen hinsichtlich der Untergrundverhältnisse. In der Liste kann zwischen konsolidierten und unkonsolidierten Bodenverhältnissen ausgewählt werden.

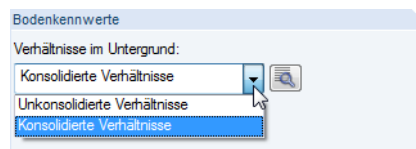



Bild 2.12: Abschnitt *Bodenkennwerte*

Der Klick auf die Schaltfläche  öffnet einen Dialog zur Definition des Bodenprofils. Dieser Dialog ist im folgenden Kapitel beschrieben.

### 2.1.5 Bodenprofil

Bis zur Programmversion 5.05.0030 wurde in RF-/FUND Pro der Gleit- und Grundbruchwiderstand mit einer vereinfachten Eingabe der Bodenkennwerte ermittelt. Hierzu waren lediglich die Bodenkennwerte für die Schicht über der Sohle (Schicht 1) und für die Bodenschicht unter der Sohle (Schicht 2) anzugeben.

Ab der Programmversion 5.06 ist die Eingabe eines Bodenprofils gemäß einer Bodenanalyse möglich. Mit den definierten Bodenschichten werden zum einen der Gleitwiderstand und zum anderen der Grundbruchwiderstand ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass der Grundbruchwiderstand nach EN 1997-1 [2] erst ermittelt wird, wenn das entsprechende Auswahlfeld im Abschnitt *Zulässige Bodenpressung* (siehe Bild 2.9) getätigt ist.



**Wird die zulässige charakteristische Sohlspannung *Benutzerdefiniert vorgegeben*, dient die Eingabe des Bodenprofils zur Ermittlung des Gleitwiderstandes sowie zur Definition der Überschüttung und des Grundwasserspiegels.**

### 2.1.5.1 Eingabe eines Bodenprofils

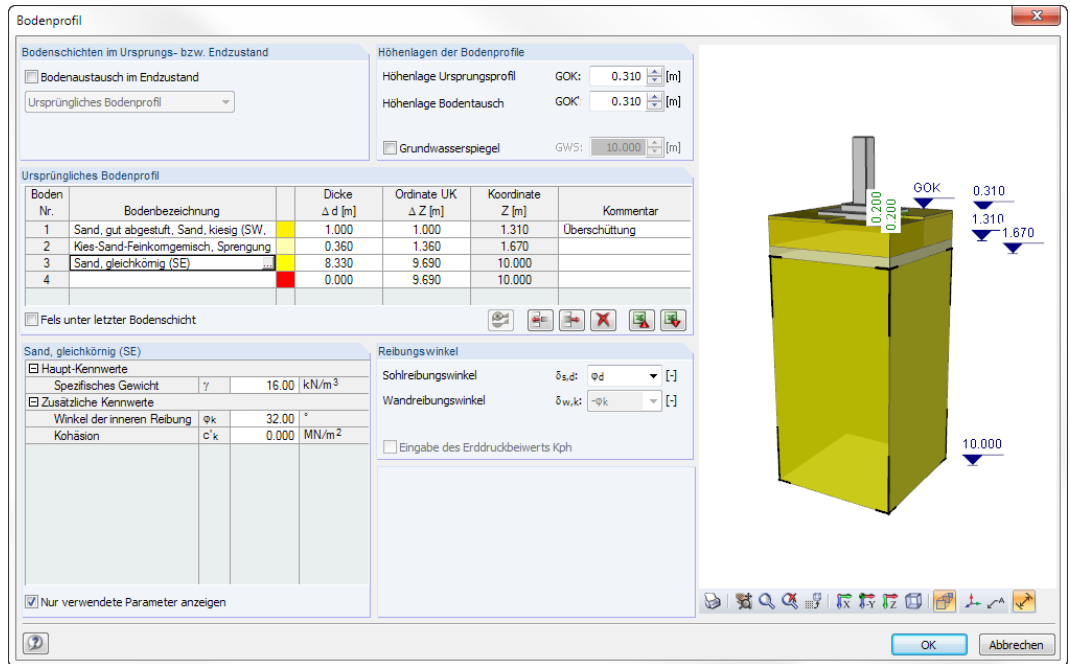


Bild 2.13: Dialog *Bodenprofil* zur Definition der Bodenschichten im Ursprungs- und Endzustand



Der Dialog *Bodenprofil* lässt sich über die Schaltfläche [Bodenprofil bearbeiten] in Maske 1.1 *Basisangaben* (Abschnitt *Bodenkennwerte*) sowie in Maske 1.4 *Belastung* (Abschnitt *Zusätzliche Belastung* bei Grundwasserspiegel und Überschüttung, siehe Bild 2.52, Seite 35) öffnen.

### Bodenschichten im Ursprungs- bzw. Endzustand

In diesem Abschnitt lässt sich einstellen, ob für die Berechnung des Gleit- und Grundbruchwiderstandes das Bodenprofil des Ursprungszustandes oder das Bodenprofil aus dem Endzustand angesetzt werden soll.



Bild 2.14: Auswahl für Bodenschichten im Ursprungs- und Endzustand

Je nach Auswahl werden die jeweiligen Bodenschichten in der Tabelle unterhalb dargestellt. Die Tabellenüberschriften sind entsprechend gekennzeichnet (siehe Bild 2.15).

### Voreingestelltes Bodenprofil

Ursprüngliches Bodenprofil						
Boden Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke $\Delta t$ [m]	Ordinate UK $\Delta Z$ [m]	Koordinate Z [m]	Kommentar	
1	Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (S)	0.000	0.000	0.000	Überschüttung	
2	Kies-Sand-Feinkongemisch, Sprengu	10.000	10.000	10.000		
3		0.000	10.000	10.000		

Bild 2.15: Voreingestelltes Bodenprofil



Beim **erstmaligen Öffnen** des Dialogs *Bodenprofil* ist nur die Vorgabe der Bodenschichten für den Ursprungszustand vorgesehen. Es sind standardmäßig zwei Bodenschichten angelegt.

Die Schicht Nr. 1 wird als Überschüttung vorgesehen, die allerdings mit der Dicke  $\Delta t = 0,000$  m voreingestellt ist. Die zweite Bodenschicht ist mit einer Dicke von  $\Delta t = 10,000$  m voreingestellt, sodass auch ohne weitere Vorgaben eine Bemessung der Fundamente erfolgen kann.

### Höhenlagen der Bodenprofile

Beim Anlegen eines Bodenprofils in RF-/FUND Pro wird zwischen zwei Höhenlagen unterschieden:

- Höhenlage Ursprungsprofil (GOK)
- Höhenlage Bodentausch (GOK')

Bild 2.16: Höhenlagen der Bodenprofile

Grundsätzlich bezieht sich die *Höhenlage* immer auf die Oberkante des Fundaments. Bei einem Köcherfundament ist dies die Oberkante des Köchers, bei einer Fundamentplatte oder einem Blockfundament die Oberkante der Platte.

Köcherfundament	Fundamentplatte / Blockfundament
<p><i>Höhenlage</i> des Bodenprofils bezieht sich auf Oberkante des Köchers</p>	<p><i>Höhenlage</i> des Bodenprofils bezieht sich auf Oberkante der Fundamentplatte</p>

Tabelle 2.2: Definition der Höhenlage

Die Eingabe eines positiven Wertes sorgt dafür, dass sich das eingegebene Bodenprofil in z-Richtung (nach unten) verschiebt. Die Eingabe eines negativen Wertes für GOK bzw. GOK' verschiebt das Bodenprofil nach oben.



**Bezüglich der Eingabegrenzen sollte auch das [Kapitel 2.1.5.4](#) beachtet werden.**

Die Eingaben für die Höhenlage des Ursprungsprofils (GOK) und des Profils im Endzustand (GOK') können in der Info-Grafik kontrolliert werden.

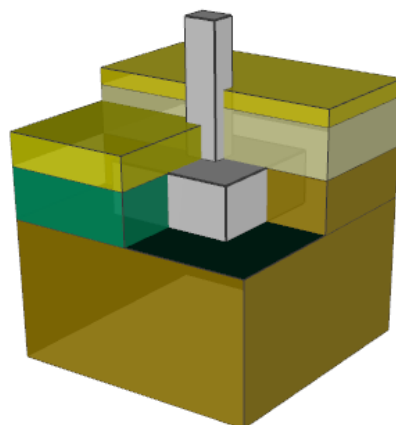


Bild 2.17: Infografik mit Darstellung des Höhenprofils

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

	Drucken des Bodenprofils
	Verschieben, Zoomen und Drehen der Grafik des Bodenprofils
	Zoomen innerhalb der Infografik mittels Aufziehen eines Fensters
	Anzeigen der gesamten Bodenprofil-Grafik
	Zur zuletzt verwendeten Ansicht zurückkehren
	Ansicht in X-Richtung
	Ansicht entgegen Y-Richtung
	Ansicht in Z-Richtung
	Isometrische Ansicht des Bodenprofils
	Perspektivische Ansicht des Bodenprofils
	Ein- und Ausschalten des Achsenkreuzes am Fundament
	Ein- und Ausschalten der Bezeichnungen der Bodenschichten
	Ein- und Ausschalten der Bemaßung des Bodenprofils

Tabelle 2.3: Schaltflächen für Grafik im Dialog *Bodenprofil*

## Grundwasser

Wie in [Bild 2.16](#) dargestellt, kann im Bodenprofil auch ein Grundwasserspiegel berücksichtigt werden. Nach dem Anhängen des Kontrollfeldes ist das Textfeld zur Eingabe der Grundwasserkote zugänglich. **Die Kote des Grundwasserspiegels ist immer auf die Oberkante des Fundaments bezogen.** Sie ist unabhängig von der Höhenlage des Bodenprofils.

## Bodenprofil

Ursprüngliches Bodenprofil

Boden Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke $\Delta t$ [m]	Ordinate UK $\Delta Z$ [m]	Koordinate Z [m]	Kommentar
1	Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (S)	0.250	0.250	-0.750	Überschüttung
2	Kies-Sand-Feinkomgemisch, Sprengu	0.750	1.000	0.000	
3	Sand mit Feinkom, keine Sprengung	3.000	4.000	3.000	
4		0.000	4.000	3.000	

Fels unter letzter Bodenschicht

Bild 2.18: Tabelle mit Schichtenaufbau des Bodenprofils

Die Vorgabe im Abschnitt *Bodenschichten im Ursprungs- bzw. Endzustand* (siehe [Bild 2.14](#)) steuert, ob die Tabelle das Bodenprofil im Ursprungszustand oder im Endzustand anzeigt. Die Tabellenüberschrift wird entsprechend angepasst

### Einfügen einer neuen Bodenschicht

Das in [Bild 2.15](#) gezeigte voreingestellte Bodenprofil lässt sich um beliebige Bodenschichten erweitern: Klicken Sie hierzu in die erste Zeile nach der letzten Bodenschicht (siehe [Bild 2.19](#)). In der Spalte *Bodenbezeichnung* erscheint die Schaltfläche , über die eine neue Bodenschicht für das Bodenprofil hinzugefügt werden kann.

Boden Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke $\Delta t$ [m]	Ordinate UK $\Delta Z$ [m]	Koordinate Z [m]	Kommentar
1	Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (S)	0.250	0.250	-0.750	Überschüttung
2	Kies-Sand-Feinkomgemisch, Sprengu	0.750	1.000	0.000	
3	Sand mit Feinkom, keine Sprengung	3.000	4.000	3.000	
4		0.000	4.000	3.000	

Bild 2.19: Einfügen einer neuen Bodenschicht



### Materialbibliothek für Böden

Ein Klick auf die Schaltfläche öffnet den Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen*.

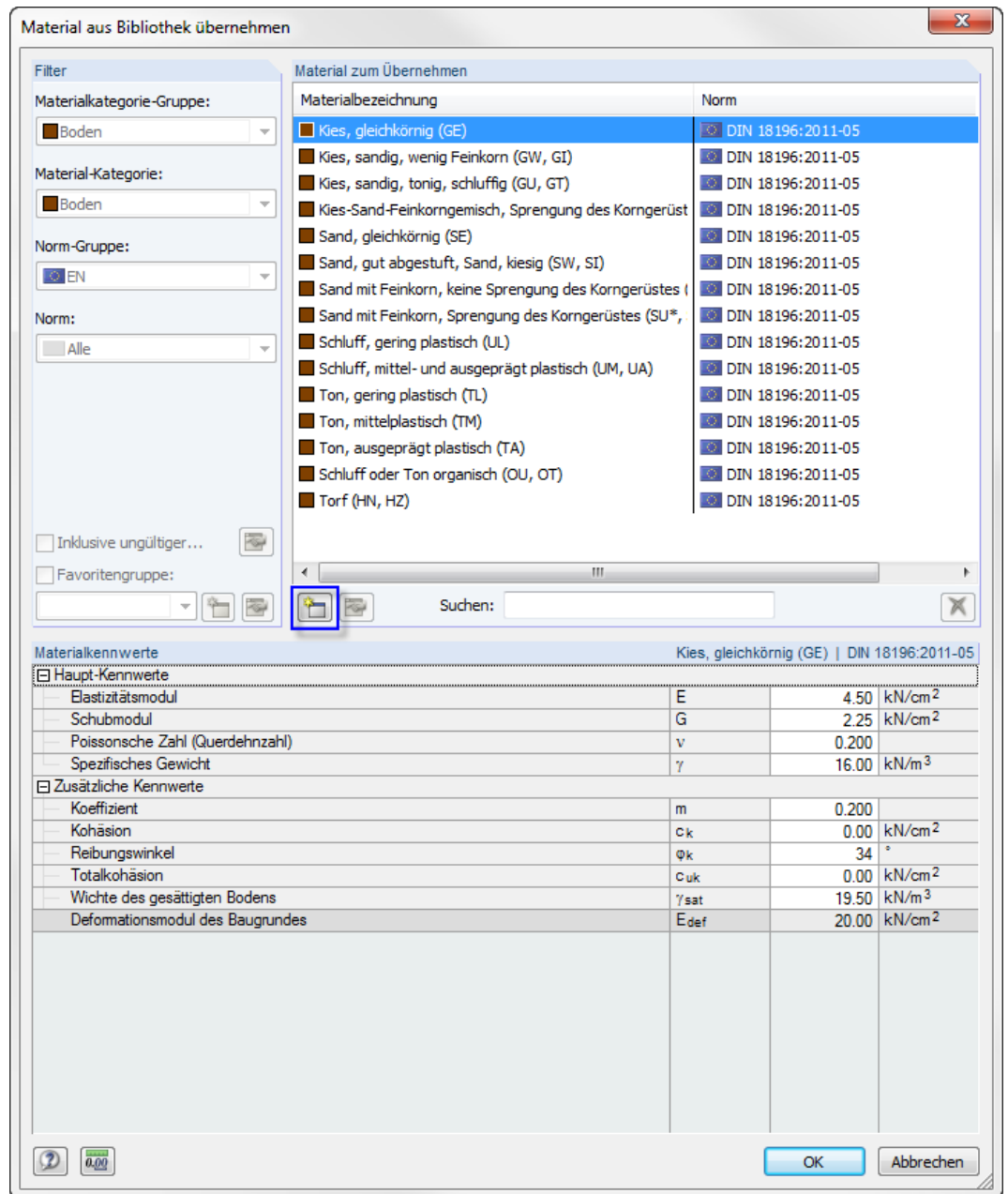
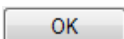


Bild 2.20: Materialbibliothek für Böden

In der Liste *Material zum Übernehmen* kann ein Bodenmaterial zur Verwendung im Bodenprofil ausgewählt werden. Die Kennwerte des selektierten Bodens werden unterhalb angezeigt.



[OK] fügt das Material in die Tabellenzeile des Bodenprofils ein (siehe Bild 2.19).

Die Kennwerte der voreingestellten Materialien lassen sich nicht ändern. Hierzu muss in der Bibliothek ein neues Material angelegt werden.

Ein neues Boden-Material kann mit der Schaltfläche angelegt werden (im Bild 2.20 markiert). Dabei werden die Materialkennwerte des aktuell selektierten Bodens voreingestellt. Die Kennwerte des neuen Material sowie die Bezeichnung und Normierung können dann benutzerdefiniert angepasst werden, sodass die Materialbibliothek beliebig erweitert werden kann.

Die Schaltfläche ist zugänglich, wenn in der Tabelle *Material zum Übernehmen* ein benutzerdefiniertes Material selektiert ist. Gleiches gilt für die Schaltfläche .

Dicke $\Delta t$ [m]	Ordinate UK $\Delta Z$ [m]
0.500	0.500
0.800	1.300
0.000	1.300



### Bearbeiten der vorhandenen Bodenschichten

Die in einem Bodenprofil vorhandenen Bodenschichten können direkt über die Eingabe in die Felder der Spalten *Dicke*  $\Delta t$  und *Ordinate UK*  $\Delta Z$  angepasst werden.

Wichtig hierbei ist, dass diese Änderungen **keinen Einfluss auf die Höhenlage** des jeweiligen Bodenprofils haben. Dies bedeutet, dass z. B. eine Vergrößerung der Dicke der Schicht Nr. 1 (z. B. Überschüttung) nicht die Oberkante des Bodenprofils nach oben hin verschiebt, sondern die Schichten 2 bis  $n$  nach unten verschiebt. Die eingegebenen Werte für GOK bzw. GOK' bestimmen die Höhenlage des Bodenprofils.

### Bearbeiten der vorhandenen Bodenkennwerte

Um die Bodenkennwerte anzupassen, ist die Bodenschicht in der Tabelle des Bodenprofils (Ursprungs- oder Endzustand) durch einen Klick in die Zeile zu selektieren. Danach können die Bodenparameter der Schicht im Abschnitt unterhalb angepasst werden.

Sand, gut abgestuft, Sand, kiesig (SW, SI)			
<input type="checkbox"/> Haupt-Kennwerte			
Elastizitätsmodul	E	45000.000	kN/m <sup>2</sup>
Schubmodul	G	22500.000	kN/m <sup>2</sup>
Querdehnzahl	$\nu$	0.280	
Spezifisches Gewicht	$\gamma$	18.00	kN/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Zusätzliche Kennwerte			
Beiwert (Kriechenkorrektur)	m	0.200	
Spezifisches Gewicht des g	$\gamma_{\text{sat}}$	20.00	kN/m <sup>3</sup>
Verformungsmodul des Unt	$E_{\text{def}}$	20000.000	kN/m <sup>2</sup>
Winkel der inneren Reibun	$\phi_k$	33.00	°
Kohäsion	$c_k$	0.000	kN/m <sup>2</sup>
Gesamtkohäsion	$c_{\text{uk}}$	0.000	kN/m <sup>2</sup>
Erddruckbeiwert	$K_{\text{ph}}$	10.647	
<input type="checkbox"/> Nur verwendete Parameter anzeigen			

Bild 2.21: Abschnitt zum Bearbeiten der Bodenparameter

In **Bild 2.21** wurde das Häkchen bei *Nur verwendete Parameter anzeigen* nicht gesetzt, wodurch alle Bodenparameter der Bodenschicht dargestellt werden. Wird das Kontrollfeld angehakt, so werden nur die für den Nachweis der Grundbruch- bzw. Gleitsicherheit verwendeten Bodenparameter angezeigt.

Die Auswahl, welche Bodenparameter für die Nachweisführung herangezogen werden, hängt von der Einstellung in der Maske *1.1 Basisangaben* (siehe **Bild 2.12**) ab.

Ob der Erddruckbeiwert für die Editierung freigeschaltet ist, hängt davon ab, ob in Maske 1.1 der passive Erddruck aktiviert wurde (siehe **Bild 2.11**) und ob die manuelle Vorgabe des Erddruckbeiwerts gewählt wurde (siehe **Bild 2.22**).

Die Schaltflächen unterhalb der Bodenprofil-Tabelle sind mit folgenden Funktionen belegt:

	Ergebnisse in der Grafik des Bodenprofils anzeigen
	Leere Zeile in die Tabelle einfügen (oberhalb der aktuell selektierten Zeile)
	Aktuelle Zeile entfernen
	Alle Bodenschichten entfernen
	Export nach MS Excel oder OpenOffice Calc
	Import von MS Excel oder OpenOffice Calc

Tabelle 2.4: Schaltflächen für die Tabelle *Bodenprofil*

### Reibungswinkel

Reibungswinkel

Sohlreibungswinkel  $\delta_{s,d}$ :  $\phi_d$  [-]

Wandreibungswinkel  $\delta_{w,k}$ :  $-\phi_k$  [-]

Eingabe des Erddruckbeiwerts  $K_{ph}$

Bild 2.22: Dialog zum Einstellen der Reibungswinkel

In diesem Abschnitt kann der Sohlreibungswinkel für den Nachweis des Gleitens festgelegt werden. Des Weiteren kann der Wandreibungswinkel eingestellt werden, wenn in Maske 1.1 der passive Erddruck aktiviert wurde (siehe Bild 2.11).

Wird das Kontrollfeld *Eingabe des Erddruckbeiwertes  $K_{ph}$*  angehakt, so kann der Erddruckbeiwert – wie im vorherigen Abschnitt beschrieben – manuell bei den Bodenkennwerten festgelegt werden.

### Fundamentplattendicke und Köcherhöhe im Endzustand

Bei der Angabe des Bodenprofils für den Endzustand kann festgelegt werden, dass die Überschüttung oberhalb der Fundamentplatte und die Dicke der seitlichen Hinterfüllung an die Abmessungen des Fundamentes gekoppelt sind.

Hierzu ist zunächst das Bodenprofil im Endzustand auszuwählen. Anschließend kann in der Spalte *Dicke  $\Delta t$*  eingestellt werden, ob diese Schicht an die Köcherhöhe  $h$  oder die Fundamentplattendicke  $d$  gekoppelt sein soll.

**Bodenschichten im Ursprungs- bzw. Endzustand**

Bodenaustausch im Endzustand

Bodenaustausch im Endzustand

**Höhenlagen der Bodenprofile**

Höhenlage Ursprungsprofil GOK: 0,000 [m]

Höhenlage Bodenaustausch GOK: 0,000 [m]

Grundwasserspiegel GWS: 10,000 [m]

**Bodenaustausch im Endzustand**

Boden Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke $\Delta t$ [m]	Ordinate UK $\Delta Z$ [m]	Koordinate Z [m]	Kommentar
1	Kies_sandig_wenig Feinkom (GW_Gl)	h	1.310	1.310	
2	Kies_gleichkörnig (GE)	d	1.670	1.670	
3		0.360	1.670	1.670	

Fels unter letzter Bodenschicht

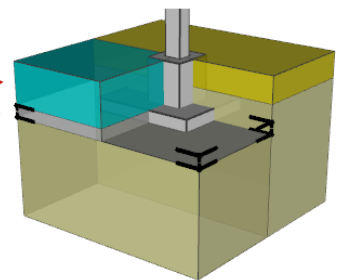


Bild 2.23: Einstellungen für Bodenprofil im Endzustand

### 2.1.5.2 Situationen für Eingabe des Bodenprofils

Die Definition des Bodenprofils ist für folgende Situationen erforderlich:

- Grundbruchnachweis ohne direkte Vorgabe einer zulässigen Sohlspannung**  
 Soll der Grundbruchnachweis ohne die Vorgabe einer zulässigen Sohlspannung über die Grundbruchformel nach EN 1997-1 Anhang D geführt werden, ist ab der Version 5.06 ein Bodenprofil anzugeben.
- Aktivieren des Gleitwiderstandes (mit/ohne Berücksichtigung des passiven Erddrucks)**  
 Die Eingabe des Bodenprofils ist für die Ermittlung des Gleitwiderstandes erforderlich. Dies gilt auch dann, wenn die zulässige Sohlspannung in der Maske 1.1 direkt eingegeben wird.



**Ist weder die direkte Berechnung der Grundbruchwiderstandes nach EN 1997-1 Anhang D noch der Nachweis der Gleitsicherheit aktiviert, dann ist die Eingabe eines Bodenprofils nicht erforderlich. Die Schaltflächen zum Öffnen des Dialogs sind in daher deaktiviert.**

Die Eingabe eines möglichen Grundwasserspiegels und einer möglichen Überschüttung kann in diesem Fall direkt in Maske 1.4 *Belastung* erfolgen (siehe Bild 2.24 sowie Kapitel 2.4).

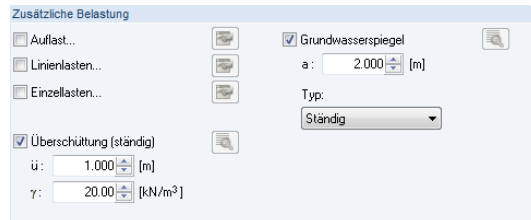


Bild 2.24: Eingabe der Überschüttung und des Grundwasserspiegels ohne Bodenprofil

### 2.1.5.3 Übernahme der Bodenkennwerte aus Bestandspositionen

Wurde die Bemessung von Fundamenten in der Version RFEM 5.05.0030 bzw. RSTAB 8.05.0030 oder älter durchgeführt, so sind die hier getroffenen Eingaben kompatibel mit der Eingabe eines Bodenprofils.

Entsprechend den Einstellungen in der Bestandsdatei werden hierbei folgende Bodenschichten im Bodenprofil angelegt.

Boden-Nr.	Bodenbezeichnung	Lage
1	Überschüttung	vormals definierte Überschüttung in Maske 1.4
2	gamma_1	Bodenschicht auf Höhe der Fundamentplatte
3	gamma_2	Bodenschicht unter der Fundamentsohle

Tabelle 2.5: Bodenschichten bei Übernahme aus einer Bestandsposition

Das folgende Bild zeigt die Bodenschichten, die bei einer Übernahme der Bodenkennwerte angelegt wurden.

Boden-Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke Δt [m]	Ordinate UK ΔZ [m]	Koordinate Z [m]	Kommentar
1	Überschüttung	1.000	1.000	1.310	
2	gamma_1	0.360	1.360	1.670	
3	gamma_2	8.640	10.000	10.310	
4		0.000	10.000	10.310	

Bild 2.25: Bodenschichten bei Übernahme aus Bestandsposition (RFEM 5.05.0030 bzw. RSTAB 8.05.0030 oder älter)

### 2.1.5.4 Anwendungsgrenzen des Bodenprofils

Das Bodenprofil in RF-/FUND Pro dient der Definition der einzelnen Bodenschichten unterhalb der Fundamentplatte sowie einer möglichen Hinterfüllung bzw. Überschüttung des Fundaments.

Allerdings gibt es hinsichtlich der Anwendbarkeit des Bodenprofils Grenzen, welche durch das Formelwerk aus [2] und [3] festgesetzt sind.

Folgende Berechnungsfälle sind bei Ansatz des Bodenprofils möglich:

1. **Fall:  $GOK = GOK'$**

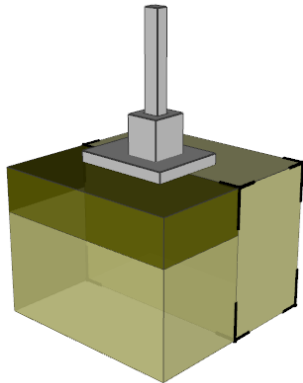


Bild 2.26: Oberkante des Bodenaustauschs und des Ursprungsprofils sind identisch

2. **Fall:  $GOK > GOK'$**

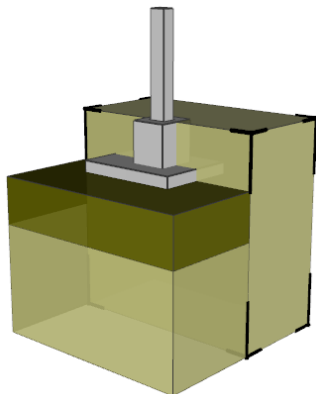


Bild 2.27: Oberkante des Ursprungsprofils liegt über Oberkante des Bodenaustauschs

3. **Fall:  $GOK < GOK'$**

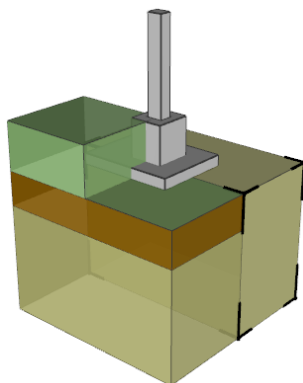


Bild 2.28: Oberkante des Ursprungsprofils liegt unter Oberkante des Bodenaustauschs

**Folgender Berechnungsfall ist nicht möglich:**

4. **Fall:  $GOK < GOK'$ , wobei aber  $GOK$  unterhalb der Gründungssohle liegt**

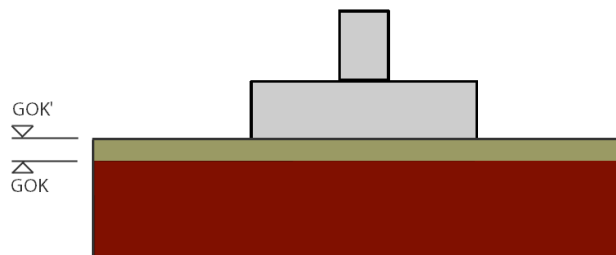


Bild 2.29: Oberkante des Ursprungsprofils liegt unter Fundamentsohle



**Grundsätzlich gilt: Die Geländeoberkante des Ursprungsprofils (GOK) kann nicht unterhalb der Fundamentsohle eingegeben werden. Beim Schließen des Dialogs *Bodenprofil* erscheint daher eine Fehlermeldung.**

#### HINWEISE:

Wenn das **Fundament direkt auf einen Bodenaustausch** ausgeführt wird, sollte die tatsächlich zulässige Sohlspannung durch Versuche ermittelt und in Maske 1.1 direkt als **zulässige charakteristische Sohlspannung** eingegeben werden. Die Berechnung einer zulässigen Sohlspannung auf einer Hinterfüllung ist nicht möglich.

Eine Berechnung des Grundbruchwiderstandes auf einem aufgeschütteten Damm oder einer aufgeschütteten Bodenschicht ist mit dem Bodenprofil in RF-/FUND Pro nicht möglich.

Die zulässigen Sohlspannungen sind ggf. einem Bodengutachten zu entnehmen.

Für die Berechnung des Gleitwiderstandes kann die Bodenschicht des Bodenaustauschs im Bodenprofil eingegeben werden. Dies bedeutet, dass für den Grundbruchwiderstand der benutzerdefinierte Grenzwert aus der Maske 1.1 und für die Gleitwiderstand die Bodenschicht unter der Fundamentsohle angesetzt wird.

### 2.2 Geometrie

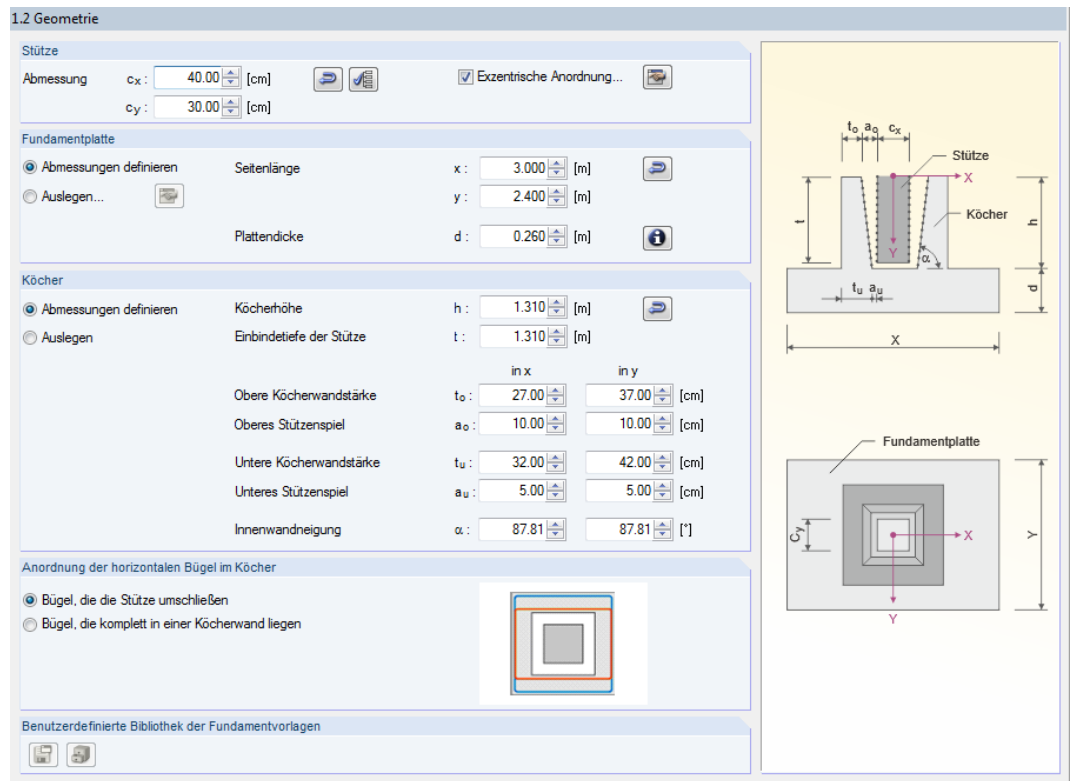


Bild 2.30: Maske 1.2 Geometrie

#### 2.2.1 Stütze

Dieser Abschnitt verwaltet die Parameter, die die Stütze betreffen.

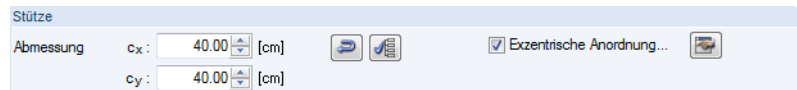


Bild 2.31: Abschnitt *Stütze* – Definition der Stützenabmessungen und -anordnung

In den beiden Eingabefeldern  $c_x$  und  $c_y$  sind Standard-Stützenabmessungen voreingestellt. Die Werte können an die realen Gegebenheiten angepasst werden. Mit der Schaltfläche lassen sich die Abmessungen des Stützenquerschnitts aus dem RFEM- bzw. RSTAB-Modell übernehmen.

Über die Schaltfläche kann auch ein anderer Querschnitt festgelegt werden, der in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurde.

Ist das Kontrollfeld *Exzentrische Anordnung* angehakt, kann der Mittelpunkt der Stütze gegenüber dem Mittelpunkt der Platte versetzt werden. Die Exzentrizität ist in einem separaten Dialog festzulegen (siehe Bild 2.32), der über die Schaltfläche zugänglich ist.

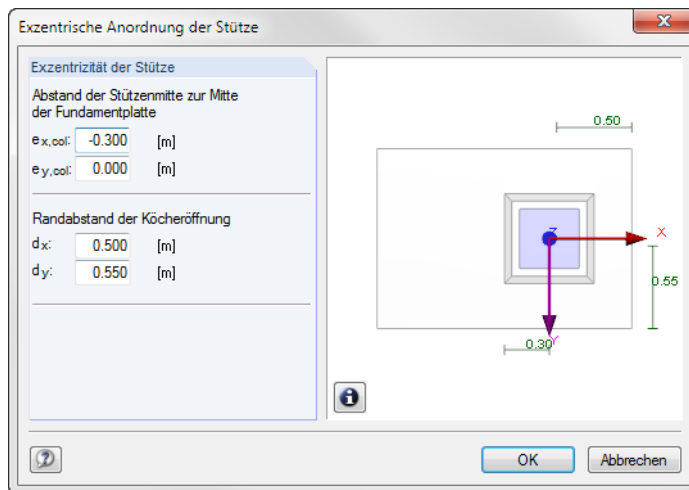
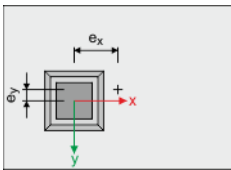



Bild 2.32: Dialog *Exzentrische Anordnung der Stütze*



Die *Exzentrizität der Stütze* kann über die vier Eingabefelder festgelegt werden. Die oberen zwei Felder beschreiben den Abstand der Stützenmitte vom Fundamentplattenschwerpunkt.

**Achten Sie auf das Vorzeichen: Soll die Stütze z. B. links versetzt angeordnet werden, muss der Abstand  $e_x$  positiv eingegeben werden, da der Fundamentplattenschwerpunkt in positiver x-Richtung von der Stützenmitte aus liegt (Lagerkoordinatensystem).**

In den unteren beiden Feldern sind die Abstände der Köcheröffnung von den Rändern der Fundamentplatte anzugeben. Diese Werte haben stets positive Vorzeichen.

Die interaktive Dialoggrafik zeigt die Draufsicht auf das Fundament mit dem Lagerkoordinatensystem. Sie ist hilfreich bei der Definition der Stützenexzentrizität. Mit der Schaltfläche  können Sie zwischen der interaktiven Darstellung und einer Systemskizze wechseln.

## 2.2.2 Fundamentplatte

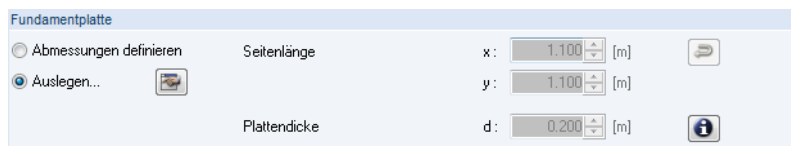


Bild 2.33: Fundamentplattenabmessungen definieren oder von RF-/FUND Pro auslegen lassen


In diesem Abschnitt ist anzugeben, ob die Abmessungen der Fundamentplatte manuell vorgegeben oder vom Programm ausgelegt werden sollen.

### Abmessungen definieren

Bei der manuellen Definition sind die drei Eingabefelder rechts zugänglich. Dort können die Seitenlängen und die Dicke der Fundamentplatte eingetragen werden.



**Es sind die im Kapitel 3.2 angegebenen Mindestabmessungen einzuhalten!**

Falls die Fundamentplatte iterativ vom Programm ausgelegt wurde (siehe unten), können die ermittelten Abmessungen mit der Schaltfläche  importiert werden. Diese Werte können dann angepasst werden, um z. B. aufgerundete Abmessungen zu benutzen.



### Auslegen

RF-/FUND Pro ermittelt die Abmessungen der Fundamentplatte nach den Erfordernissen, die sich aus den bodenmechanischen Nachweisen ergeben.

Die Parameter zur Auslegung der Fundamentplatte sind über die Schaltfläche zugänglich. Sie ruft den Dialog *Auslegen-Parameter der Fundamentplatte* auf.

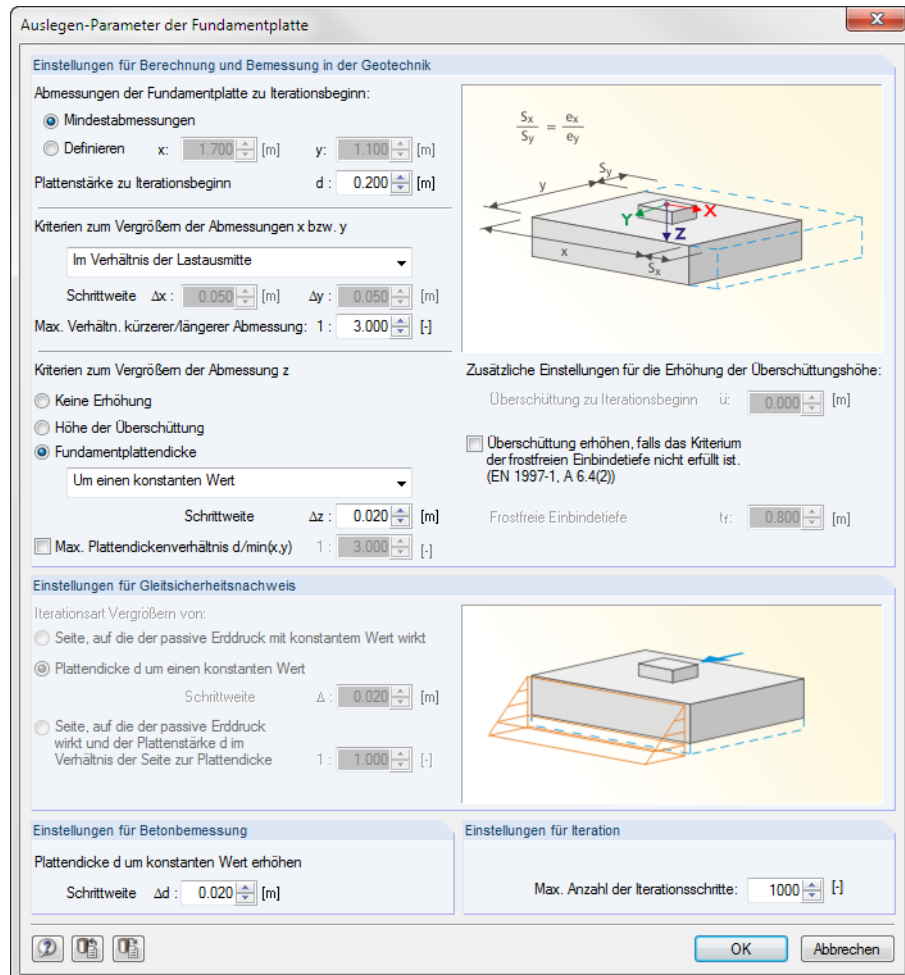


Bild 2.34: Dialog *Auslegen-Parameter der Fundamentplatte*

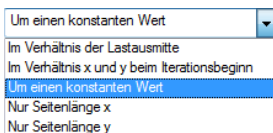
### Einstellungen für Berechnung und Bemessung in der Geotechnik

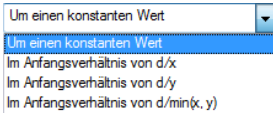
Es ist anzugeben, welche *Abmessungen der Fundamentplatte zu Iterationsbeginn* benutzt werden sollen (Mindestabmessungen oder benutzerdefinierte Startwerte).

Die *Kriterien zum Vergrößern der Abmessungen x bzw. y* steuern, wie die Parameter beim Auslegen in den Iterationsschritten verändert werden. In der Liste stehen mehrere Möglichkeiten zur Auswahl (siehe Bild links). Die Auslegung berücksichtigt zudem ein benutzerdefiniertes Grenzverhältnis zwischen den beiden Seitenlängen.

Für die Ermittlung der Plattendicke stehen folgende *Kriterien zur Vergrößerung der Abmessung z* zur Auswahl:

- Keine Erhöhung
- Höhe der Überschüttung
- Fundamentplattendicke





Bei der Option *Fundamentplattendicke* bietet die Liste verschiedene Möglichkeiten für die Auslegung. Für diesen Fall wird auch ein benutzerdefiniertes Grenzverhältnis zwischen Plattendicke und kleinster Seitenlänge berücksichtigt.

Die programmseitige Auslegung kann auch die *Überschüttung erhöhen*, falls das Kriterium der frostfreien Einbindung nicht erfüllt ist. Hierfür sind die Überschüttung  $\ddot{u}$  zu Iterationsbeginn und die Einbindetiefe  $t_r$  vorzugeben.

### Einstellungen für Gleitsicherheitsnachweis

Dieser Abschnitt ist zugänglich, wenn in Maske 1.1 das Kontrollfeld *Passiven Erdwiderstand nach EN 1997-1 Anhang C berücksichtigen* aktiviert wurde (siehe [Bild 2.11, Seite 12](#)).

Mit den ersten beiden Auslegungsoptionen wird die *Seite* des Fundaments bzw. die *Plattendicke* iterativ vergrößert, bis der Nachweis der Gleitsicherheit erbracht ist. Beim Aktivieren der dritten Option kann ein benutzerdefiniertes Verhältnis zur Vergrößerung von Fundamentseite zu Fundamentdicke angegeben werden. Vergrößert sich in einem Iterationsschritt die Seitenlänge z. B. um 1 cm, wird bei einem Verhältnis von 1:1 die Plattendicke ebenfalls um 1 cm erhöht.

### Einstellungen für Betonbemessung

In diesem Abschnitt ist die *Schrittweite*  $\Delta d$  zur Erhöhung der Plattendicke anzugeben, damit die Stahlbetonnachweise erfüllt werden.

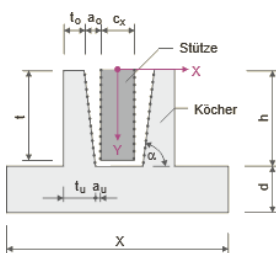
### Einstellungen für Iteration

Die *Anzahl der Iterationsschritte* dient als Obergrenze für die möglichen Rechendurchläufe.

## 2.2.3 Köcher

Köcher	
<input checked="" type="radio"/> Abmessungen definieren	Köcherhöhe $h$ : <input type="text" value="1.310"/> [m]
<input type="radio"/> Auslegen	Einbindetiefe der Stütze $t$ : <input type="text" value="1.310"/> [m]
	in x                      in y
Obere Köcherwandstärke	$t_o$ : <input type="text" value="27.00"/> <input type="text" value="37.00"/> [cm]
Oberes Stützenspiel	$a_o$ : <input type="text" value="10.00"/> <input type="text" value="10.00"/> [cm]
Untere Köcherwandstärke	$t_u$ : <input type="text" value="32.00"/> <input type="text" value="42.00"/> [cm]
Unteres Stützenspiel	$a_u$ : <input type="text" value="5.00"/> <input type="text" value="5.00"/> [cm]
Innenwandneigung	$\alpha$ : <input type="text" value="87.81"/> <input type="text" value="87.81"/> [°]

Bild 2.35: Abschnitt Köcher



In diesem Abschnitt ist anzugeben, ob die Abmessungen des Köchers manuell vorgegeben oder von RF-/FUND Pro ausgelegt werden sollen.

### Abmessungen definieren

Bei dieser Option sind die Eingabefelder zur Beschreibung der Köchergeometrie zugänglich.

Beim Fundamenttyp *Blockfundament* sind die Eingabefelder der oberen und unteren Köcherwandstärken gesperrt. Im Falle einer *Fundamentplatte* sind sämtliche Eingabefelder deaktiviert.

Falls der Köcher vom Programm ausgelegt wurde, können die ermittelten Abmessungen mit importiert werden. Die Werte können dann angepasst werden, um gerundete Maße zu benutzen.

### Auslegen

RF-/FUND Pro ermittelt die Abmessungen des Köchers nach den Erfordernissen, die sich aus der Stützen- und Plattengeometrie ergeben (siehe [Bild 2.34](#)).

### 2.2.4 Anordnung der horizontalen Bügel im Köcher

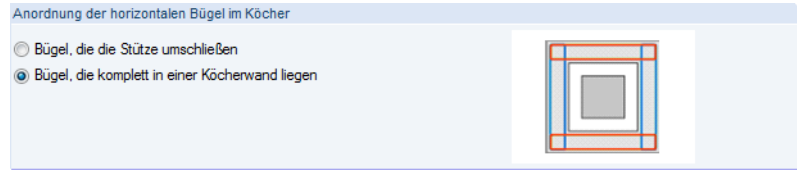


Bild 2.36: Abschnitt *Anordnung der horizontalen Bügel im Köcher*

In diesem Abschnitt ist festzulegen, ob die Bügel in den Köcherwänden *die Stütze umschließen* oder ob die Bügel jeweils *komplett in einer Köcherwand liegen* sollen.

Bei den Fundamenttypen *Blockfundament* und *Fundamentplatte* sind die Eingabefelder dieses Abschnitts gesperrt.

### 2.2.5 Benutzerdefinierte Bibliothek der Fundamentvorlagen

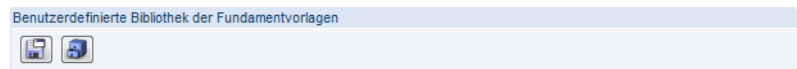


Bild 2.37: Abschnitt *Benutzerdefinierte Bibliothek der Fundamentvorlagen*



Die aktuelle Fundamentgeometrie kann mit der Schaltfläche [Speichern] in einer Bibliothek abgelegt werden. Dabei ist zunächst ist ein Name für die neue Vorlage anzugeben.

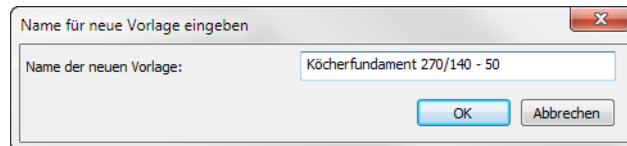


Bild 2.38: Dialog *Name für neue Vorlage eingeben*

Mit [OK] wird das Fundament in die *Bibliothek der Fundamentvorlagen* übergeben.

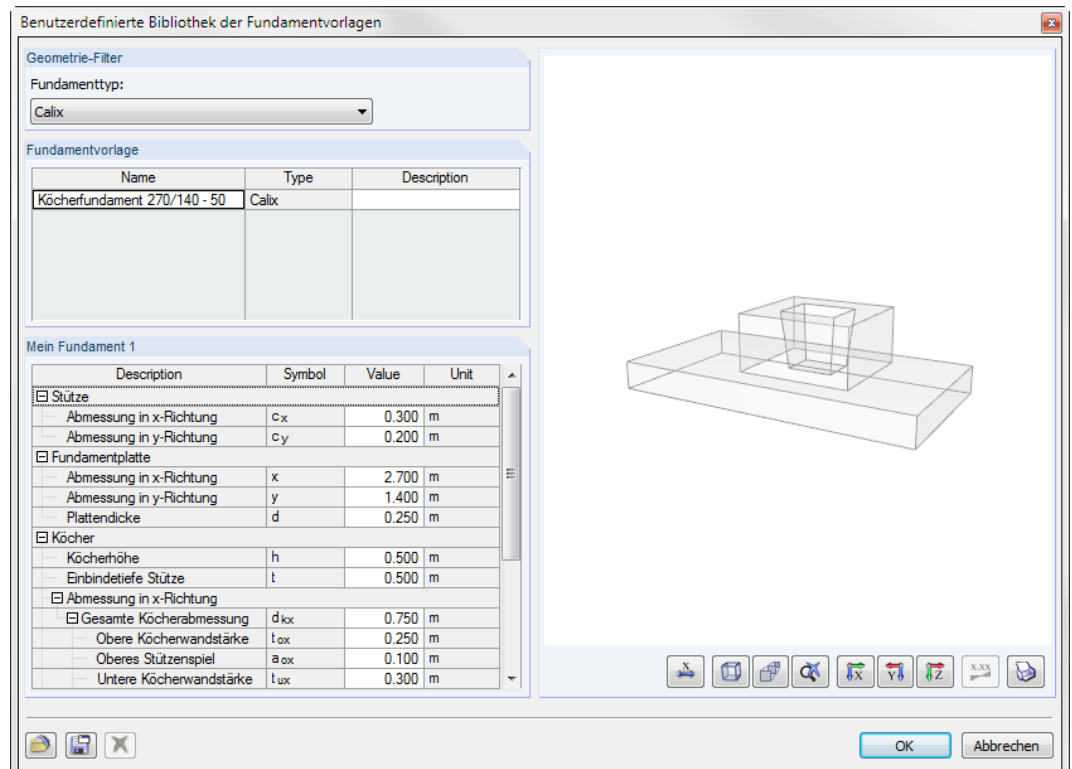


Bild 2.39: Dialog *Benutzerdefinierte Bibliothek der Fundamentvorlagen*

### 2.3 Materialien

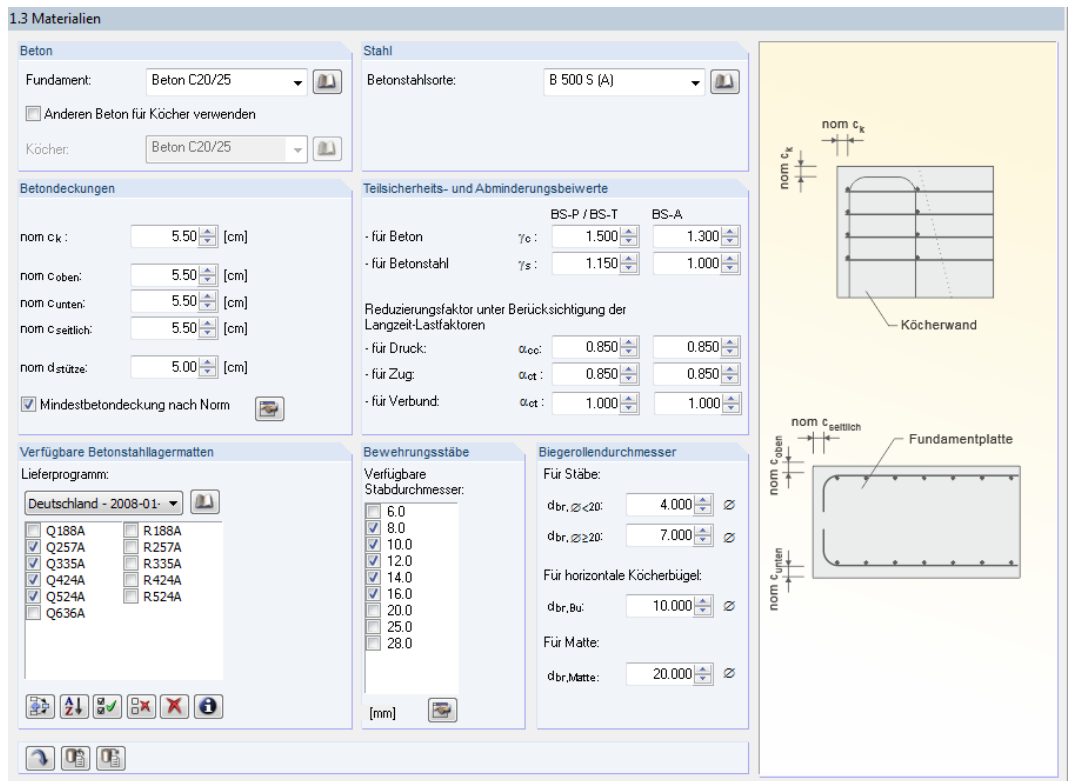


Bild 2.40: Maske 1.3 Materialien

In dieser Maske sind nicht nur die Materialien mit den Teilsicherheitsbeiwerten festzulegen, sondern auch die Vorgaben für die Bewehrung zu treffen.

#### Beton / Stahl

In den Listen der beiden Abschnitte kann die *Betongüte* und die *Betonstahlsorte* ausgewählt werden. Die Normierung des Materials basiert auf dem Nationalen Anhang, der in Maske 1.1 *Basisangaben* eingestellt ist.

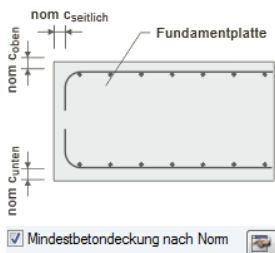
Alternativ lassen sich die Beton- oder Betonstahlgüten über die Schaltflächen festlegen. Im Dialog *Material aus Bibliothek übernehmen* werden auch die Kennwerte der Materialien angezeigt. Auch hier regelt der Nationale Anhang, welche Materialien zur Auswahl stehen.

Bei Köcherfundamenten sind unterschiedliche Betongüten für Fundamentplatte und Köcher möglich: Wird das Kontrollfeld *Anderen Beton für Köcher verwenden* angehakt, so kann in der Liste die neue Betongüte für den Köchers ausgewählt werden. So lässt sich z. B. die höhere Betongüte eines im Fertigteilwerk vorgefertigten Köchers bei der Bemessung erfassen.

#### Betondeckungen

In diesem Abschnitt ist die Betondeckung für die verschiedenen Seiten des Fundaments festzulegen. Die Bedeutung der Symbole ist anhand der Skizzen rechts in der Maske erkennbar.

Alternativ kann die Betondeckung aus den Normvorgaben ermittelt werden. Hierzu ist das Kontrollfeld *Mindestbetondeckung nach Norm* anzuhaken. Über die Schaltfläche ist ein Dialog zugänglich, in dem die Betondeckungen  $c_{unten}$ ,  $c_{oben}$ ,  $c_{seitlich}$ / $c_{Köcher}$  aus Parametern ermittelt werden können (siehe Bild 2.41).



Betondeckung nach Norm DIN EN 1992-1-1

Cunten | Coben | Cseitlich/Ckächer

Parameter zur Bestimmung der Betondeckung

Expositionsklasse nach 4.4.1.2 (5)  [-]

Verschleißklasse nach 4.4.1.2 (13)  [-] ⓘ

Herstellungsart nach 4.4.1.3 (4)  [-]

Nenndurchmesser des Größtkorns größer als 32mm nach 4.4.1.2 (3) Tabelle 4.2

	Bewehrungs- matten	Bewehrungs- stäbe
Maximaler Bewehrungsdurchmesser	$d_s$ : <input type="text" value="1.25"/>	<input type="text" value="2.00"/> [cm]
Mindestbetondeckung aus		
Verbundanforderungen nach 4.4.1.2 (3)	$c_{min,b}$ : <input type="text" value="1.25"/>	<input type="text" value="2.00"/> [cm]
Dauerhaftigkeitsanforderungen nach 4.4.1.2 (5)	$c_{min,dur}$ : <input type="text" value="1.50"/>	<input type="text" value="1.50"/> [cm]
Additives Sicherheitselement nach 4.4.1.2 (6)	$\Delta c_{dur,y}$ : <input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/> [cm]
Verringerung der Mindestbetondeckung auf Grund		
<input type="checkbox"/> Verwendung rostfreien Stahls nach 4.4.1.2 (7)	$\Delta c_{dur,st}$ : <input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/> [cm]
<input type="checkbox"/> Zusätzliche Schutzmaßnahmen nach 4.4.1.2 (8)	$\Delta c_{dur,add}$ : <input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/> [cm]
Mindestbetondeckung nach 4.4.1.2 (2)	$c_{min}$ : <input type="text" value="3.50"/>	<input type="text" value="4.00"/> [cm]
<input type="checkbox"/> Benutzerdefiniertes Vorhaltemaß nach 4.4.1.3	$\Delta c_{dev}$ : <input type="text" value="1.50"/>	<input type="text" value="1.50"/> [cm] ⓘ
Nenndeckung der Bewehrung nach 4.4.1.1	$c_{nom}$ : <input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.50"/> [cm]
Mindestbetondeckung der Bewehrung	$c_{v,min}$ : <input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.50"/> [cm]

Bild 2.41: Dialog *Betondeckung nach Norm*

## Teilsicherheits- und Abminderungsbeiwerte

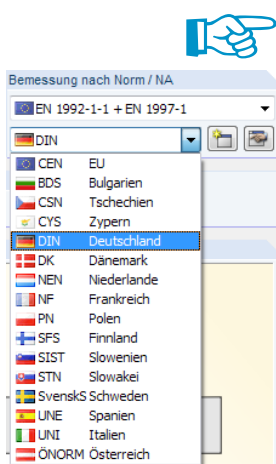
Dieser Maskenabschnitt ermöglicht es, die Teilsicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl sowie die Reduzierungsfaktoren zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen anzupassen. Die Werte sind gemäß Nationalem Anhang voreingestellt. Dabei bestehen kleine Unterschiede in der Bezeichnung der Bemessungssituationen in den Spaltenüberschriften.

**Falls EN 1992-1-1 + EN 1997-1 ohne landesspezifischen Nationalen Anhang ausgewählt wurde, wird GR für die Grundbemessungssituation und AU für die außergewöhnliche Bemessungssituation angezeigt. Dies trifft auch für einige Nationale Anhänge zu.**

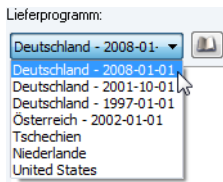
**Wurde der deutsche Nationale Anhang vorgegeben, so lautet die Überschrift BS-P/BS-T für die ständige Bemessungssituation und BS-A für die außergewöhnliche Bemessungssituation.**

Die *Langzeit-Lastfaktoren*  $\alpha_{cc}$  und  $\alpha_{ct}$  für Druck und Zug sind mit 0,85 voreingestellt, der Faktor  $\alpha_{ct}$  für Verbund mit 1,00.

Mit der Schaltfläche lassen sich die Standardwerte des Eurocode wiederherstellen.



### Betonstahllagermatten / Bewehrungsstäbe / Biegerollendurchmesser



Im Abschnitt *Verfügbare Betonstahllagermatten* kann ein Lieferprogramm in der Liste eingestellt werden. Als Standard ist das aktuelle Programm *Deutschland 2008-01-01* vorgegeben.

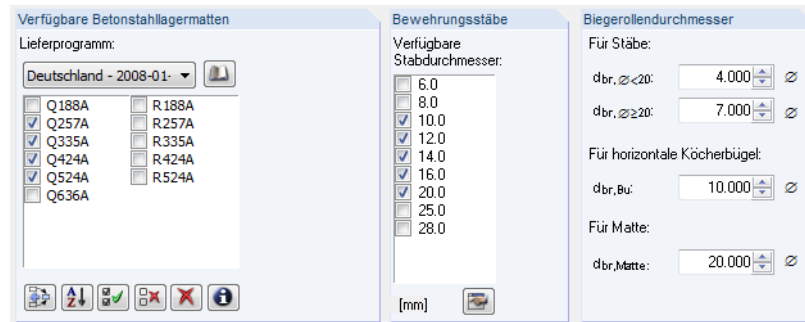


Bild 2.42: Auswahl von Betonstahllagermatten und Bewehrungsstäben

Ist das Lieferprogramm festgelegt, können die Matten durch Anhaken ausgewählt werden, die für die Bemessung des Fundaments infrage kommen.

#### Verfügbare Betonstahllagermatten ändern

Die zur Verfügung stehenden Matten können über die Schaltflächen unterhalb der Liste angepasst werden. Die Schaltflächen haben folgende Funktionen:

	Bewehrungsmatte aus Bewehrungsmattenbibliothek hinzufügen → siehe <a href="#">Bild 2.43</a>
	Bewehrungsmatten alphabetisch sortieren
	Alle Bewehrungsmatten selektieren
	Alle Bewehrungsmatten deselektieren
	Selektierte Bewehrungsmatte löschen
	Informationen zur selektierten Bewehrungsmatte anzeigen

Tabelle 2.6: Schaltflächen im Abschnitt *Verfügbare Betonstahllagermatten*



Die Schaltfläche [Bewehrungsmatte hinzufügen] öffnet folgenden Dialog

Bewehrungskennwerte		Q188A	
Gesamtquerschnitt der Längsstäbe pro m	a s, längs	1.88	cm <sup>2</sup> /m
Gesamtquerschnitt der Querstäbe pro m	a s, quer	1.88	cm <sup>2</sup> /m
Längstabdurchmesser, Innenbereich	d s, L1	0.60	cm
Längstabdurchmesser, Randbereich	d s, L2	0.60	cm
Querstabdurchmesser	d s, Q	0.60	cm
Abstand der Längsstäbe	a L	15.00	cm
Abstand der Querstäbe	a Q	15.00	cm
Mattenlänge	L	6.000	m
Mattenbreite	M	2.300	m
Gewicht je Matte	G <sub>Matte</sub>	0.04	kN/m <sup>3</sup>
Gewicht je m <sup>3</sup>	G	0.00	kN/m <sup>3</sup>
Überstände am Mattenrand, längs	p s, längs	7.50	cm
Überstände am Mattenrand, quer	p s, quer	2.50	cm

Bild 2.43: Dialog *Bewehrungsmatte aus Bibliothek hinzufügen*

Die Schaltflächen im Dialog *Bewehrungsmatte aus Bibliothek hinzufügen* sind wie folgt belegt:

	Anwenden der selektierten Matte für die Liste der verfügbaren Matten
	Neue Bewehrungsmatte erzeugen
	Benutzerdefinierte selektierte Matte bearbeiten
	Matten alphabetisch sortieren
	Selektierte benutzerdefinierte Matte löschen
	Benutzerdefinierte Datenbank exportieren
	Benutzerdefinierte Datenbank übernehmen

Tabelle 2.7: Schaltflächen im Dialog *Bewehrungsmatte aus Bibliothek hinzufügen*

Das *Lieferprogramm* ist diesem Dialog fest eingestellt; es entspricht dem ausgewählten Lieferprogramm. In den Abschnitten *Typ* und *Nummer* kann jeweils eine Matte selektiert werden. Daraufhin werde die *Bewehrungskennwerte* der Auswahl angezeigt.

Über die Schaltfläche kann die selektierte Matte in die Liste der vorhandenen Matten der Maske 1.3 aufgenommen werden.

### Bewehrungsmattenbibliothek

#### Bearbeiten

Die Schaltfläche neben der *Lieferprogramm*-Liste öffnet folgenden Dialog:

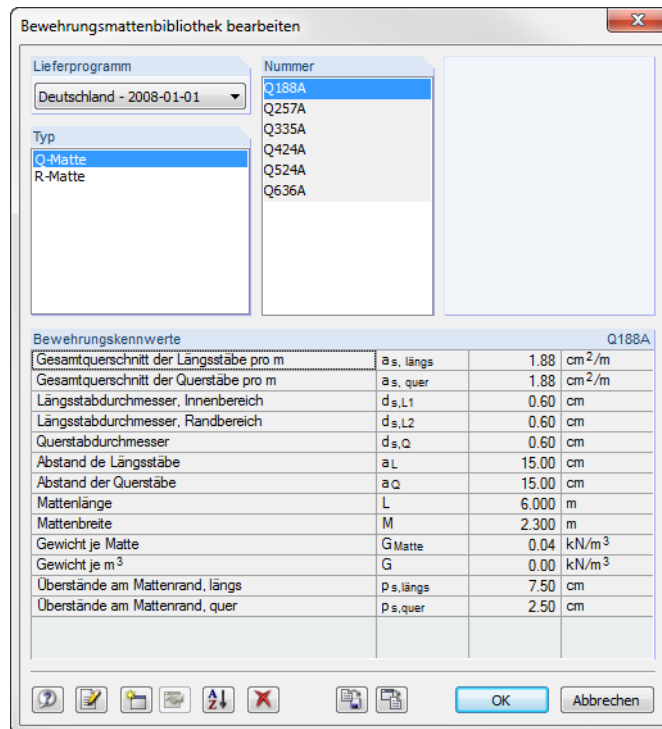


Bild 2.44: Dialog *Bewehrungsmattenbibliothek bearbeiten*

In diesem Dialog können die Inhalte der einzelnen Lieferprogramme bearbeitet sowie die vorhandenen Matten um benutzerdefinierte Matten erweitert werden.

Die Schaltflächen im unteren Bereich des Dialogs entsprechen denen des oben beschriebenen Dialogs *Bewehrungsmatte aus Bibliothek hinzufügen* (siehe [Tabelle 2.7](#)).



Über die Schaltfläche [Neue Bewehrungsmatte] öffnet sich folgender Dialog:

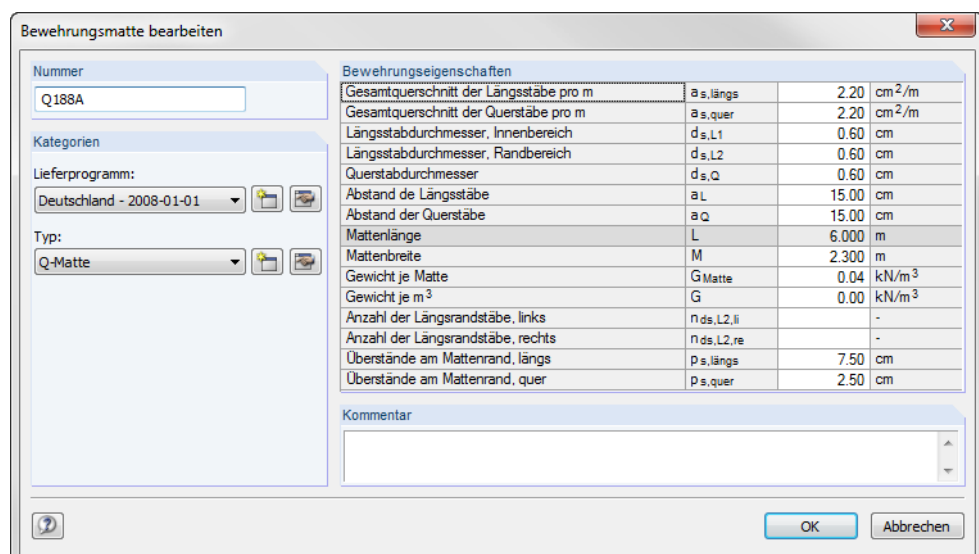


Bild 2.45: Dialog *Bewehrungsmatte bearbeiten*



In diesem Dialog können neue, benutzerdefinierte Matten angelegt werden, für die alle Parameter in der Tabelle *Bewehrungseigenschaften* frei eingegeben werden können.

Ferner kann mit der Schaltfläche auch ein eigenes Lieferprogramm mit einem benutzerdefinierten Mattentyp angelegt werden, um z. B. bestimmte Listenmatten für die Bemessung zu hinterlegen.

### Bewehrungsstäbe

Falls die ausgewählten Mattenquerschnitte bei der Bemessung der Fundamentplatte nicht ausreichen, müssen Zulagen in Form von Stabstahl eingelegt werden. Die möglichen Stabdurchmesser sind im Dialogabschnitt *Bewehrungsstäbe* anzugeben.

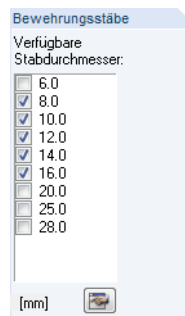


Bild 2.46: Auswahl der bemessungsrelevanten Bewehrungsstäbe

Über die Schaltfläche kann die Liste der verfügbaren Stabdurchmesser reduziert oder erweitert werden.

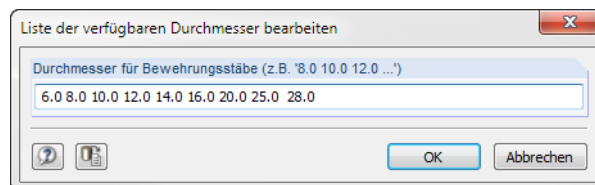


Bild 2.47: Dialog *Liste der verfügbaren Durchmesser bearbeiten*



**Unabhängig vom Fundamenttyp, der in der Maske 1.1 festgelegt wurde, muss für die Bemessung des Fundaments mindestens ein Stabstahlquerschnitt angegeben werden!**

Falls die erforderliche Bewehrungsquerschnittsfläche größer ist als mit den ausgewählten Durchmessern möglich, gibt das Programm eine entsprechende Fehlermeldung aus:

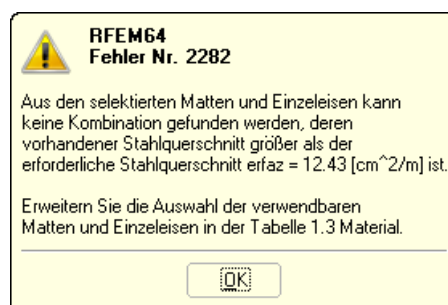
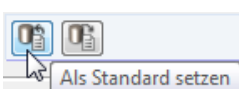


Bild 2.48: Fehlermeldung bei zu geringen Stahlquerschnittsflächen



Die aktuelle Matten- und Stabstahlkonfiguration lässt sich mit der Schaltfläche [Als Standard setzen] (am unteren Ende der Maske) als Voreinstellung für weitere Bemessungsfälle speichern. In diesen können sie dann mit der Schaltfläche als [Standard] eingelesen werden.

### 2.4 Belastung

Die Maske *1.4 Belastung* besteht aus mehreren Registern.

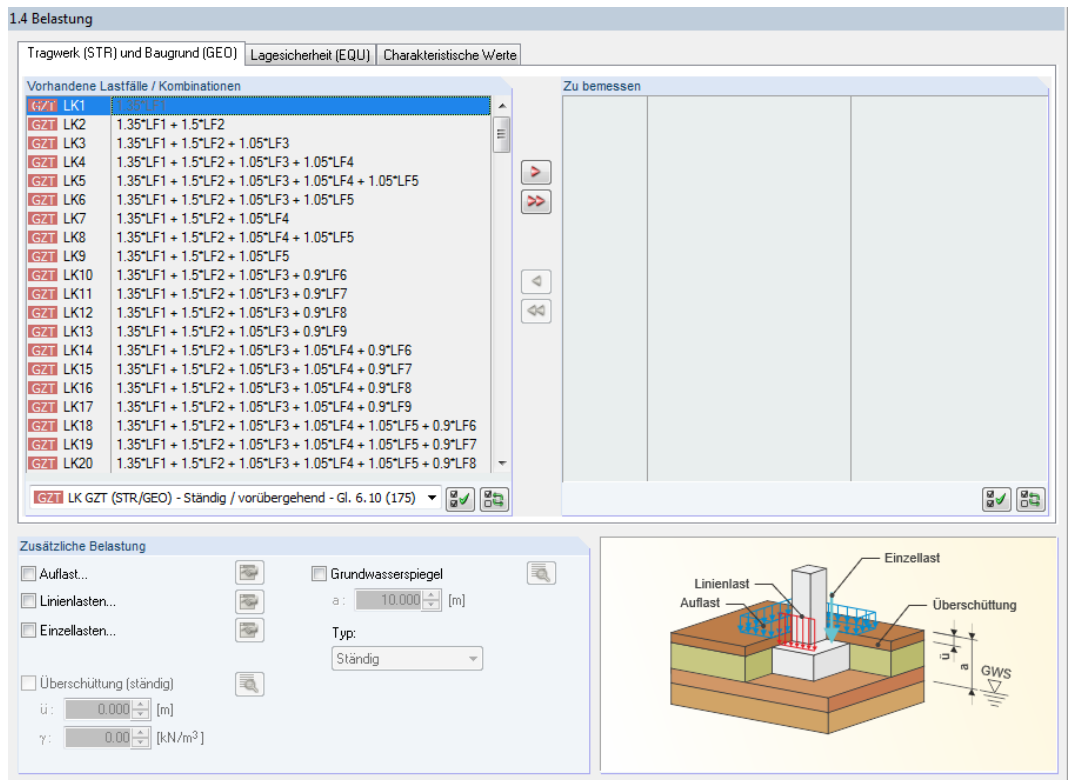


Bild 2.49: Maske *1.4 Belastung*, Register *Tragwerk (STR) und Baugrund (GEO)*

#### Vorhandene Lastfälle und Kombinationen

In dieser Spalte sind alle Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet, die in RFEM bzw. RSTAB angelegt wurden.

Mit der Schaltfläche lassen sich selektierte Einträge in die Liste *Zu Bemessen* nach rechts übertragen. Die Übergabe kann auch per Doppelklick erfolgen. Die Schaltfläche übergibt die komplette Liste nach rechts.

Die Mehrfachauswahl von Lastfällen ist – wie in Windows üblich – mit gedrückter [Strg]-Taste möglich. So lassen sich mehrere Lastfälle gleichzeitig übertragen.

Lastfälle ohne Lastdaten oder Imperfektionslastfälle sind rot gekennzeichnet. Sie können nicht bemessen werden. Bei der Übergabe erscheint eine entsprechende Warnung.

Details...

Je nach Vorgabe im Dialog *Details* (siehe [Bild 3.1, Seite 39](#)) werden einzelne Register ein- oder ausgeblendet. Das Register *Aufschwimmen (UPL)* entfällt beispielsweise, wenn der Nachweis nach EN 1997-1 Abs. 2.4.7.4 nicht aktiviert ist.

Die Lastfälle sind separat für jede Bemessungssituation bzw. jeden Nachweis festzulegen.



**Dies bedeutet: In jedem der aktiven Register**

- **Tragwerk (STR) und Baugrund (GEO)**
- **Aufschwimmen (UPL)**
- **Lagesicherheit (EQU)**
- **Charakteristische Werte**

**muss mindestens ein Lastfall oder eine Kombination zur Bemessung ausgewählt werden!**

Am Ende der Lastfall-Liste sind Filtermöglichkeiten verfügbar, die die Auswahl der bemessungsrelevanten Lastfälle und Kombinationen erleichtern. Über den Filter lassen sich z. B. nur Ergebniskombinationen anzeigen. Der Wert in Klammern gibt an, wie viele Einträge für das jeweilige Filterkriterium vorliegen.

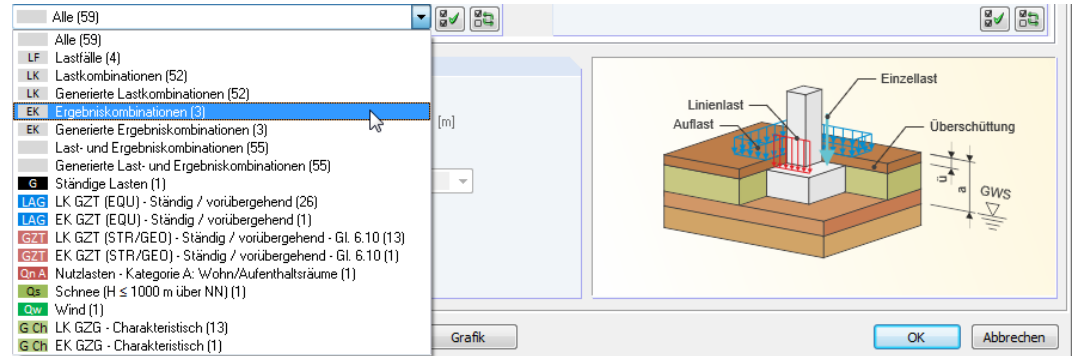


Bild 2.50: Filter zur Auswahl der Lastfälle und Kombinationen

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

	Alle Lastfälle in der Liste werden selektiert.
	Die Auswahl der Lastfälle wird umgekehrt.

Tabelle 2.8: Schaltflächen im Abschnitt *Vorhandene Lastfälle und Kombinationen*

## Zu bemessen

In der rechten Spalte werden die zur Bemessung gewählten Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen aufgelistet. Mit oder per Doppelklick lassen sich selektierte Einträge wieder aus der Liste entfernen. Die Schaltfläche leert die ganze Liste.

Zusätzlich ist anzugeben, welche Bemessungssituation für die nachzuweisenden Lastfälle und Kombinationen vorliegt. Die Zuweisung kann nach einem Klick in das Eingabefeld erfolgen.

Zu bemessen			
	LK1	1.35*LF1	Ständig und vorübergehend
	LK3	1.35*LF1 + LF6	Ständig und vorübergehend
	LK4	1.35*LF1 + 1.5*LF2	Ständig und vorübergehend
			Außergewöhnlich AU

Bild 2.51: Bemessungssituation zuweisen

Für die Nachweise des Tragwerks (STR) und des Baugrunds (GEO), des Aufschwimmens (UPL) und der Lagesicherheit (EQU) kann zwischen der Grundkombination *Ständig und vorübergehend GR* oder *Außergewöhnlich AU* ausgewählt werden. Diese beiden Optionen werden für die meisten Nationalen Anhänge in der Liste angezeigt.

Für den deutschen Nationalen Anhang enthält die Liste folgende Einträge:

- Ständig: BS-P
- Außergewöhnlich: BS-A
- Vorübergehend: BS-T

Ständig	BS-P
Außergewöhnlich	BS-A
Vorübergehend	BS-T

Ständige Einwirkung	G
Ständig + Veränderlich	G + Q

Im Register *Charakteristische Werte* ist es für den deutschen Nationalen Anhang möglich, ebenfalls eine Bemessungssituation zuzuweisen: Die für den Nachweis der Fundamentverdrehung ausgewählte Lastkonstellation kann nur ständige Lasten oder Lagerkräfte aus ständigen und veränderlichen Lasten enthalten. Hierfür muss natürlich im Dialog *Details* der Nachweis der Fundamentverdrehung nach EN 1997-1 A 6.6.5 aktiviert sein.

Nach EN 1997-1 A 6.6.5 werden für den Nachweis der 1. Kernweite die Einwirkungen aus ständigen Lasten herangezogen. Für den Nachweis der 2. Kernweite werden die Einwirkungen aus ständiger und veränderlicher Last verwendet.

### Zusätzliche Belastung

Im unteren Bereich der Maske können weitere Lasten für die Bemessung aktiviert werden. Die Grafik rechts stellt symbolhaft dar, wie die Zusatzlasten am Fundament wirken.

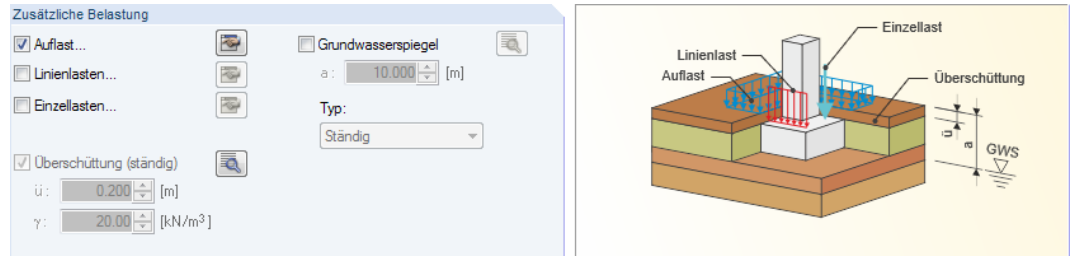


Bild 2.52: Abschnitt *Zusätzliche Belastung*

### Auflast



Beim Anhaken des Kontrollfeldes öffnet sich der Dialog *Auflast* zur Eingabe der Parameter.

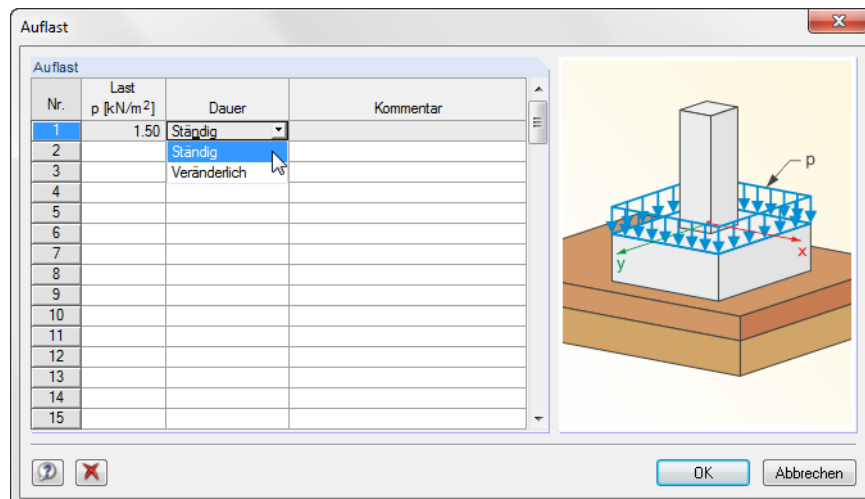


Bild 2.53: Dialog *Auflast*

Die Auflast wird konstant auf der gesamten Fläche des Fundaments als Flächenlast angesetzt, wobei die Querschnittsfläche der Stütze abgezogen wird. In der Spalte *Dauer* ist festzulegen, ob die zusätzliche Flächenlast *Ständig* oder *Veränderlich* wirkt.

Ein *Kommentar* zur Beschreibung der Zusatzlast erscheint auch im Ausdruckprotokoll.

### Linienlasten



Beim Anhaken des Kontrollfeldes öffnet sich der Dialog *Linienlasten* zur Eingabe der Parameter.

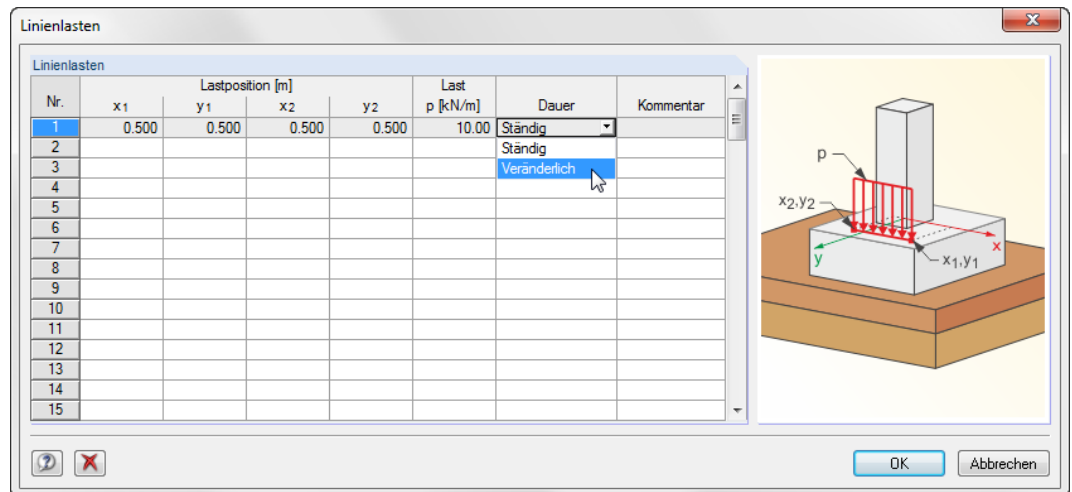


Bild 2.54: Dialog *Linienlasten*

Die *Lastposition* der Linienlast lässt sich über die Koordinaten ihres Anfangs und Endpunkts beschreiben. Die Angaben beziehen sich auf das Koordinatensystem des Lagers.

Die Linienlast kann nur als konstante Last definiert werden. In der Spalte *Dauer* ist festzulegen, ob die Last *Ständig* oder *Veränderlich* wirkt.

### Einzellasten



Beim Anhaken des Kontrollfeldes öffnet sich der Dialog *Einzellasten* zur Eingabe der Parameter.

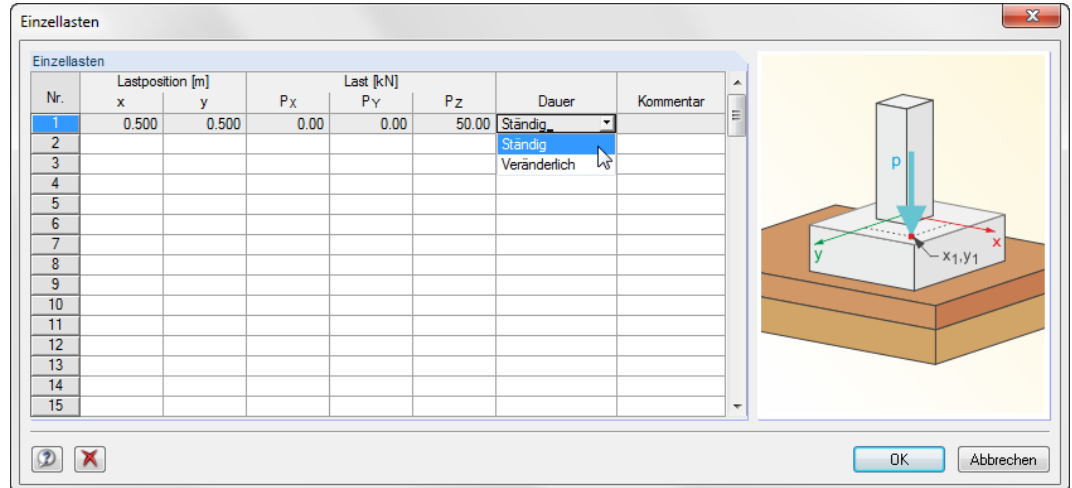


Bild 2.55: Dialog *Einzellasten*

Die *Lastposition* ist auf das Koordinatensystem des Lagers bezogen. In den Spalten  $P_x$ ,  $P_y$  und  $P_z$  können die Lastanteile eingegeben werden, die in X-, Y- und Z-Richtung vorliegen.

In der Spalte *Dauer* ist festzulegen, ob die Last *Ständig* oder *Veränderlich* wirkt.



### Grundwasserspiegel

Bei der Bemessung des Fundaments kann auch die Einwirkung von Grundwasser berücksichtigt werden. Wird in Maske 1.1 die zulässige Sohlspannung manuell vorgegeben und der Nachweis des Gleitens deaktiviert, so ist der Grundwasserspiegel direkt einzugeben (siehe Bild links). Das Maß  $a$  beschreibt dabei die Tiefe des Grundwasserspiegels, gemessen von der Oberkante der Überschüttung bis zum Grundwasserspiegel.

**Ist aufgrund der Art der Nachweisführung (keine Vorgabe der zulässigen Sohlspannung UND/ODER Gleitsicherheitsnachweis aktiviert) die Eingabe eines Bodenprofils erforderlich, so ist die Höhenlage des Grundwasserspiegels im Dialog *Bodenprofil* vorzugeben (siehe Kapitel 2.1.5 und Bild 2.16).**

In der *Typ*-Liste ist anzugeben, ob das Grundwasser *Ständig* oder *Veränderlich* wirkt.

### Überschüttung

Die Last infolge einer Überschüttung wird grundsätzlich als ständige Last angesetzt.

Ist das Kontrollfeld angehakt, kann die Höhe  $\ddot{u}$  der Überschüttung und die Wichte  $\gamma$  des Bodens angegeben werden. Für den Wert  $\ddot{u}$  gilt das Maß ab Oberkante der Fundamentplatte. Die Wichte ist mit  $20 \text{ kN/m}^3$  voreingestellt.

Wurde im Dialog *Auslegen-Parameter der Fundamentplatte* (siehe Bild 2.34) vorgegeben, dass die Höhe der Überschüttung zur Erfüllung der geotechnischen Nachweise vergrößert werden soll, kann die Überschüttung in Maske 1.4 nicht deaktiviert werden.



**Falls die Auslegung der Fundamentplattenabmessungen ergibt, dass die eingegebene Überschüttung für eine frostfreie Einbindetiefe nicht ausreichend ist, wird die Höhe der Überschüttung automatisch gemäß der Vorgabe im Dialog *Auslegen-Parameter* erhöht (siehe Bild 2.24).**

In Maske 1.4 ist der automatisch erhöhte Wert der Überschüttung nicht ersichtlich. Die tatsächliche angesetzte Überschüttungshöhe  $\ddot{u}$  wird stattdessen in der Ergebnismaske 2.1 *Geometrie* ausgewiesen.

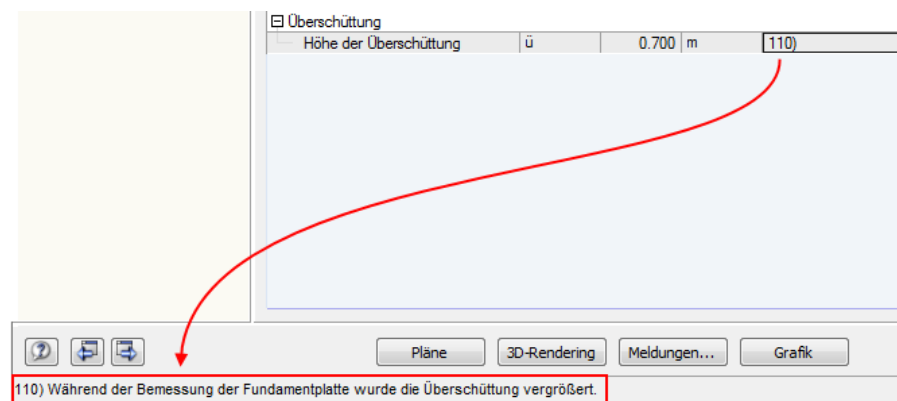


Bild 2.56: Hinweis auf automatisch erhöhte Überschüttung nach Berechnung

## Überschüttung mittels Bodenprofil definieren

Die Eingabefelder der *Überschüttung* sind deaktiviert, sobald ein Bodenprofil definiert wurde. Die Parameter der Überschüttung sind an das Bodenprofil gekoppelt.



Um die Höhe der Überschüttung anzupassen, ist mit der Schaltfläche [Bodenprofil bearbeiten] der Dialog *Bodenprofil* aufzurufen.

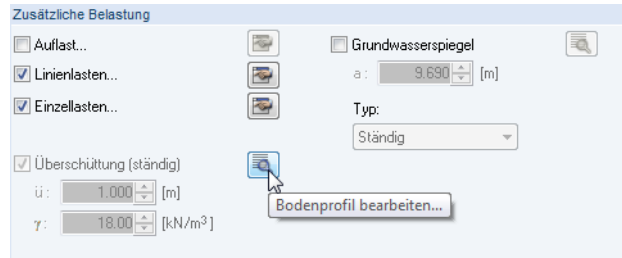


Bild 2.57: Aufruf des Dialogs *Bodenprofil*

Im Bild 2.13 auf Seite 13 ist die Überschüttung im Bodenprofil mit einer Höhe von 1,00 m definiert. Die im Bodenprofil definierte Bodenschicht oberhalb der Fundamentplattenoberkante wird in Maske 1.4 als *Überschüttung* angezeigt (es ist nicht erforderlich, die Schicht im Bodenprofil mit „Überschüttung“ zu kommentieren).



Bei der Definition des Bodenprofils ist es möglich, eine Überschüttung aus mehreren verschiedenen Bodenschichten zusammenzusetzen. Die Wichte  $\gamma$  wird hierbei anteilig zur jeweiligen Schichtdicke gemittelt und wie im Bild 2.57 gezeigt angegeben.

# 3 Berechnung

## 3.1 Detailsinstellungen

Details...

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

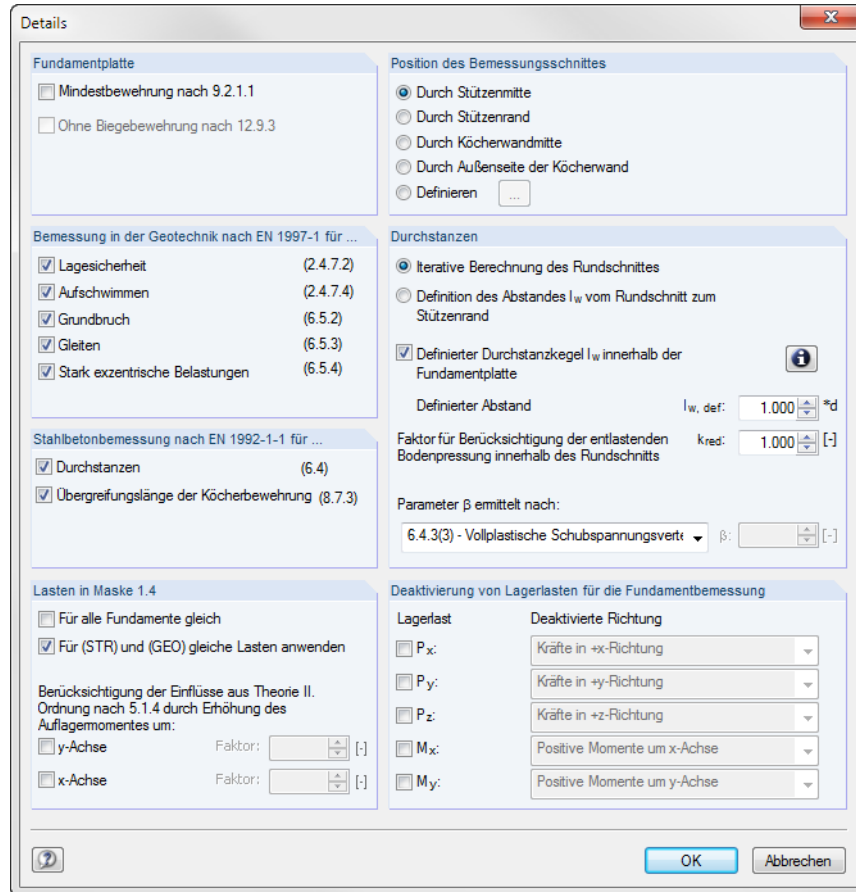


Bild 3.1: Dialog Details



Die **Details**-Einstellungen gelten nur für das aktuell im Modul-Navigator ausgewählte Fundament, nicht für den gesamten Bemessungsfall.

Damit ist es möglich, innerhalb eines Bemessungsfalls mit unterschiedlichen Einstellungen z. B. bezüglich des Bemessungsschnittes zu arbeiten.

### 3.1.1 Fundamentplatte

Für die Fundamentplatte kann eine *Mindestbewehrung nach 9.2.1.1* vorgegeben werden. In diesem Fall wird die erforderliche Mindestquerschnittsfläche der Längszugbewehrung gemäß [1] 9.2.1.1 bei der Bemessung berücksichtigt.

Die Option *Ohne Biegebewehrung nach 12.9.3* befindet sich in Vorbereitung. Sie wird es ermöglichen, das Fundament gemäß [1] 12.9.3 als unbewehrtes Einzelfundament nachzuweisen.



#### 3.1.2 Position des Bemessungsschnittes

In diesem Abschnitt ist die Lage des Schnittes anzugeben, für den die Biegebemessung der Fundamentplatte erfolgt. Diese Vorgabe gilt für die obere und für die untere Bewehrungslage der Fundamentplatte.

- Die Position des Bemessungsschnittes für die untere und obere Lage der Bewehrung lässt sich auch individuell *Definieren*: Mit dem Anklicken dieser Option öffnet sich ein Dialog, in dem die Lage des Bemessungsschnittes über die Abstände *Delta-x* und *Delta-y* beschrieben werden kann.

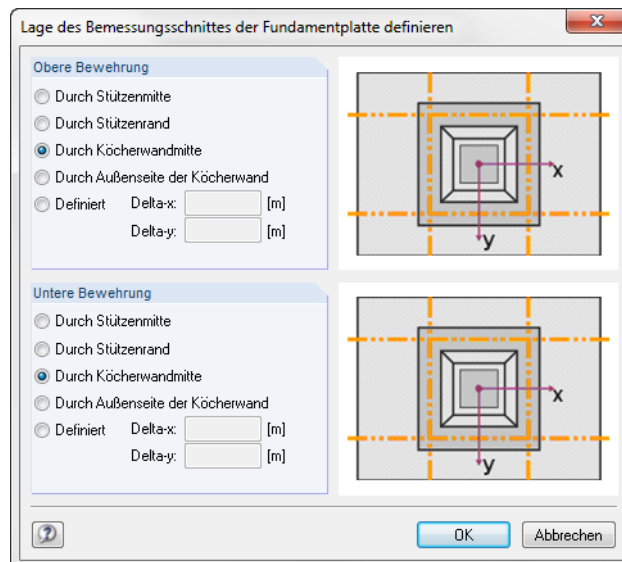


Bild 3.2: Dialog Lage des Bemessungsschnittes der Fundamentplatte definieren

#### 3.1.3 Bemessung in der Geotechnik nach EN 1997-1

Die Kontrollfelder dieses Abschnitts steuern, welche geotechnische Nachweise in die Bemessung einfließen.



**Es muss mindestens ein geotechnischer Nachweis für die Bemessung ausgewählt sein!**

Diese Vorgaben wirken sich auch auf die Lastfälle aus, die in Maske 1.4 für die Bemessung ausgewählt werden müssen. So entfällt z. B. das Register *Aufschwimmen (UPL)* in Maske 1.4, wenn der Nachweis gegen Aufschwimmen gemäß [2] 2.4.7.4 deaktiviert wurde.

#### Lagesicherheit (EQU)

Der Nachweis des Grenzzustandes der Lagesicherheit oder der Gesamtverschiebung des Tragwerks oder des Baugrundes ist nach [2] 2.4.7.2 wie folgt:

$$E_{dst,d} \leq E_{stb,d} + T_d \quad (3.1)$$

In RF-/FUND Pro wird dieser Nachweis wie folgt realisiert:

$$M_{dst,i} \leq M_{stb,i} \quad (3.2)$$

Das Moment *M* stellt dabei das an einer Kante *i* resultierende destabilisierende oder stabilisierende Moment dar.

Die Einwirkungen, die die Momente erzeugen, sind mit dem zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F$  aus [2] A.2 abzumindern (stabilisierend) oder zu erhöhen (destabilisierend).

Bemessung in der Geotechnik nach EN 1997-1 für...	
<input checked="" type="checkbox"/> Lagesicherheit	(2.4.7.2)
<input checked="" type="checkbox"/> Aufschwimmen	(2.4.7.4)
<input checked="" type="checkbox"/> Grundbruch	(6.5.2)
<input checked="" type="checkbox"/> Gleiten	(6.5.3)
<input checked="" type="checkbox"/> Stark exzentrische Belastungen	(6.5.4)
<input checked="" type="checkbox"/> Fundamentverdrehung	(A 6.6.5)

## Aufschwimmen (UPL)

Der Nachweis gegen Aufschwimmen muss nach [2] 2.4.7.4 so geführt werden, dass der Bemessungswert der Kombination von destabilisierenden ständigen und veränderlichen vertikalen Einwirkungen  $V_{dst,d}$  kleiner oder gleich der Summe des Bemessungswerts der stabilisierenden ständigen vertikalen Einwirkungen  $G_{stb,d}$  und des Bemessungswerts eines eventuell vorhandenen zusätzlichen Widerstands  $R_d$  gegen Aufschwimmen ist.

$$V_{dst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad (3.3)$$

mit

$$V_{dst,d} = |G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,k} \cdot \gamma_{Q,dst}|$$

$$G_{stb,d} = G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

Der zusätzliche Widerstand  $R_d$  infolge einer eventuell einwirkenden stabilisierenden Scherkraft kann, muss aber bei diesem Nachweis nicht berücksichtigt werden. In RF-/FUND Pro wird dieser Widerstand nicht berücksichtigt.

Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma$  sind [2] A.4 zu entnehmen.

## Grundbruch

Der Nachweis des Grundbruchwiderstands gehört zum Grenzzustand STR / GEO-2 nach [2]. Bei diesem Nachweis findet ein Vergleich zwischen den Einwirkungen normal zur Gründungssohle und den Bemessungswerten der Widerstände statt.

$$V_d' \leq R_d \quad (3.4)$$

Es kommt ein rechnerisches Verfahren gemäß [2] 6.5.2(2) zum Einsatz. In [2] Anhang D findet sich ein informatives Beispiel für eine analytische Ermittlung des Grundbruchwiderstands.

Die Einwirkungen und die Widerstände sind mit den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma$  gemäß [2] A.3 abzumindern.

### Wirksame Fläche bei ausmittiger Belastung

Beim Grundbruchnachweis wird nur ein Teil der tatsächlich vorhandenen Sohlfläche berücksichtigt – der Teil, in dem die resultierende Normalkraft in der Mitte angreift.

Die wirksame Fläche  $A'$  wird zu Beginn des Nachweises rechnerisch bestimmt.

$$A' = B' \cdot L' \quad (3.5)$$

mit  $B' \leq L'$

$$B' = B - 2e_b \quad e_b \text{ ist zu Seite B gehörige wirksame Lastausmitte}$$

$$L' = L - 2e_l \quad e_l \text{ ist zu Seite L gehörige wirksame Lastausmitte}$$

## Gleiten

Nach [2] Abschnitt 6.5.3, muss ein Versagen durch Gleiten in der Sohlfläche nachgewiesen werden, wenn der Lastvektor nicht normal zu dieser Fläche steht.

Eine Gefahr des Gleitens besteht, wenn der Bemessungswert der parallel zu dieser Fläche resultierenden Kraft  $H_d$  in Richtung der Verschiebung größer ist als die Summe der Bemessungswerte von Widerstand gegen Gleiten  $R_{s,d}$  und Erdwiderstand  $R_{p,d}$ .

Es muss daher nachgewiesen werden, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$H_d \leq R_{s,d} + R_{p,d} \quad (3.6)$$

Die Widerstände sind mit den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma$  gemäß [2] A3.3.1 abzumindern.

### Widerstand gegen Gleiten im drainierten/konsolidierten Zustand

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_{R,h}} \quad (3.7)$$

$$R_{s,k} = V_d' \cdot \tan(\delta_{s,d}) \quad (3.8)$$

Für den Bemessungswert des Sohlreibungswinkels nach [2] 6.5.3(10)P kann bei Ortbetonfundamenten der Bemessungswert des kritischen Reibungswinkels  $\varphi_d$  angesetzt werden. Der kritische Reibungswinkel ist mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma$  gemäß [2] A.3.2 abzumindern.

$$\delta_{s,d} = \varphi_d = \frac{\varphi_k'}{\gamma_{\varphi'}} \quad (3.9)$$

Nach [2] /NA:2010-12 muss  $\delta_{s,k} \leq 35^\circ$  sein.

#### Widerstand gegen Gleiten im undrainierten/unkonsolidierten Zustand

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_{R,h}} \quad (3.10)$$

$$R_{s,k} = A' \cdot \frac{c_{uk}}{\gamma_{cu}} \quad (3.11)$$

#### Erdwiderstand

$$R_{p,d} = \frac{R_{p,k}}{\gamma_{R,v}} \quad (3.12)$$

$$R_{p,x,k} = 0,5 (\sigma_{p,o} + \sigma_{p,u}) \cdot d \cdot x \quad (3.13)$$

$$R_{p,y,k} = 0,5 (\sigma_{p,o} + \sigma_{p,u}) \cdot d \cdot y \quad (3.14)$$

$$R_{p,o} = c_d' \cdot K_{pch} + K_{agh} \cdot (p_{d,perm} + p_{d,var} + \gamma_{ü,d} \cdot \ddot{u}) \quad (3.15)$$

$$R_{p,u} = c_d' \cdot K_{pch} + K_{pgh} \cdot (\gamma_{1,d} + p_{d,perm} + p_{d,var} + \gamma_{ü,d} \cdot \ddot{u}) \quad (3.16)$$

$$p_{d,perm} = p_{k,perm} \cdot \gamma_Q \quad (3.17)$$

$$p_{d,var} = p_{k,var} \cdot \gamma_G \quad (3.18)$$

Falls  $\alpha = \beta = \gamma = 0$ , kann der passive Erddruck infolge Kohäsion wie folgt angenommen werden:

$$K_{pch} = 2 \cdot \sqrt{K_{pgh}} \quad (3.19)$$

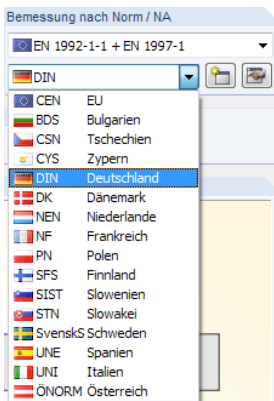
Für [2] /NA:2010-12 sollte nach 6.5.3 (16)  $\delta = 0$  sein. Deshalb wird die obige Formel immer für die Bemessung nach dem deutschen Nationalen Anhang verwendet.

#### Stark exzentrische Belastungen

Gemäß [2] 6.5.4 müssen keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden, wenn allgemein für eine rechteckige Sohlfläche gilt:

$$e_x \leq e_{zul} = \frac{1}{3} \cdot b_x \quad (3.20)$$

$$e_y \leq e_{zul} = \frac{1}{3} \cdot b_y \quad (3.21)$$



#### Fundamentverdrehung (nur für DIN EN 1997-1)

Bei der Bemessung nach deutschem Nationalen Anhang lautet die Überschrift **BS-P / BS-T für die ständige Bemessungssituation und BS-A für die außergewöhnliche Bemessungssituation**.

Der Nachweis der Fundamentverdrehung gemäß [2] A 6.6.5 überprüft, ob eine klaffende Fuge infolge ständiger Einwirkungen und ungünstigster Lastkombination über den Schwerpunkt der Sohlfläche hinaus auftritt.

### Ständige Einwirkungen

Die resultierende charakteristische Beanspruchung  $V_k$  in der Sohlfläche soll innerhalb der ersten Kernfläche liegen. Es werden nur Einwirkungen und keine Widerstände berücksichtigt.

### Ungünstigste Kombination aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen

Die resultierende charakteristische Beanspruchung  $V_k$  soll nicht außerhalb der zweiten Kernfläche liegen. Auch hier werden nur Einwirkungen berücksichtigt.

Nachweis, dass sich  $V_k$  innerhalb der ersten Kernfläche befindet:

$$\frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6} \quad (3.22)$$

Nachweis, dass  $V_k$  nicht außerhalb der zweiten Kernfläche liegt:

$$\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2 \leq \frac{1}{9} \quad (3.23)$$

## 3.1.4 Stahlbetonbemessung nach EN 1992-1-1

In diesem Abschnitt besteht die Möglichkeit, das *Durchstanzen* bei der Stahlbemessung zu deaktivieren. Die Auswahlfelder rechts im Abschnitt *Durchstanzen* sind dann unzugänglich.

Die Überprüfung der *Übergreifungslänge der Köcherbewehrung* gemäß [1] 8.7.3 steht nur für Köcher- und Blockfundamente mit rauen Köcher- bzw. Wandinnenseiten zur Verfügung.

## 3.1.5 Durchstanzen

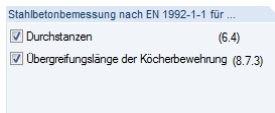
Dieser Abschnitt verwaltet die Parameter, die für die Durchstanznachweise relevant sind.

Bild 3.3: Abschnitt *Durchstanzen*

Der kritische Rundschnitt kann durch eine *Iterative Berechnung* ermittelt oder über eine manuelle *Definition des Abstandes  $l_w$*  vorgegeben werden.

Das Kontrollfeld *Definierter Durchstanzkegel  $l_w$  innerhalb der Fundamentplatte* mitsamt Eingabefeld  $l_{w,def}$  ist auch dann zugänglich, wenn der Durchstanznachweis im Abschnitt *Stahlbetonbemessung* deaktiviert wurde. Das Häkchen steuert die Lage des Durchstanzkegels bezüglich der Fundamentplatte. Liegt der Durchstanzkegel außerhalb der Platte, werden die Platten-Mindestabmessungen beim Auslegen mit dem Durchstanzkegel abgeglichen.

Über die Schaltfläche ist eine Grafik mit den Fundamentparametern zugänglich.



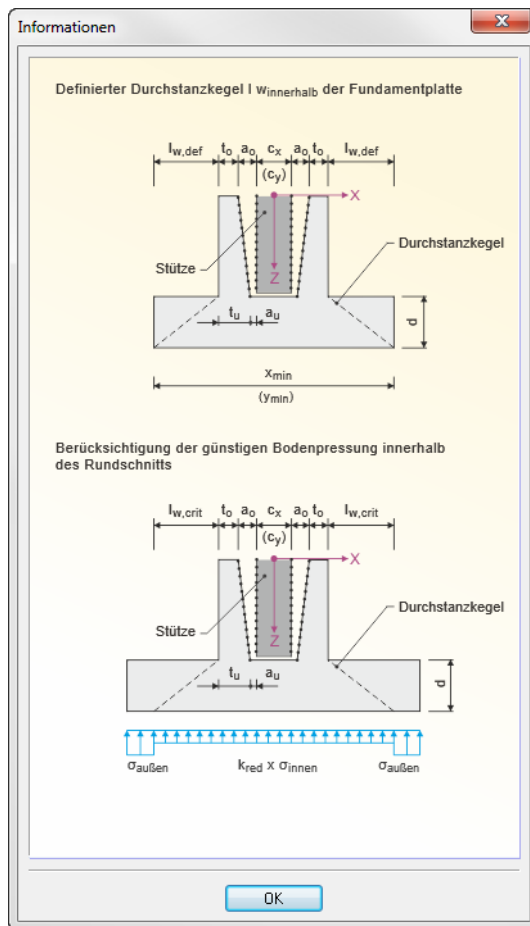


Bild 3.4: Dialog *Informationen* für raues Köcherfundament

Dieser Abschnitt bietet auch die Möglichkeit, den Anteil der günstig wirkenden Bodenpressungen beim Durchstanznachweis über einen *Faktor für Berücksichtigung der entlastenden Bodenpressung innerhalb des Rundschnitts* anzupassen.



Nach [1] 6.4.4 darf die Summe der Bodenpressungen innerhalb des Durchstanzkegels zu 100 % entlastend angesetzt werden, wenn der kritische Rundschnitt beim Durchstanznachweis der Fundamentplatte iterativ bestimmt wurde. Wird zur Vereinfachung der Berechnung der konstante Rundschnitt im Abstand von  $1,0 d$  angenommen, dürfen 50 % der Summe der Bodenpressungen innerhalb des konstanten Rundschnitts entlastend angenommen werden.

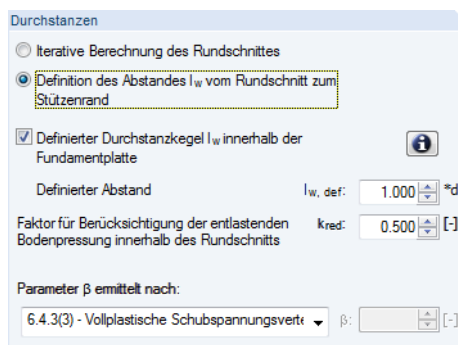
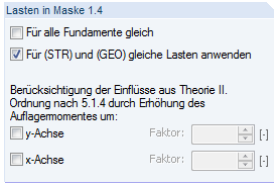


Bild 3.5: Faktor  $k_{red}$  in Abhängigkeit von definiertem Abstand

- 6.4.3(3) - Vollplastische Schubspannungsvertr...
- 6.4.3(3) - Vollplastische Schubspannungsverteilung
- 6.4.3(6) - Konstante Faktoren nach Bild 6.21N
- Benutzerdefinierter Wert

Die Liste ermöglicht es, den *Parameter  $\beta$*  nach verschiedenen Möglichkeiten zu ermitteln. Der Lasterhöhungsfaktor kann unter Annahme einer vollplastischen Schubspannungsverteilung gemäß [1] 6.4.3(3) oder aus konstanten Faktoren nach [1] 6.4.3 (6) bestimmt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, den Wert benutzerdefiniert im Eingabefeld  $\beta$  einzutragen.

#### 3.1.6 Lasten in Maske 1.4



Das Kontrollfeld *Für alle Fundamente gleich* steuert, ob die Belastung des ersten Fundaments auch für alle weiteren, neu hinzugefügten Fundamente angesetzt wird. Diese Option ist standardmäßig nicht aktiv, sodass jedes Fundament mit eigenen Belastungen bemessen wird.

Wird die Standard-Option *Für (STR) und (GEO) gleiche Lasten anwenden* deaktiviert, so können in Maske 1.4 Belastung die Lastfälle getrennt für die Stahlbetonbemessung und für die geotechnischen Nachweise eingegeben werden.



Bild 3.6: Maske 1.4 Belastung mit getrennter Eingabe für *Tragwerk (STR)* und *Baugrund (GEO)*

Dieser Abschnitt ermöglicht auch die *Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung nach 5.1.4 durch Erhöhung des Auflagermoments*. Dies kann z. B. für das Fundament einer Stahlbetonkragstütze zutreffen, die nach dem Modellstützenverfahren nach Theorie I. Ordnung bemessen wurde.

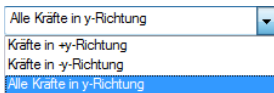
Sind die Kontrollfelder angehakt, können Faktoren für die y- und x-Achse festgelegt werden, mit denen das Einspannmoment beaufschlagt werden soll. Damit kann der Einfluss aus Theorie II. Ordnung berücksichtigt werden.

#### 3.1.7 Deaktivierung von Lagerlasten für die Bemessung

Anhand der Kontrollfelder dieses Abschnitts lassen sich bestimmte Lagerlasten für die Bemessung unterdrücken. Es sind separate Vorgaben für die Lagerlasten  $P_x$ ,  $P_y$  und  $P_z$  und die Lagermomente  $M_x$  und  $M_y$  möglich. Die Einstellungen gelten nur für den aktuellen Bemessungsfall.



Bild 3.7: Abschnitt *Deaktivierung von Lagerlasten für die Fundamentbemessung*



Nach dem Anhaken eines *Lagerlast*-Typs kann in der Liste ausgewählt werden, welche Kräfte bzw. Momente ignoriert werden sollen (in positive bzw. negative Richtung, alle).

Falls Komponenten der Lagerlast für die Bemessung unterdrückt sind, so wird dies nach der Berechnung in den Ergebnistabellen dokumentiert.

### 3.2 Mindestabmessungen

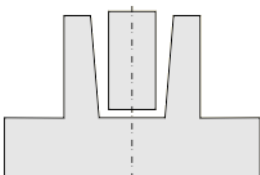
#### Köcherfundament mit glatten Köcherinnenseiten

##### Mindestabmessungen

Mindestseitenlängen aus Stützenabmessungen:

$$x = c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox}) + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy}) + 2 \cdot |e_y|$$



Mindestseitenlängen für kritischen Rundschnitt innerhalb Fundamentplatte:

$$x = \max \begin{cases} c_x + 2 \cdot (l_{sw}) + 2 \cdot |e_x| \\ c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox}) + 2 \cdot |e_x| \end{cases}$$

$$y = \max \begin{cases} c_y + 2 \cdot (l_{sw}) + 2 \cdot |e_y| \\ c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy}) + 2 \cdot |e_y| \end{cases}$$

mit  $l_{sw}$  Abstand zwischen Durchstanzkegel und Stützenrand

### Mindesteinbindetiefe der Stütze

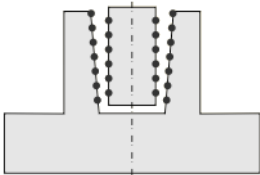
Mindesteinbautiefe  $\min t$  nach [1] 10.9.6.3:

$$\min t = 1,2 \cdot c$$

Empfohlene Mindesteinbindetiefe nach [1] /NA:2011-01:

$$\min t_1 = 1,5 \cdot c$$

## Köcherfundament mit rauen Köcherinnenseiten



### Mindestabmessungen

Mindestseitenlängen aus Stützenabmessungen:

$$x = c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox}) + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy}) + 2 \cdot |e_y|$$

Mindestseitenlängen für kritischen Rundschnitt innerhalb Fundamentplatte:

$$x = c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox}) + 2 \cdot (l_{sw}) + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy}) + 2 \cdot (l_{sw}) + 2 \cdot |e_y|$$

mit  $l_{sw}$  Abstand zwischen Durchstanzkegel und Stützenrand

### Mindesteinbindetiefe der Stütze

Die Mindeleinbautiefe wird nach [4] Kapitel 16.3.3.1 berechnet.

$$e = \left| \frac{M}{P_z \cdot c} \right|$$

Variable	Bezeichnung
e	Bezogene Lastausmitte
M	Einspannmoment der Stütze an der Oberseite des Köchers
$P_z$	Normalkraft der Stütze
c	Stützenabmessung

Tabelle 3.1: Variablen zur Berechnung der Mindesteinbindetiefe

$e \leq 0,15$  :

$$\min t_1 = 1,2 \cdot c$$

$0,15 < e < 2,00$  :

$$\min t_1 = \left( 1,2 + \frac{2,0 - 1,2}{2,0 - 0,15} \cdot (e - 0,15) \right) \cdot c$$

$e \geq 2,00$  :

$$\min t_1 = 2,0 \cdot c$$



Wird bei der Eingabe in Maske 1.2 *Geometrie* ein Mindestwert unterschritten (siehe Bild 2.35, Seite 25), so ersetzt das Programm diesen Wert automatisch durch den Mindestwert. Bei einer Vergrößerung der Fundamentplattendicke werden die Mindestseitenlängen automatisch neu berechnet.

## Fundamentplatte

Für die Mindestabmessungen gelten in Abhängigkeit von der gewählten Plattendicke  $d$  und vorgegebenen Lage des kritischen Rundschnitts (siehe Dialog *Details*) folgende Bedingungen.

$$d_{\min} = 20 \text{ cm}$$

Mindestseitenlängen aus Stützenabmessungen:

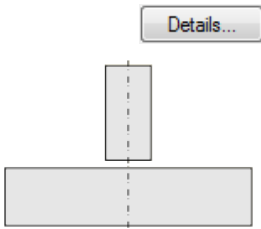
$$x = c_x + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot |e_y|$$

Mindestseitenlängen für kritischen Rundschnitt innerhalb Fundamentplatte:

$$x = c_x + 2 \cdot l_{sw} + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot l_{sw} + 2 \cdot |e_y|$$



Variable	Bezeichnung
$c_x$	Stützenabmessung in x-Richtung
$c_y$	Stützenabmessung in y-Richtung
$x$	Fundamentplattenabmessung in x-Richtung
$y$	Fundamentplattenabmessung in y-Richtung
$d$	Fundamentplattendicke
$e$	Exzentrizität der Stütze
$l_{sw}$	Abstand zwischen Durchstanzkegel und Stützenrand

Tabelle 3.2: Variablen der Fundamentgeometrie

## Blockfundament mit rauen Köcherinnenseiten

### Mindestabmessungen

Für das Blockfundament gelten die gleichen Mindestdicken  $d_{\min}$  und Mindestseitenlängen wie für die Fundamentplatte (siehe oben).

$$d_{\min} = 20 \text{ cm}$$

Mindestseitenlängen aus Stützenabmessungen:

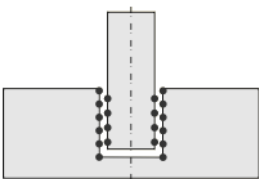
$$x = c_x + 2 \cdot a_{ox} + 2 \cdot |e_x| + 20 \text{ cm}$$

$$y = c_y + 2 \cdot a_{oy} + 2 \cdot |e_y| + 20 \text{ cm}$$

### Mindesteinbindetiefe der Stütze

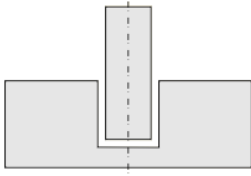
Mindesteinbindetiefe nach [5] 2.6.4:

$$t = 1,5 \cdot c$$





## Blockfundament mit glatten Köcherinnenseiten



### Mindestabmessungen

Mindestplattendicke:

$$d_{\min} = h + \max(15 \text{ cm}; 10 \text{ cm} + c_{\text{nom,oben}} + c_{\text{nom,unten}})$$

Mindestseitenlängen aus Stützenabmessungen:

$$x = c_x + 2 \cdot a_{\text{ox}} + 2 \cdot |e_x| + 50 \text{ cm}$$

$$y = c_y + 2 \cdot a_{\text{oy}} + 2 \cdot |e_y| + 50 \text{ cm}$$

Die Vergrößerung der Fundamentplatte um 50 cm (jeweils 25 cm auf beiden Seiten der Stütze) wird angesetzt, um ausreichend Raum für die vertikalen Bügel  $V_x$  und  $V_y$  vorzuhalten.

Mindestseitenlängen für kritischen Rundschnitt innerhalb der Fundamentplatte:

$$x = c_x + 2 \cdot l_{\text{sw}} + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = c_y + 2 \cdot l_{\text{sw}} + 2 \cdot |e_y|$$

Variable	Bezeichnung
$h$	Fundamentplattendicke
$c_{\text{nom}}$	Betondeckung
$c_x/c_y$	Stützenabmessung in x- bzw. y-Richtung
$a_o/a_u$	oberes bzw. unteres StützenSpiel
$e_x/e_y$	Exzentrizität in x- bzw. y-Richtung
$l_{\text{sw}}$	Abstand zwischen Durchstanzkegel und Stützenrand

Tabelle 3.3: Variablen zur Ermittlung der Mindestabmessungen

### Mindesteinbindetiefe der Stütze

Wie beim Köcherfundament mit glatten Köcherinnenseiten (siehe oben) ist die Mindesteinbindetiefe  $\min t$  nach [1] 10.9.6.3:

$$\min t = 1,2 \max(c_x; c_y)$$

Empfohlene Mindesteinbindetiefe nach [1] /NA:2011-01:

$$\min t_1 = 1,5 \max(c_x; c_y)$$

Bei der Bemessung nach dem deutschen Nationalen Anhang wird der Mindestwert entsprechend berücksichtigt.

## 3.3 Start der Berechnung

Berechnung

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

RF-/FUND Pro sucht nach den Ergebnissen der zu bemessenden Lastfälle, Last- und Ergebniskombinationen. Werden diese nicht gefunden, startet zunächst die RFEM- bzw. RSTAB-Berechnung zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen.

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

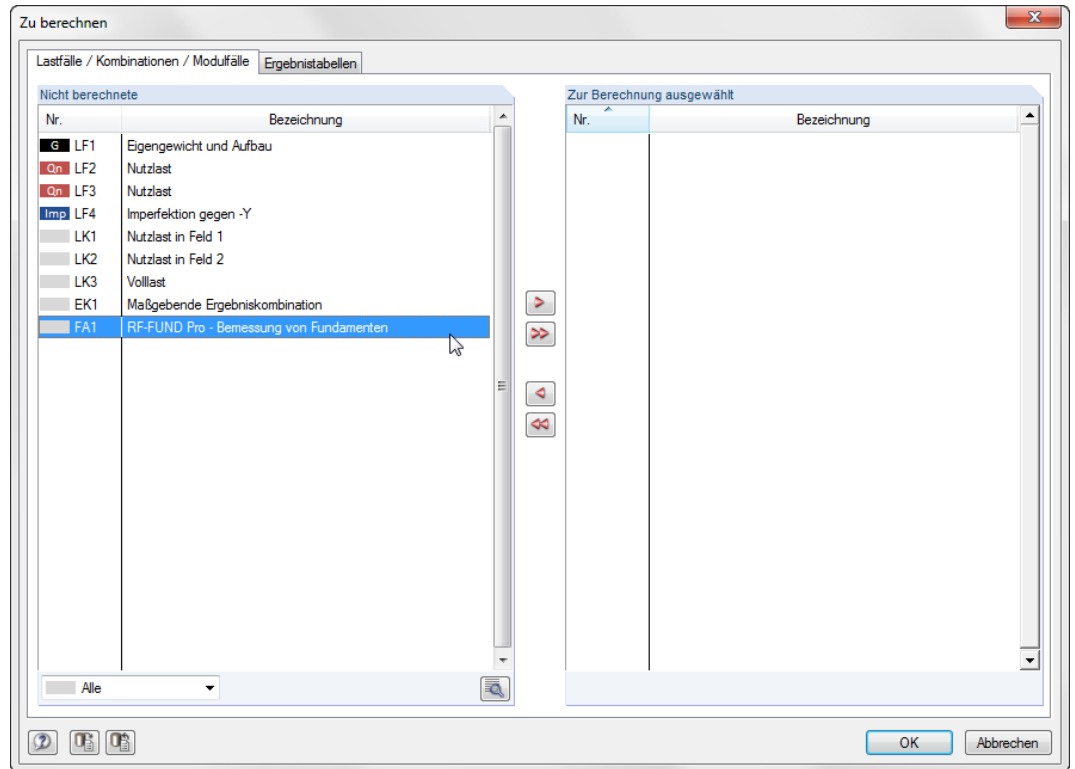
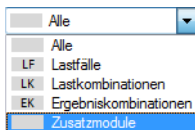


Bild 3.8: Dialog *Zu berechnen* in RFEM/RSTAB



Falls die RF-/FUND Pro-Fälle in der Liste *Nicht berechnete* fehlen, ist die Selektion am Ende der Liste auf *Alle* oder *Zusatzmodule* zu ändern.

Mit der Schaltfläche werden die selektierten RF-/FUND Pro-Fälle in die rechte Liste übergeben. [OK] startet dann die Berechnung.



Ein Bemessungsfall kann auch über die Liste der Symbolleiste direkt berechnet werden: Stellen Sie den RF-/FUND Pro-Fall ein und klicken dann die Schaltfläche [Ergebnisse anzeigen] an.



Bild 3.9: Direkte Berechnung eines RF-FUND Pro-Bemessungsfalls in RFEM

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

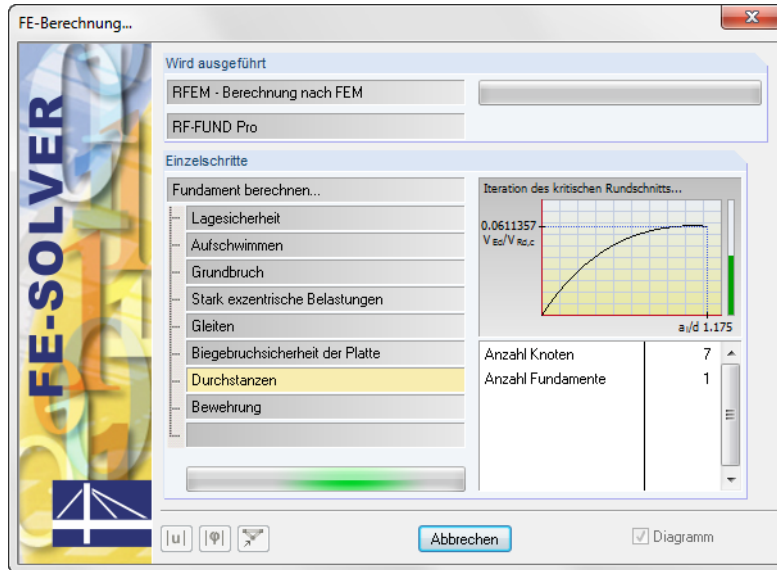


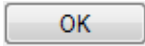
Bild 3.10: RF-FUND Pro Berechnung

# 4 Ergebnisse

Unmittelbar nach der Berechnung erscheint die Maske *2.1 Geometrie*.



Der Navigator zeigt weitere Ergebnismasken an, in denen die maßgebenden Nachweise und die Bewehrungen angegeben sind. Die Masken lassen sich durch Anklicken der Einträge ansteuern. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] und [F3] möglich.



[OK] sichert die Ergebnisse. RF-/FUND Pro wird beendet und es erfolgt die Rückkehr in das Hauptprogramm.

Das [Kapitel 4](#) stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor. Die Auswertung und Überprüfung der Ergebnisse ist im [Kapitel 5](#) ab [Seite 63](#) beschrieben.

## 4.1 Geometrie

In Maske 2.1 werden sämtliche Abmessungen ausgegeben, die sich während des Auslegungsprozesses für die Fundamentplatte und ggf. den Köcher ergeben haben.

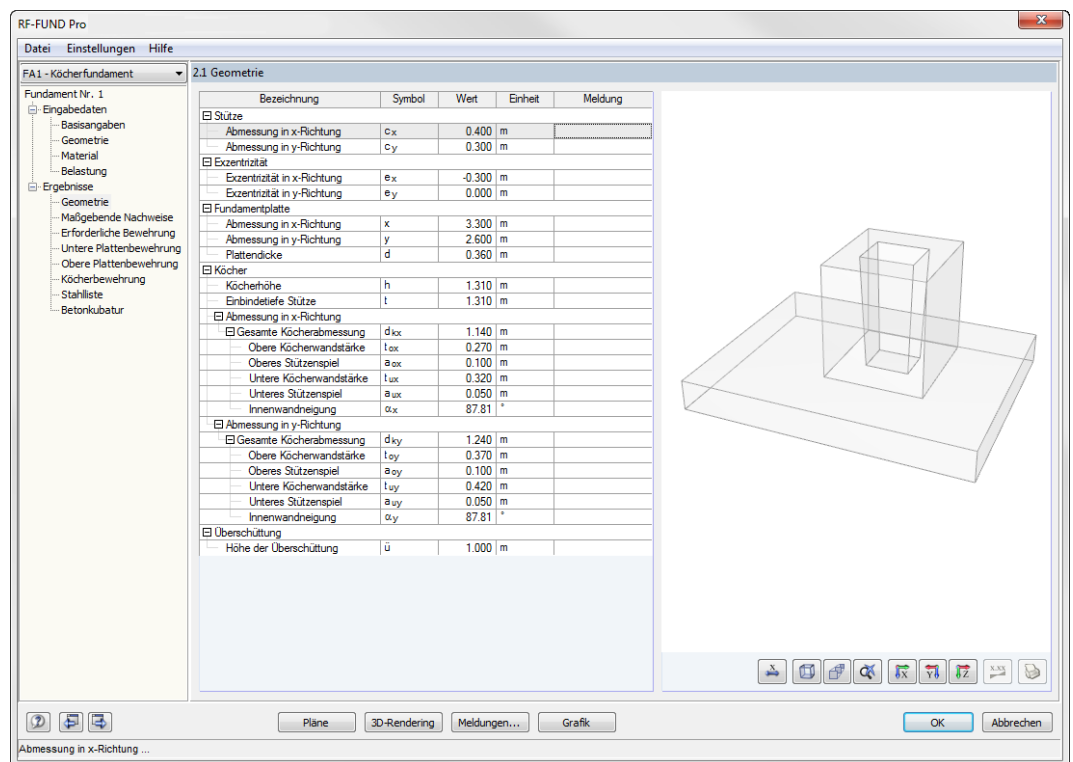


Bild 4.1: Maske 2.1 Geometrie

Die Listeneinträge lassen sich, wie in Windows üblich, mit [+] aufklappen und mit [-] reduzieren. Der Umfang der Ausgabe hängt vom Typ des Fundaments ab: Bei einer Fundamentplatte gibt es zwangsläufig keine Köcherabmessungen.



Rechts in der Maske wird das Fundament grafisch dargestellt. In diesem Grafikbereich können die aus RFEM bzw. RSTAB bekannten Mausfunktionen benutzt werden, um die Ansicht zu zoomen, zu verschieben oder zu drehen. Die Schaltflächen sind im [Kapitel 5.1](#) auf [Seite 63](#) erläutert.

## 4.2 Maßgebende Nachweise

Der obere Teil der Maske bietet eine nach Nachweiskriterien geordnete Zusammenfassung der maßgebenden Nachweise.

Der untere Teil enthält detaillierte Angaben zu dem Nachweis, der im oberen Teil markiert ist.

2.2 Maßgebende Nachweise

Nachweisart	Maßgebender		Nachweis Kriterium	Kommentar zur Nachweisart
	Knoten	LF		
Lagesicherheit (EC 7, 2.4.7.2)	1	LF2	0.478	
Aufschwimmen (EC 7, 2.4.7.4)	1	LF1	0.000	
Grundbruch (EC 7, 6.5.2)	1	LF3	0.428	
Stark exzentrische Belastungen (EC 7, 6.5.4)	1	LF5	0.448	
Gleiten (EC 7, 6.5.3)	1	LF1	0.244	
Biegebruchsicherheit Platte (EC 2, 6.1)	1	LF1	0.883	
Durchstanzen (EC 2, 6.4)	1	LF3	0.921	
Mindesteinbindetiefe der Stütze	1	LF1	0.611	
Biegebruchsicherheit Köcherwand	1	LF2	0.789	
Betonspannungen in den Köcherwänden (EC 2,	1	LF2	0.069	
Übergreifungslänge der Köcherbewehrung (EC 2,	1	LF2	0.643	

Knoten Nr.: 1    LF / LK:    Max: 0.921 ≤ 1

Lagesicherheit (EC 7, 2.4.7.2) | Knoten 1 | LF2

Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente		Nr.	1
<input type="checkbox"/> Am Knoten		LF	LF2
<input type="checkbox"/> Lastfall		BS	BS-P
<input type="checkbox"/> Bemessungssituation		P <sub>Z,d</sub>	100.00 kN
<input type="checkbox"/> Vertikalkraft		P <sub>X,d</sub>	0.00 kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in x-Richtung		P <sub>Y,d</sub>	0.00 kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in y-Richtung		M <sub>X,d</sub>	0.00 kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse		M <sub>Y,d</sub>	327.00 kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse			
<input checked="" type="checkbox"/> Resultierende Moment an der Kante			
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			

Bild 4.2: Maske 2.2 Maßgebende Nachweise

### Nachweisart

Hier wird die Bezeichnung des geführten Nachweises angegeben.

### Maßgebender Knoten / LF

Diese beiden Spalten geben Auskunft darüber, an welchem Lagerknoten die maßgebende Lagerkraft vorliegt und in welchem Lastfall bzw. welcher Last- oder Ergebniskombination sie auftritt.

### Nachweiskriterium

Beim *Auslegen* eines Fundaments werden die Abmessungen immer so gewählt, dass das Nachweiskriterium  $\leq 1,00$  und der jeweilige Nachweis damit erfüllt ist. Für die Option *Abmessungen definieren* werden Nachweise, die mit den vorgegebenen Abmessungen nicht erfüllt werden, mit Werten  $> 1,00$  ausgegeben.

Falls ein Nachweis nicht erforderlich es, wird er mit 0.000 ausgewiesen.

### Kommentar zur Nachweisart

Meldungen...

Die letzte Spalte enthält ggf. wichtige Hinweise für einen Nachweis. Diese sind in einem Dialog zusammengefasst, der über die Schaltfläche [Meldungen] zugänglich ist.

## Ergebnisfilter

Unterhalb der Tabelle befindet sich eine Zeile mit einem Kontrollfeld und mehreren Auswahllisten.



Bild 4.3: Ergebnisfilter für Tabelle

Wird das Kontrollfeld *Knoten Nr.* angehakt, so kann in der Liste ein Knoten ausgewählt werden, dessen Ergebnisse in der Tabelle erscheinen sollen. Zusätzlich besteht über die Liste *LF / LK* die Möglichkeit, die Ergebnisse lastfallweise zu filtern. Diese Funktion ist auch in einem DLUBAL-Blog beschrieben: <https://www.dlubal.de/blog/12555>

## Details

Exemplarisch für den Aufbau einer Detailtabelle werden die Nachweise der Betonspannungen in den Köcherwänden vorgestellt.

Das Tabellen-Kontextmenü ermöglicht es, den gesamten Ergebnisbaum zu öffnen oder zu schließen: Klicken Sie mit der rechten Maustaste in den Detailbereich, um die links gezeigten Optionen aufzurufen.

- Ergebnisstruktur schließen
- Ergebnisstruktur öffnen

<input type="checkbox"/> Köcherwand in x-Richtung	Kriterium	0.069	
<input type="checkbox"/> Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
<input type="checkbox"/> Am Knoten	Nr.	1	
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF	LF2	
<input type="checkbox"/> Bemessungssituation	BS	BS-P	
<input type="checkbox"/> Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	100.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	0.00	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	327.00	kNm
<input type="checkbox"/> Obere Betonspannung	σ <sub>o,o,x</sub>	1.372	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Obere Horizontalkraft in x-Richtung	H <sub>o,x</sub>	299.54	kN
<input type="checkbox"/> Vorhandene Einbindetiefe	vorh t	1.310	m
<input type="checkbox"/> Gesamt-Köcherabmessung	d <sub>k,y</sub>	1.240	m
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	t <sub>o,y</sub>	0.370	m
<input type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Betonspannung	σ <sub>ox</sub>	1.372	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Bemessungswert des Betons	f <sub>od</sub>	19.833	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.069	
<input type="checkbox"/> Köcherwand in y-Richtung	Kriterium	0.026	
<input type="checkbox"/> Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
<input type="checkbox"/> Am Knoten	Nr.	1	
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF	LF3	
<input type="checkbox"/> Bemessungssituation	BS	BS-P	
<input type="checkbox"/> Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	500.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	150.00	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	-150.00	kNm
<input type="checkbox"/> Obere Betonspannung	σ <sub>o,o,y</sub>	0.524	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Obere Horizontalkraft in y-Richtung	H <sub>o,y</sub>	137.40	kN
<input type="checkbox"/> Vorhandene Einbindetiefe	vorh t	1.310	m
<input type="checkbox"/> Gesamt-Köcherabmessung	d <sub>k,x</sub>	1.140	m
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	t <sub>o,x</sub>	0.270	m
<input type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Betonspannung	σ <sub>oy</sub>	0.524	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Bemessungswert des Betons	f <sub>od</sub>	19.833	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.026	

Bild 4.4: Details zum Nachweis der Betonspannung in den Köcherwänden

Die Ausgabe ist nach den beiden Richtungen x und y untergliedert. Zuerst werden jeweils die maßgebenden Schnittgrößen angegeben, danach die erforderlichen Zwischenergebnisse. Am Ende kann das Nachweiskriterium abgelesen werden, das für beide Richtungen vorliegt.

## Grafik

Das Grafikfenster in dieser Maske zeigt eine interaktive Grafik des Fundaments. Die Darstellung passt sich an die Ausgabeweise an, die in der Detailtabelle markiert wird.

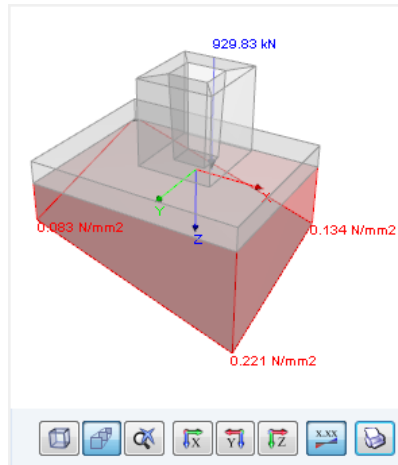


Bild 4.5: Grafik der Druckspannungen

Das Bild oben zeigt beispielsweise die Verteilung der Druckspannungen unter der Fundamentplatte. Diese Spannungen sind in den Details des Durchstanznachweises enthalten.

Die Anzeigefunktionen und Schaltflächen sind im Kapitel 5.1 auf Seite 63 erläutert.

## 4.3 Erforderliche Bewehrung

Diese Maske besteht ebenfalls aus zwei Tabellen und einem Grafikbereich.

2.3 Erforderliche Bewehrung

Bewehrungsart	Pos	Name	Fläche	Einheit	Kommentar
Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I	1	a <sub>x,I</sub>	12.28	cm <sup>2</sup> /m	
Fundamentplatte, unten, in y, Bereich I	2	a <sub>y,I</sub>	7.73	cm <sup>2</sup> /m	
Fundamentplatte, oben, in x	3	a <sub>x</sub>	2.03	cm <sup>2</sup> /m	
Fundamentplatte, oben, in y	4	a <sub>y</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
Horizontale Köcherbügel (allseitig außen)	5,8	Bu	3.884	cm <sup>2</sup>	
Horizontale Köcherbügel BuX (in x-Richtung außen)	7,10	BuX	0.790	cm <sup>2</sup>	
Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen)	6,9	BuY	2.317	cm <sup>2</sup>	
Vertikale Köcherbügel Vx (Wandscheibe in x-Richtung)	14	Vx	4.509	cm <sup>2</sup>	
Vertikale Köcherbügel Vy (Wandscheibe in y-Richtung)	11	Vy	1.985	cm <sup>2</sup>	
Bewehrung in Köcherwand in x-Richtung	12	V <sub>x,Wand</sub>	0.000	cm <sup>2</sup>	

Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I; Pos: 1; Name: a<sub>x,I</sub>

Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente

	Nr.	
Am Knoten	1	
Lastfall	LF	LF1
Bemessungssituation	BS	BS-P
Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	300.00 kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	-50.00 kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	20.00 kN
Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	100.00 kNm
Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	250.00 kNm

Bemessungsstreifen

<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	M <sub>Ed,x,4</sub>	45.65 kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	M <sub>Rd,x,4</sub>	45.67 kNm

Nachweis

Details zur gewählten Bewehrung

<input type="checkbox"/> Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf a <sub>x,I</sub> (pro m)	12.28 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh a <sub>x,I</sub> (pro m)	12.32 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählte Breite des Bewehrungsbereiches I	y <sub>I</sub> (gewählt)	2.600 m
<input type="checkbox"/> Angesetzte Breite des Bewehrungsbereiches I	y <sub>I</sub> (angesetzt)	2.500 m
<input type="checkbox"/> Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	keine
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung aus Matte	vorh a <sub>x,Matte</sub>	0.00 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählter Bewehrungsstab	d <sub>s</sub>	14.0 mm
<input type="checkbox"/> Abstand der Bewehrungsstäbe	s	12.5 cm

Bild 4.6: Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung

## Bewehrungsart

In dieser Spalte ist beschrieben, für welchen Bereich des Fundaments die Bewehrung vorgesehen ist (Fundamentplatte, horizontale und vertikale Köcherbügel, Bewehrung in Köcherwand). Zudem wird jeweils angegeben, in welcher Richtung und Lage die Bewehrung anzuordnen ist.

## Pos

Jede Bewehrung erhält eine Positionsbezeichnung. Sie ist dann im Bewehrungsplan (siehe [Kapitel 5.3, Seite 67](#)) unter dieser Positionsnummer zu finden.

## Bewehrungsname

Hier werden die Bewehrungs-Kurzbezeichnungen als Symbole angegeben.

## Bewehrungsfläche

In dieser Spalte werden die erforderlichen Stahlquerschnittsflächen ausgegeben.

## Einheit

Die Einheit der Bewehrungsquerschnitte lässt sich ggf. wie auf [Seite 74](#) beschrieben anpassen.

## Details

Im unteren Bereich der Maske werden die Bemessungsdetails der Bewehrungsart aufgelistet, die in der Tabelle oben markiert ist.

Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I   Pos: 2   Name: a_x1			
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
☐ Bemessungsstreifen			
☑ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	M <sub>Ed,x,4</sub>	45.75	kNm
☑ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	M <sub>Rd,x,4</sub>	45.78	kNm
☐ Nachweis			
☐ Erforderliche Bewehrung			
— Breite des Fundamentplattenstreifens	y <sub>Streif</sub>	0.287	m
— Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf a <sub>x,4</sub> (pro n)	13.43	cm <sup>2</sup> /m
☐ Vorhandene Bewehrung			
— Breite des Fundamentplattenstreifens	y <sub>Streif</sub>	0.287	m
— Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh a <sub>x</sub>	13.66	cm <sup>2</sup> /m
— Nachweiskriterium	Kriterium	0.983	
☐ Details zur gewählten Bewehrung			
— Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf a <sub>x,1</sub> (pro n)	13.43	cm <sup>2</sup> /m
— Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh a <sub>x,1</sub> (pro)	13.66	cm <sup>2</sup> /m
— Gewählte Breite des Bewehrungsbereiches I	y <sub>I</sub> (gewählt)	2.300	m
— Angesetzte Breite des Bewehrungsbereiches I	y <sub>I</sub> (angesetzt)	2.300	m
— Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	none	
— Vorhandene Bewehrung aus Matte	vorh a <sub>x,Matte</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m
— Gewählter Bewehrungsstab	d <sub>s</sub>	0.020	m
— Abstand der Bewehrungsstäbe	s	0.230	m
— Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäben	vorh a (Stab)	13.66	cm <sup>2</sup> /m

Bild 4.7: Detailtabelle für Bewehrung der Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I

## Grafik

Das Grafkfenster in dieser Maske zeigt eine interaktive Grafik des Fundaments. Die Darstellung passt sich an die Ausgabezeile an, die in der Detailtabelle markiert wird.

3D-Rendering

Mit der Schaltfläche [3D-Rendering] kann die Bewehrung in einem separaten Grafkfenster visualisiert werden. Diese Funktion ist im [Kapitel 5.2 auf Seite 64](#) beschrieben.

Pläne

Über die Schaltfläche [Pläne] lassen sich die Bewehrungspläne des Fundaments darstellen (siehe [Kapitel 5.3, Seite 67](#)).



## 4.4 Untere Plattenbewehrung

In dieser Maske wird die Bewehrung für die Unterseite der Fundamentplatte ausgegeben. Die vom Programm vorgeschlagene Plattenbewehrung kann hier auch geändert werden.

**2.4 Untere Plattenbewehrung**

Grundbewehrung  
Position:  Matte:

Bewehrung in Richtung x (Hauptbewehrung)

Pos.	Bereich	Länge [m]	Stäbe		vorh a <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]			erf a <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]
			d [mm]	s [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
3	yl	0.575	12.0	25.0	4.52	3.35	7.87	7.25
2	yll	1.150	14.0	15.0	10.26	3.35	13.61	13.56
3	yl	0.575	12.0	25.0	4.52	3.35	7.87	7.25

Anderer Bewehrungsvorschlag... Bewehrungsbereiche:

Bewehrung in Richtung y (Nebenbewehrung)

Pos.	Bereich	Länge [m]	Stäbe		vorh a <sub>sy</sub> [cm <sup>2</sup> /m]			erf a <sub>sy</sub> [cm <sup>2</sup> /m]
			d [mm]	s [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
5	xl	0.575	12.0	25.0	4.52	3.35	7.87	6.77
4	xll	1.150	12.0	12.0	9.42	3.35	12.77	12.65
5	xl	0.575	12.0	25.0	4.52	3.35	7.87	6.77

Anderer Bewehrungsvorschlag... Bewehrungsbereiche:

Bewehrungsverteilung

Bild 4.8: Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung

### Grundbewehrung

Im obersten Abschnitt wird die vorgeschlagene Grundbewehrung mit einer Positionsnummer angegeben. Die *Matte* kann über die Liste geändert werden. Sie enthält alle Mattentypen, die in Maske 1.3 für die Bemessung aktiviert wurden (siehe Bild 2.42, Seite 29).

Matte:

- 
- keine
- Q 188A
- Q 257A
- Q 335A**
- Q 424A
- Q 524A
- Q 636A
- alle

### Bewehrung in Richtung x / Bewehrung in Richtung y

In diesen beiden Abschnitten kann die von RF-/FUND Pro vorgeschlagene Stabbewehrung angepasst werden.

Bewehrung in Richtung x (Hauptbewehrung)

Pos.	Bereich	Länge [m]	Stäbe		vorh a <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]			erf a <sub>sx</sub> [cm <sup>2</sup> /m]
			d [mm]	s [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
3	yl	0.575	12.0	12.0	9.42	3.35	12.77	12.74
2	yll	1.150	20.0	13.5	23.27	3.35	26.62	26.26
3	yl	0.575	12.0	12.0	9.42	3.35	12.77	12.74

Anderer Bewehrungsvorschlag... Bewehrungsbereiche:

Bild 4.9: Anpassen der Bewehrung (hier Hauptbewehrung in Richtung x)

### Bewehrungsbereiche

Bewehrungsbereiche:

- 1
- 2
- 3

In der Liste kann festgelegt werden, ob die Stabbewehrung in einen oder drei *Bewehrungsbereiche* eingeteilt wird.

Bei einem Bewehrungsbereich wird die aus dem Nachweis erforderliche Biegebewehrung auf die gesamte Plattenbreite angesetzt. Wenn drei Bewehrungsbereiche möglich sind, wird die Plattenbreite in drei Bereiche unterteilt. Die erforderliche Bewehrung wird dort gestaffelt eingelegt, was sich in den meisten Fällen als wirtschaftlicher erweist.

In der ersten Tabellenspalte wird jeweils die Positionsbezeichnung *Pos.* der Bewehrung angegeben.

Die zweite Spalte beschreibt den *Bereich* der Plattenbewehrung. Falls drei Bewehrungsbereiche eingestellt wurden, erhalten Sie zwei äußere Bewehrungsbereiche (im Bild 4.9 mit *yI* gekennzeichnet) und einen Bewehrungsbereich in Plattenmitte (im Bild 4.9 mit *yII* gekennzeichnet).

In der Spalte *Länge* sind die Abmessungen der einzelnen Bewehrungsbereiche angegeben, die in Richtung *x* bzw. *y* vorliegen. Diese Längen werden auch in der grafischen Bewehrungsverteilung für die Haupt- und Nebenbewehrungsrichtung dargestellt (siehe Bild 4.10).

In den Spalten *Stäbe*, *vorh*  $a_{sx}$  und *erf*  $a_{sx}$  wird die gewählte Bewehrung angegeben. Hier finden sich neben den Stabdurchmessern und -abständen die Stahlquerschnitte der erforderlichen und der vorhandenen Bewehrung.

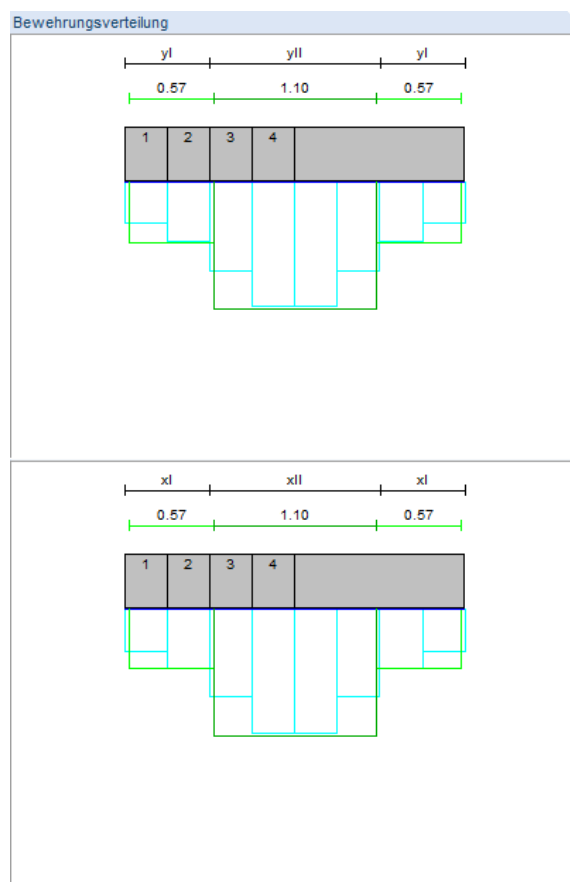


Bild 4.10: Grafik der Bewehrungsverteilung



RF-/FUND Pro legt die Haupt- und Nebenbewehrungsrichtung entsprechend den Einwirkungen auf das Fundament fest. Wenn die Hauptbewehrung in *x*-Richtung orientiert ist, liegt die Bewehrung in *x*-Richtung in der untersten Lage.

## Anderer Bewehrungsvorschlag

Anderer Bewehrungsvorschlag...

Über die Schaltfläche [Anderer Bewehrungsvorschlag] kann eine alternative Bewehrung für die Platte ausgewählt werden. Es öffnet sich der Dialog *Anderen Bewehrungsvorschlag wählen*.

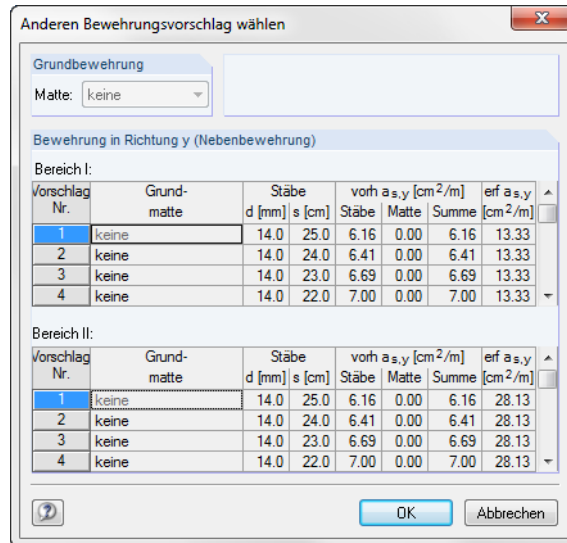


Bild 4.11: Dialog *Anderen Bewehrungsvorschlag wählen* (hier: Nebenbewehrung)

In diesem Dialog kann eine andere Matte als Grundbewehrung festgelegt werden (alle Matten gemäß Maske 1.2 *Material* möglich). Ferner ist zu beachten, dass die Matten-Grundbewehrung nur für die Hauptbewehrungsrichtung vorgegeben werden kann. Im Dialog zum Ändern der Nebenbewehrungsrichtung wird die Matte der Hauptbewehrungsrichtung voreingestellt. Die Mattenliste ist – wie im Bild 4.11 dargestellt – nicht zugänglich.

In den Tabellen kann eine alternative Bewehrung für jeden *Bereich* ausgewählt werden. Die Kombinationen aus Matten- und Stabstahlbewehrung sind fest vorgegeben; Stabdurchmesser oder Abstände lassen sich hier nicht beliebig ändern.

Die Kombinationen von Bewehrungen sind aufsteigend nach den vorhandenen Bewehrungsquerschnittsflächen *vorh as* sortiert. In der Liste aller möglichen Bewehrungskombinationen kann der gewünschte Vorschlag per Mausklick ausgewählt werden.

[OK] übergibt die neue Bewehrung dann in Maske 2.4.

Berechnung

Wurde die Bewehrung für die Haupt- oder Nebenrichtung geändert, müssen die Ergebnisse neu berechnet werden. Dies ist über die Schaltfläche [Berechnung] möglich. Sie ist nach jeder Änderung der Bewehrung zugänglich.

## 4.5 Obere Plattenbewehrung

**2.5 Obere Plattenbewehrung**

**Grundbewehrung**

Position:       Matte: keine

---

**Bewehrung in Richtung x (Hauptbewehrung)**

Pos.	Bereich	Länge [m]	Stäbe		vorh $a_{sx}$ [cm <sup>2</sup> /m]			erf $a_{sx}$ [cm <sup>2</sup> /m]
			d [mm]	s [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
keine	yl	2.300	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00

---

**Bewehrung in Richtung y (Nebenbewehrung)**

Pos.	Bereich	Länge [m]	Stäbe		vorh $a_{sy}$ [cm <sup>2</sup> /m]			erf $a_{sy}$ [cm <sup>2</sup> /m]
			d [mm]	s [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
keine	xl	2.300	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00

**Bewehrungsverteilung**

**xl**

Bild 4.12: Maske 2.5 Obere Plattenbewehrung

Der Aufbau und die Eingabemöglichkeiten der Maske 2.5 sind analog zur Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung (siehe Kapitel 4.4). Auch hier kann alternativ zur vorausgelegten Bewehrung eine Bewehrungskombination aus einer Liste ausgewählt werden.

Der einzige Unterschied zur Maske 2.4 besteht darin, dass hier keine Staffelung der Bewehrung möglich ist: Auf alle acht Bemessungstreifen wird das gleiche Bemessungsmoment angesetzt.

## 4.6 Köcherbewehrung

In dieser Maske wird die Bewehrung des Köchers ausgegeben. Die vom Programm vorgeschlagene Köcherbewehrung kann hier auch geändert werden.

Beim Fundamenttyp *Fundamentplatte* steht diese Maske nicht zur Verfügung.

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	vorh $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	d [mm]	Verlegebreite [cm]	Anzahl der Bewehrung			Abstand [cm]	Meldung
						erforderl.	möglich	gewählt		
5	Bu	3.884	4.021	16	43.7	2	2	2	20	
6	Bu $\gamma$	2.317	4.021	16	43.7	2	2	2	20	
7	Bu $\chi$	0.790	2.011	16	43.7	1	2	1	20	
8	Bu $\omega$	3.884	10.053	16	87.3	0	5	5	15	
9	Bu $\gamma,\omega$	2.317	12.064	16	87.3	0	6	6	15	
10	Bu $\chi,\omega$	0.790	12.064	16	87.3	0	6	6	15	
14	V $\chi$	4.509	4.524	12	13.2	2	2	2	13.2	
11	V $\gamma$	1.985	2.262	12	3.2	1	1	1	10	
12	V $\chi$ .Wand	0.000	4.712	10	44	0	3	3	20	
15	V $\gamma$ .Wand	3.219	4.524	12	32.8	0	2	2	20	

Kommentar

Bild 4.13: Maske 2.6 Köcherbewehrung

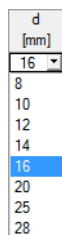
In der oberen Tabelle werden die einzelnen Positionen der Köcherbewehrung mit den Bewehrungsquerschnitten sowie Durchmesser, Anzahl und Abstand der Stäbe angegeben.

Die Grafik zeigt eine gerenderte Darstellung der Köcherbewehrung an. Durch einen Klick auf eine Position in der Tabelle wird diese in der Grafik grau markiert. Auch hier können die aus RFEM bzw. RSTAB bekannten Mausfunktionen benutzt werden, um die Ansicht zu zoomen, verschieben oder drehen. Die Schaltflächen sind im [Kapitel 5.1](#) auf [Seite 63](#) erläutert.

Die vorausgelegte Köcherbewehrung lässt sich in den Spalten ändern, die weiß hinterlegt sind. Die Werte in grau hinterlegten Spalten sind vom Programm vorgegeben und unveränderbar.

Folgende Änderungen können an der Bewehrung vorgenommen werden:

- Durchmesser der Bewehrung
- Gewählte Anzahl der Bewehrung
- Abstand der Bewehrung



Der Stabdurchmesser  $d$  kann über die Liste geändert werden. Für die Auswahl gilt es zu berücksichtigen, dass die Bewehrung mit ihrem Stab- und Biegerollendurchmesser auch in den Köcherwänden untergebracht werden muss.

Die Spalten *gewählte Anzahl der Bewehrung* und *Abstand* stehen in Wechselwirkung miteinander. Dort kann die Stabanzahl oder der Stababstand angepasst werden (unter Beachtung der möglichen Verlegebreite). Beim Ändern des Abstands wird die Anzahl der möglichen Bewehrungsstäbe automatisch angepasst. Verkleinert man z. B. den Abstand, wird in Spalte *möglich* die Anzahl

der Stäbe angezeigt, die sich in der angegebenen *Verlegetbreite* unterbringen lässt. Mit dieser Zielvorgabe kann dann die gewünschte Anzahl der Stäbe eingegeben werden.

Falls umgekehrt die Anzahl an gewählten Bewehrungsstäben geändert wird, passt sich der Abstand zwischen den Bewehrungsstäben automatisch an.

Berechnung

Bei Änderungen ist es erforderlich, die Köcherbewehrung neu zu berechnen. Dies ist über die Schaltfläche [Berechnung] möglich.

Wenn die geänderten Eingaben zu Fehlern beim Auslegen der Bewehrung führen, wird die problematische Position in der Tabelle rot markiert. Im Abschnitt *Kommentar* erscheint ein Hinweis, der für das erneute Anpassen der Bewehrung hilfreich ist.

## 4.7 Stahlliste

Untere und obere Lagermatten									
Pos Nr.	Hauptbewehrung -richtung	Mattentyp	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	Fläche ohne Stoß [m <sup>2</sup> ]	Gewicht pro Fundament [kg]	Gesamtgewicht [kg]			
1	x-Richtung	Q 257A	4.1	9.37	38.42	38.42			
Zugelegte Bewehrungsstäbe und Köcherbewehrung									
Pos Nr.	Anzahl pro Fundament	Gesamtanzahl	Ø [mm]	Schnittlänge [cm]	Gesamtlänge [m]				
					Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20
2	20	20	12	343.9		68.79			
3	16	16	12	271.1		43.37			
4	12	12	12	275.4		33.05			
5	3	3	14	484.4			14.53		
6	2	2	14	396.2			7.92		
7	1	1	14	446.4			4.46		
8	5	5	14	484.4			24.22		
9	6	6	14	377.6			22.65		
10	6	6	14	427.2			25.63		
11	4	4	12	373.6		14.95			
12	6	6	12	376.0		22.56			
14	8	8	12	366.0		29.28			
15	4	4	12	366.0		14.64			
Datum:				lfdm	226.64	99.42			
				kg/lfdm	0.62	0.89	1.21	1.58	2.47
zu Plan Nr.:				kg	201.22	120.14			
Gesamtgewicht:					321.36+38.42 (Lagermatten) = 359.78 kg				

Bild 4.14: Maske 2.7 Stahlliste

In dieser Ausgabemaske können keine Änderungen vorgenommen werden.

Die Stahlliste bietet Informationen zu den Bewehrungsmatten sowie detaillierte Angaben zu den zugelegten Bewehrungsstäben und zur Köcherbewehrung einer jeden Position:

- Anzahl der Bewehrungsstäbe pro Fundament
- Gesamtzahl der Bewehrungsstäbe aller Fundamente
- Schnittlänge eines Bügels
- Gesamtlänge aller Bügel

Zusätzlich wird die *Gesamtlänge* aller Bewehrungsstäbe gleichen Durchmessers und das *Gesamtgewicht* der Bewehrungsstäbe und -matten ausgegeben.

## 4.8 Betonkubatur

2.8 Betonkubatur

Fundament Nr.: 1 An Knoten: 1 Anzahl der Fundamente: 1 Bezeichnung: Fundament aus Handbuchbeispiel		Betongüte: Beton C35/45	
	Volumen pro Fundament [m <sup>3</sup> ]	Volumen aller Fundamente [m <sup>3</sup> ]	
Fundamentplatte	3.09	3.09	
Köcher	1.53	1.53	
Füllbeton	0.17	0.17	

Bild 4.15: Maske 2.8 Betonkubatur

Diese Ausgabemaske gibt Aufschluss darüber, wie viele Kubikmeter Beton für die *Fundamentplatte*, den *Köcher* und den *Füllbeton* zwischen Köcher und Stütze eines bzw. aller Fundamente benötigt werden.

# 5 Ergebnisauswertung

Nach der Bemessung stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Ergebnisse auszuwerten und für die Dokumentation aufzubereiten.

## 5.1 Grafik der Fundaments in Ergebnismaske

In den meisten Ergebnismasken werden dynamische Grafiken des Fundaments oder der Bewehrung angezeigt. Sie erleichtern die Übersicht und veranschaulichen die Parameter.

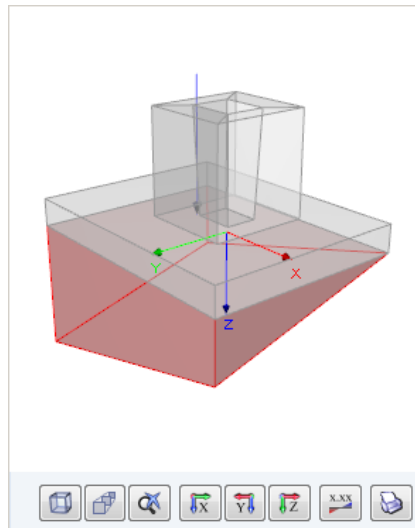


Bild 5.1: Interaktive Grafik in Maske 2.2 für Biegebruchsicherheit

Die Schaltflächen unterhalb der Grafik sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Bemaßung	Blendet die Maßlinien ein und aus
	Isometrie	Stellt die isometrische Ansicht dar
	Perspektive	Schaltet die perspektivische Darstellung ein und aus
	Zoom aufheben	Stellt die Gesamtansicht des Fundaments wieder her
	Ansicht X	Zeigt die Ansicht in Richtung der X-Achse
	Ansicht -Y	Zeigt die Ansicht entgegen der Y-Achse
	Ansicht Z	Zeigt die Ansicht in Richtung der Z-Achse
	Werte	Blendet Last- oder Ergebniswerte ein und aus
	Drucken	Ermöglicht das Drucken der aktuellen Fundamentgrafik

Tabelle 5.1: Grafik-Schaltflächen in den Ergebnismasken



Mit der Maus kann die Ansicht gezoomt, verschoben oder gedreht werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 3.4.9 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben (siehe auch folgendes [Kapitel 5.2](#)).



## 5.2 3D-Rendering

3D-Rendering

In allen Ergebnismasken steht die Schaltfläche [3D-Rendering] zur Verfügung. Sie bietet die Möglichkeit, eine fotorealistische Darstellung des Fundaments aufzurufen.

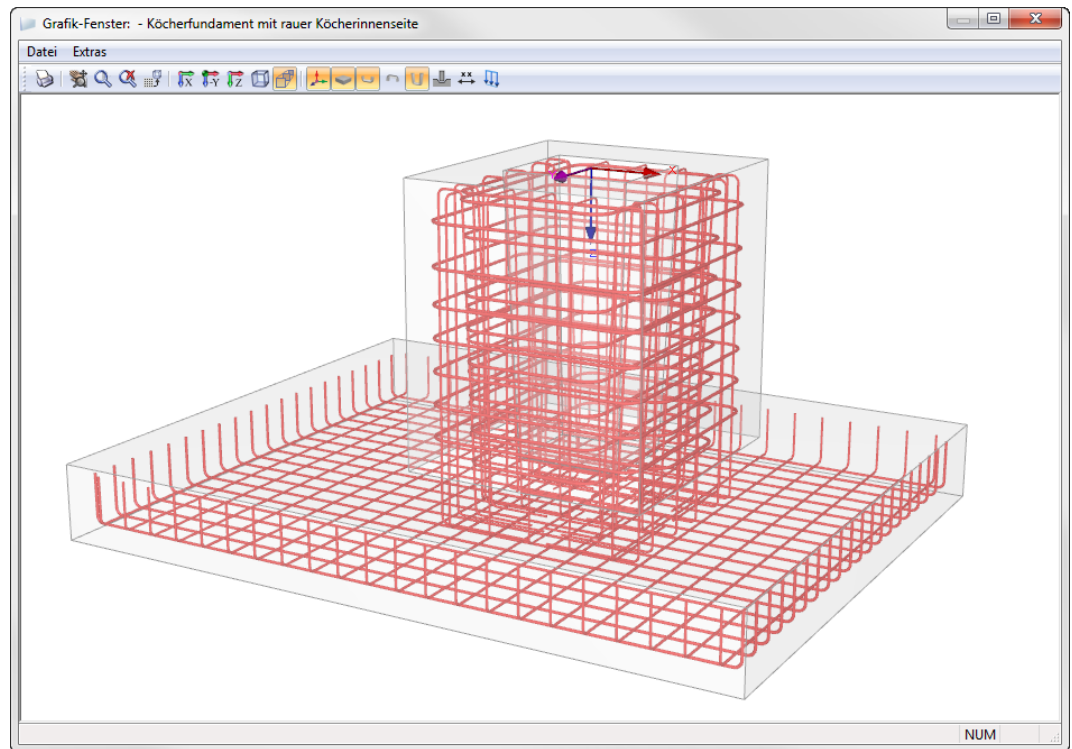


Bild 5.2: Grafik-Fenster mit 3D-Rendering einer Köcherfundamentbewehrung

### Menüleiste

Das Pulldownmenü **Datei** enthält Funktionen zum Drucken der Grafik (siehe Kapitel 6.2).

Die Funktionen im Menü **Extras** ermöglichen es, die Darstellung anzupassen:

#### Greifen (Verschieben, Rotieren, Zoomen)



Das Symbol des Mauszeigers ändert sich in eine Hand. Damit kann die Darstellung des Fundaments verschoben, rotiert oder gezoomt werden.

Zum *Verschieben* klickt man mit dem Handsymbol in den Grafikbereich, hält die Maustaste gedrückt und schiebt den Mauszeiger in die gewünschte Richtung.

Zum *Rotieren* muss mit gedrückter [Strg]-Taste in den Grafikbereich geklickt und der Mauszeiger in die gewünschte Drehrichtung bewegt werden.

Das *Zoomen* ist möglich, indem die Maus bei gedrückter [Umschalt]-Taste nach oben oder unten bewegt wird.

Die Ansicht kann auch direkt mit der Maus angepasst werden (siehe Kapitel 3.4.9 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs).

#### Zoomen

Das Symbol des Mauszeigers ändert sich in eine Lupe. Wird nun ein Fenster über einen Bereich aufgezogen, wird dieser Ausschnitt vergrößert dargestellt.

## Darzustellende Bewehrung

Dieser Menüeintrag öffnet den Dialog *Darzustellende Bewehrung*.

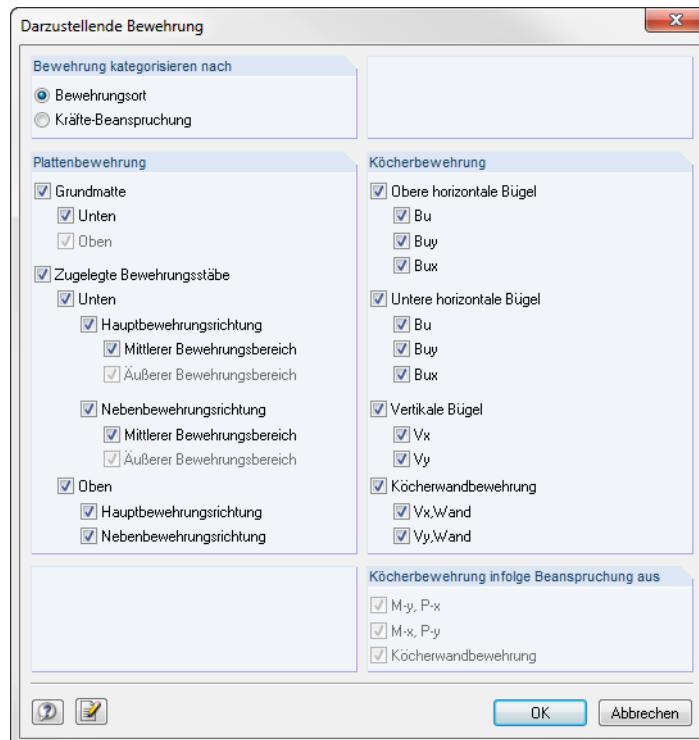


Bild 5.3: Dialog *Darzustellende Bewehrung*

Die Kontrollfelder steuern, welche Bewehrungsarten im 3D-Rendering des Fundaments dargestellt werden. Je nach Fundamenttyp sind nur bestimmte Einträge auswählbar.

Wenn im Abschnitt *Bewehrung kategorisieren nach* von der Option *Bewehrungsort* auf *Kräfte-Beanspruchung* umgestellt wird, wird der Dialogabschnitt rechts unten zugänglich. Dort kann dann die Bewehrung für die Anzeige ausgewählt werden, die aus bestimmten Belastungen resultiert.

### Hintergrund weiß

Mit diesem Menüeintrag kann der schwarz voreingestellte Grafikhintergrund in einen weißen Hintergrund geändert werden. Die Vorgabe bleibt für den aktuellen Bemessungsfall erhalten.



Ein weißer Hintergrund lässt sich dauerhaft über den Konfigurationsmanager von RFEM bzw. RSTAB einstellen (siehe Kapitel 3.4.10 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs).

## Symbolleiste

Die Symbolleiste bietet verschiedene Möglichkeiten zum Drucken und Anpassen der Darstellung.



Bild 5.4: Symbolleisten-Schaltflächen

Neben den in [Tabelle 5.1](#) beschriebenen Schaltflächen sind folgende Funktionen verfügbar:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Vorherige Ansicht	Stellt die zuletzt gewählte Ansicht dar
	Achsen	Blendet die Achsensymbole ein und aus
	Stütze	Blendet den anschließenden Stab ein und aus
	Bemaßung	Blendet die Maßlinien ein und aus
	Lasten	Blendet die Lasten ein und aus

Tabelle 5.2: Schaltflächen im *Grafik-Fenster*

Damit kann nicht nur die Bewehrung, sondern beispielsweise auch die aufgebracht Belastung überprüft werden.

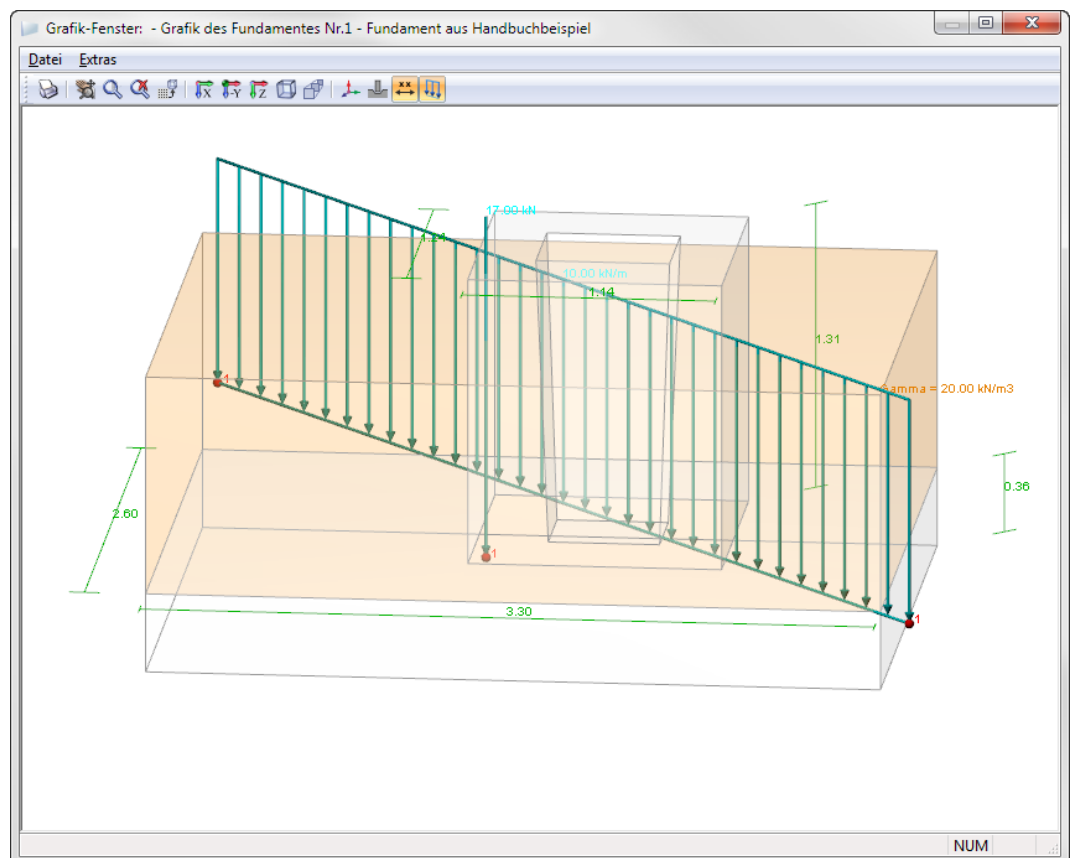


Bild 5.5: Fundamentgrafik mit Lasten und Abmessungen

## 5.3 Bewehrungspläne

Pläne

In allen Ergebnismasken steht die Schaltfläche [Pläne] zur Verfügung. Sie bietet die Möglichkeit, einen Bewehrungsplan für das Fundament aufzurufen.

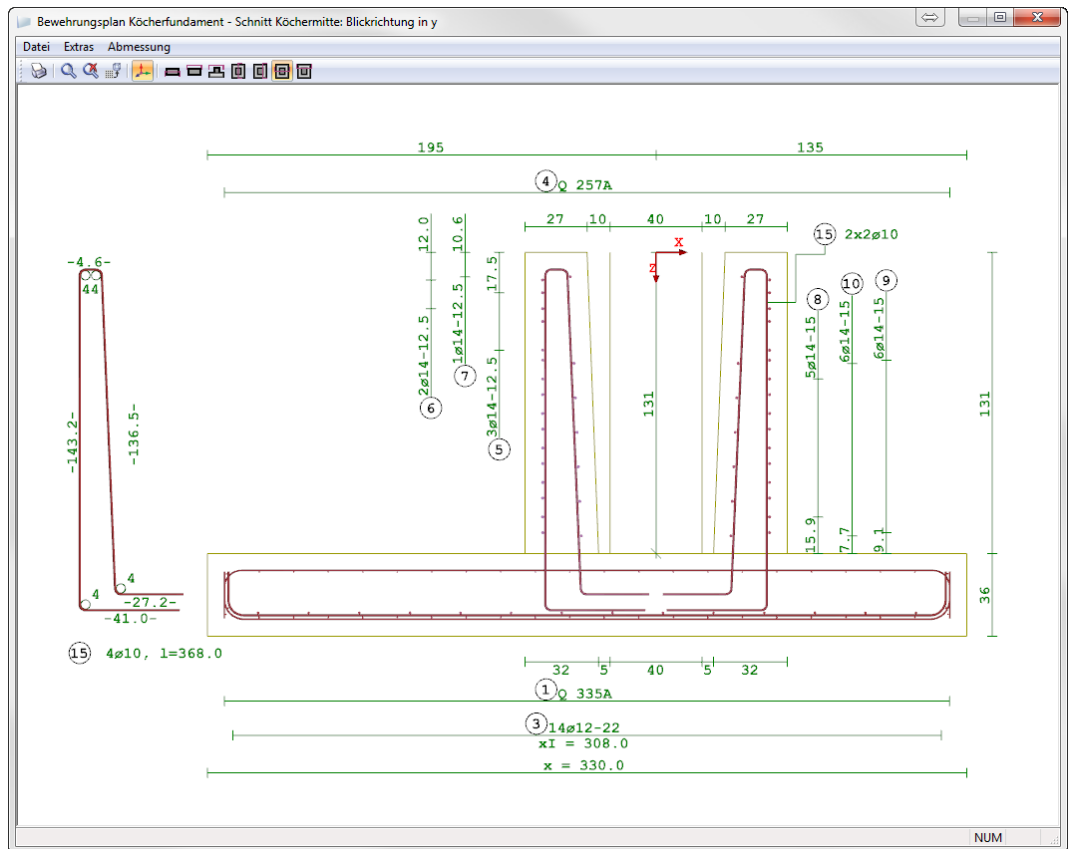


Bild 5.6: Bewehrungsplan eines Köcherfundaments

### Menüleiste

Das Pulldownmenü **Datei** enthält Funktionen zum Drucken der Grafik (siehe Kapitel 6.2).

Mit der Zoom-Funktion im Menü **Extras** lässt sich die Darstellung vergrößern (siehe Beschreibung im vorherigen Kapitel 5.2).

Die Funktionen im Menü **Abmessung** ermöglichen es, die Vermaßung der Auszugsstäbe (z. B. im Bild oben links Position 15) für die Fertigung zu steuern:

- **Tangential:** Längen bezogen auf Außenkanten der Bewehrung
- **Axial:** Längen bezogen auf Schwerpunkt der Bewehrung (Mittellinien)
- **Biegerollenzentrum:** Längen bezogen auf Mittelpunkt der Biegerolle

### Symbolleiste

Die Symbolleiste bietet verschiedene Möglichkeiten zum Drucken und Ändern des Schnitts, der durch das Fundament geführt wird.



Bild 5.7: Symbolleisten-Schaltflächen

Je nach Fundamenttyp stehen bis zu sieben verschiedene Schnitte zur Auswahl:

Schaltfläche	Bezeichnung	Funktion
	Schnitt A-A	Draufsicht untere Plattenbewehrung
	Schnitt B-B	Draufsicht obere Plattenbewehrung
	Schnitt C-C	Draufsicht Köcher
	Schnitt D-D	Schnitt durch Köchermitte, Blickrichtung in X
	Schnitt E-E	Schnitt durch Köcherwand, Blickrichtung in X
	Schnitt F-F	Schnitt durch Köchermitte, Blickrichtung in Y
	Schnitt G-G	Schnitt durch Köcherwand, Blickrichtung in Y

Tabelle 5.3: Schaltflächen im *Bewehrungsplan*

Ist beispielsweise bei einem Plattenfundament keine Bewehrung für die obere Lage erforderlich, so ist die Schaltfläche für den Schnitt *B-B* deaktiviert.

## 5.4 Ergebnisse am RFEM/RSTAB-Modell

Die Grafik des Fundaments kann auch grafisch am RFEM- bzw. RSTAB-Modell dargestellt werden: Klicken Sie die Schaltfläche [OK] an, um das Modul RF-/FUND Pro zu verlassen. Stellen Sie dann in der RFEM-/RSTAB-Menüleiste den RF-/FUND Pro-Bemessungsfall ein.



Im Arbeitsfenster von RFEM bzw. RSTAB wird nun das Fundament im 3D-Rendering visualisiert. Sollte dies nicht der Fall sein, so sind die Ergebnisse über die Schaltfläche [Ergebnisse ein/aus] zu einzuschalten.

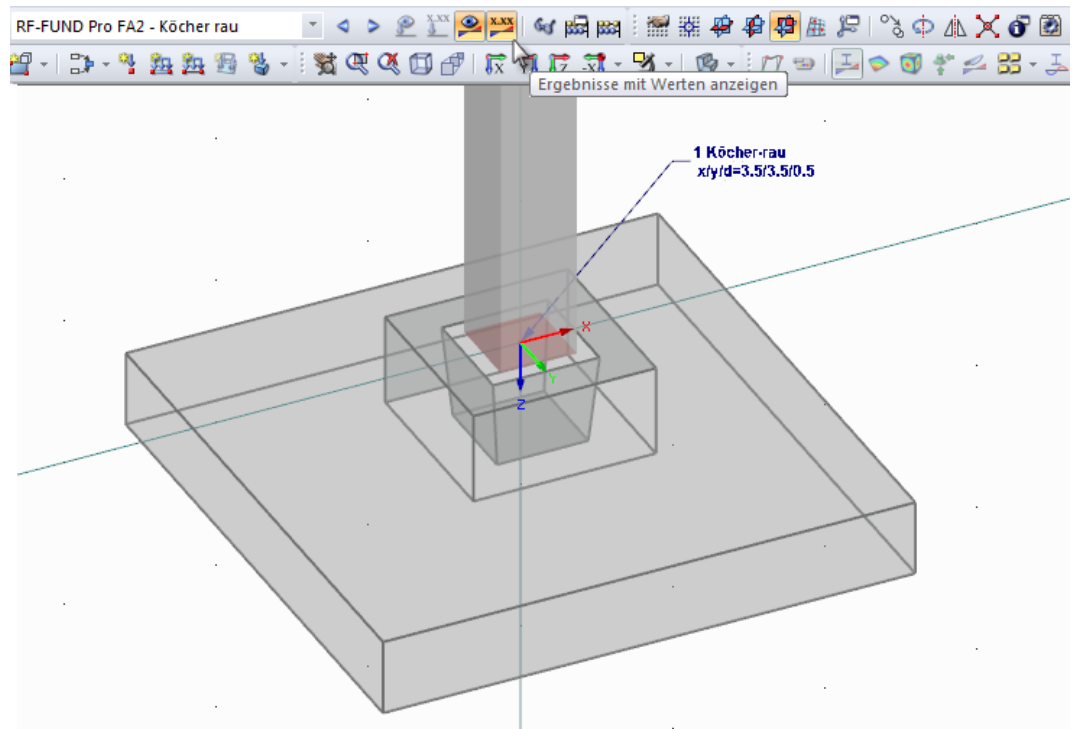


Bild 5.8: Darstellung eines Köcherfundaments in RFEM-Arbeitsfenster (Darstellungsart: gefüllt transparent)

- Darstellungsart Drahtmodell
- Darstellungsart gefüllt
- Darstellungsart gefüllt transparent

Wenn die *Darstellungsart gefüllt transparent* eingestellt ist, präsentiert sich das Fundament wie in Bild 5.8 dargestellt. Verdeckte Kanten und Flächen sind sichtbar.

Mit der *Darstellungsart gefüllt* wird das Fundament – wie das gesamte Modell – mit gefüllten Flächen visualisiert. Bei der *Darstellungsart Drahtmodell* werden symbolhaft nur die Nummer des Fundaments, der Fundamenttyp und die Abmessungen der Fundamentplatte angezeigt.

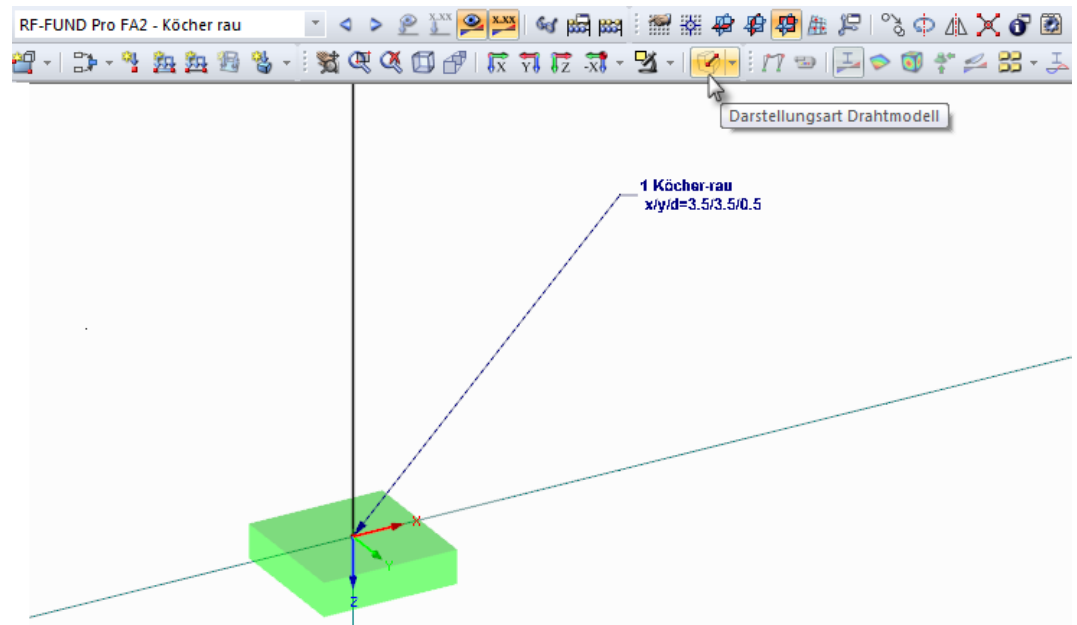


Bild 5.9: Darstellung eines Köcherfundaments im Drahtmodell

# 6 Ausdruck

## 6.1 Ausdruckprotokoll

Für die Daten des Moduls RF-/FUND Pro wird – wie in RFEM oder RSTAB – ein Ausdruckprotokoll erzeugt, das mit Grafiken und Erläuterungen ergänzt werden kann. Die Selektion im Ausdruckprotokoll steuert, welche Daten des Bemessungsmoduls schließlich im Ausdruckprotokoll erscheinen.

Große Systemen lassen sich übersichtlich dokumentieren, wenn die Daten in mehrere Ausdruckprotokolle aufgeteilt werden. So kann z. B. die Ausgabe des Moduls RF-/FUND Pro in ein eigenes Ausdruckprotokoll gedruckt werden.



Das Ausdruckprotokoll ist im RFEM- und RSTAB-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. Für RF-/FUND Pro bestehen vielfältige Selektionsmöglichkeiten. So kann u. a. festgelegt werden, in welcher Form die Nachweise dokumentiert werden (*Kurzfassung, Langfassung*) und welche Bewehrungspläne im Protokoll enthalten sind.

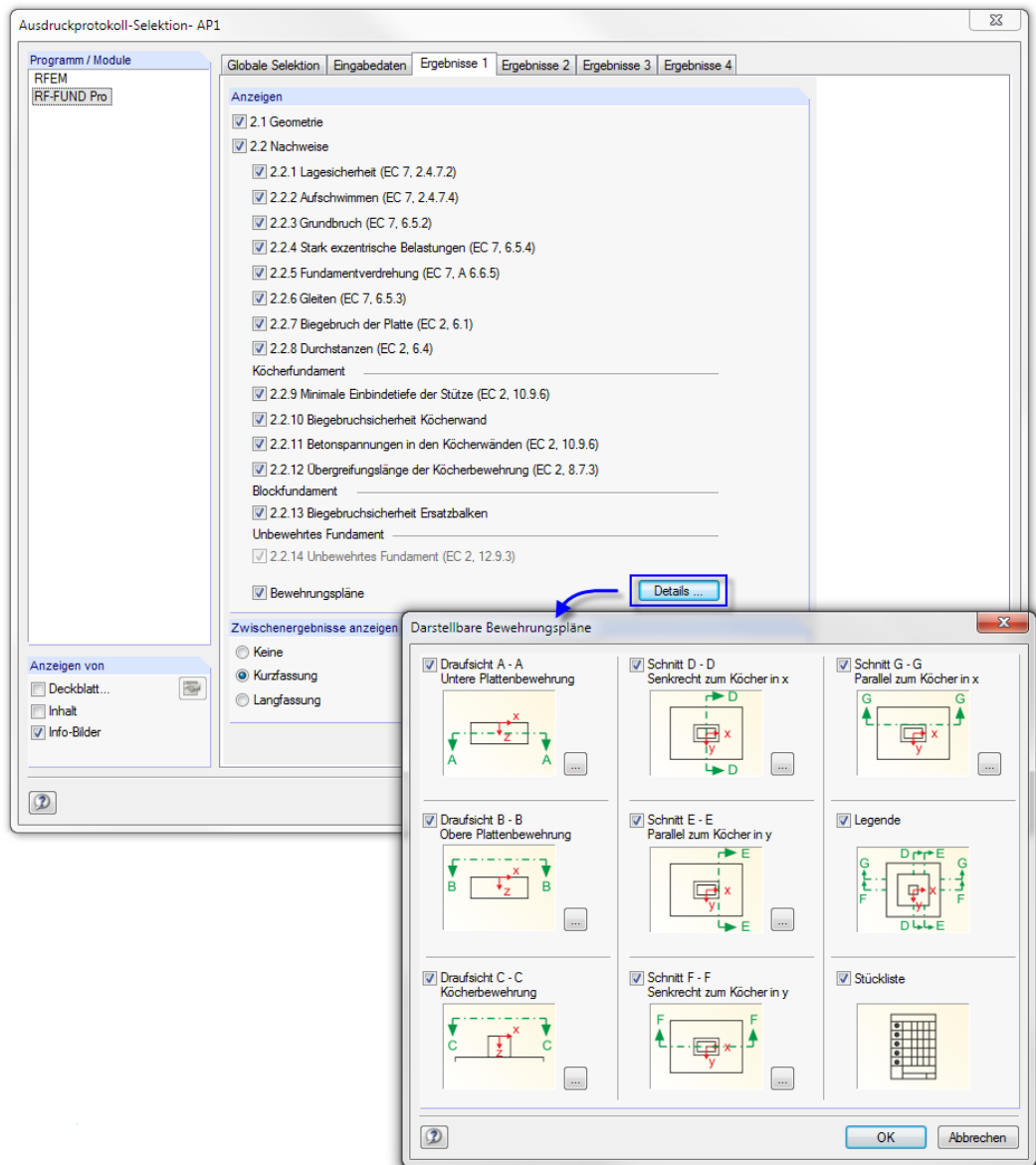


Bild 6.1: Selektion der RF-FUND Pro-Daten im Ausdruckprotokoll

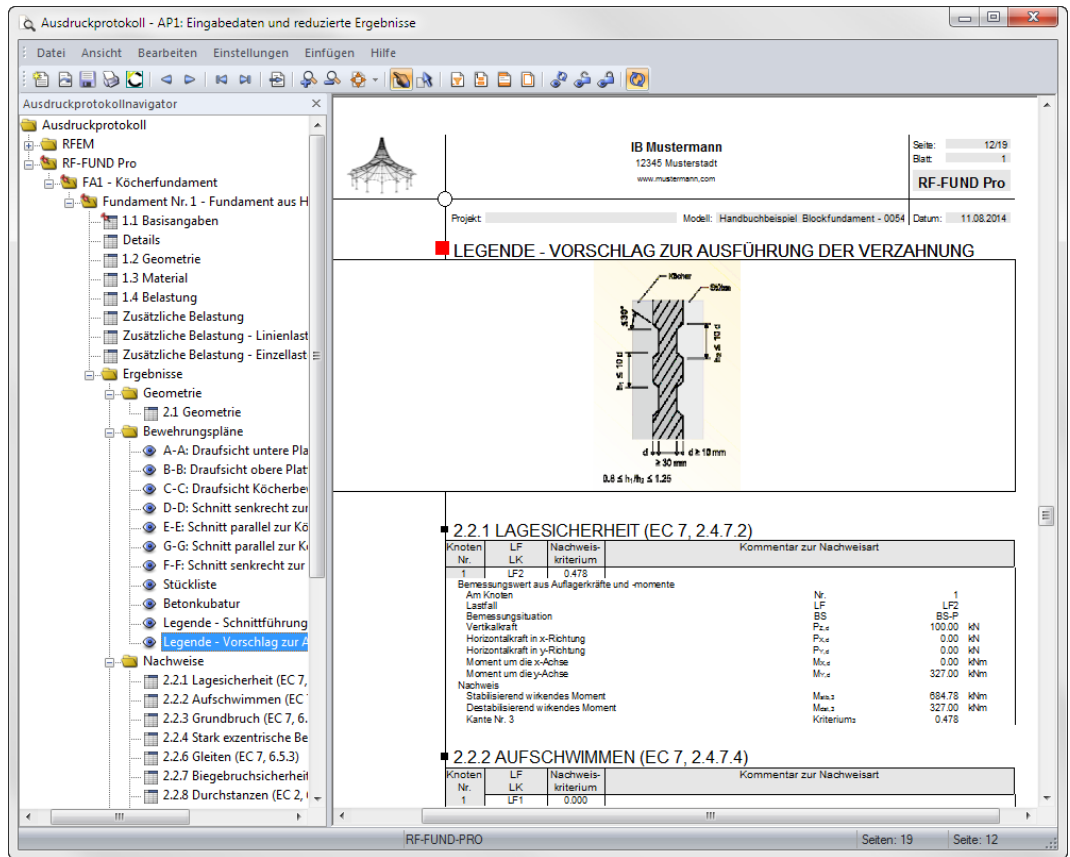


Bild 6.2: RF-FUND Pro-Ausdruckprotokoll mit Bewehrungsplänen und Nachweisen

## 6.2 Grafikausdruck

Es können sowohl Fundament- oder Bewehrungsdarstellungen des Moduls RF-/FUND Pro (siehe Bild 5.2, Seite 64) als auch Grafiken des RFEM/RSTAB-Arbeitsfensters (siehe Bild 5.8, Seite 68) für den Ausdruck aufbereitet werden. Damit lassen sich die Bewehrungen und die am RFEM- bzw. RSTAB-Modell gezeigten Fundamentkörper dokumentieren.



Die Druckfunktion ist über die Schaltfläche [Drucken] zugänglich. Sie öffnet folgenden Dialog.

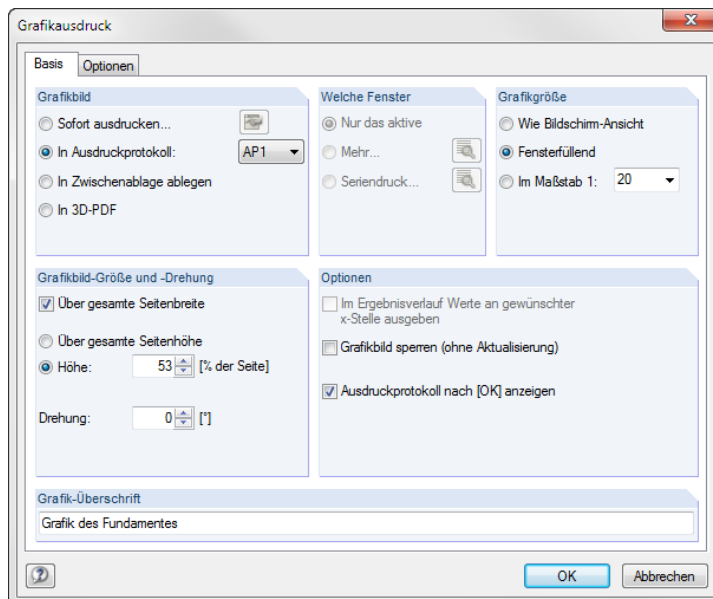


Bild 6.3: Dialog Grafikausdruck

Der Dialog *Grafikausdruck* ist im Kapitel 10.2 des RFEM- bzw. RSTAB-Handbuchs beschrieben.



# 7 Allgemeine Funktionen

Dieses Kapitel beschreibt nützliche Menüfunktionen und stellt Exportmöglichkeiten für die Ergebnisse von RF-/FUND Pro vor.

## 7.1 Bemessungsfälle

Bemessungsfälle ermöglichen es, Fundamente für die Nachweise zu gruppieren oder in verschiedenen Bemessungsvarianten (z. B. unterschiedliche Abmessungen oder Materialien) zu behandeln.



Bei der Verwendung von Bemessungsfällen besteht die Möglichkeit, eine Knotennummer mehrfach zu untersuchen. **In ein und demselben Bemessungsfall hingegen kann ein Knoten nur einmal ausgewählt werden (siehe auch Kapitel 2.1, Seite 7).**

### Neuen Bemessungsfall anlegen

Ein Bemessungsfall wird angelegt über das RF-/FUND Pro-Menü

**Datei → Neuer Fall.**

Es erscheint folgender Dialog.

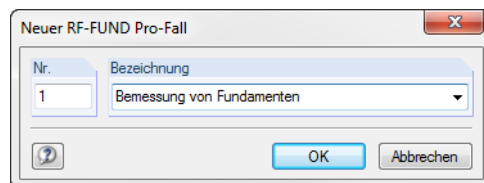


Bild 7.1: Dialog *Neuer RF-FUND Pro-Fall*

In diesem Dialog ist eine (noch freie) *Nummer* für den neuen Bemessungsfall anzugeben. Die Bezeichnung erleichtert die Auswahl in der Lastfall-Liste.

Nach [OK] erscheint die RF-/FUND Pro-Maske *1.1 Basisangaben* zur Eingabe der Bemessungsdaten.

### Bemessungsfall umbenennen

Die Bezeichnung eines Bemessungsfalls wird geändert über das RF-/FUND Pro-Menü

**Datei → Fall umbenennen.**

Es erscheint folgender Dialog.

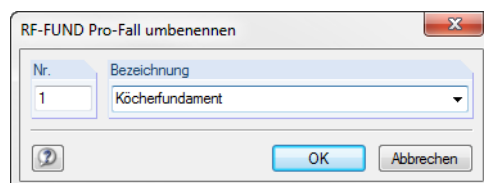


Bild 7.2: Dialog *RF-FUND Pro-Fall umbenennen*

Hier kann nicht nur eine andere *Bezeichnung*, sondern auch eine andere *Nummer* für den Bemessungsfall festgelegt werden.

## Bemessungsfall kopieren

Die Eingabedaten des aktuellen Bemessungsfalls werden kopiert über das RF-/FUND Pro-Menü

**Datei** → **Fall kopieren**.

Es erscheint folgender Dialog.

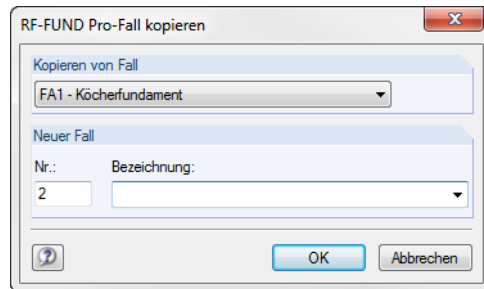


Bild 7.3: Dialog *RF-FUND Pro-Fall kopieren*

Es ist die *Nummer* und ggf. die *Bezeichnung* für den neuen Fall anzugeben.

## Bemessungsfall löschen

Bemessungsfälle lassen sich wieder löschen über das RF-/FUND Pro-Menü

**Datei** → **Fall löschen**.

Es erscheint folgender Dialog.

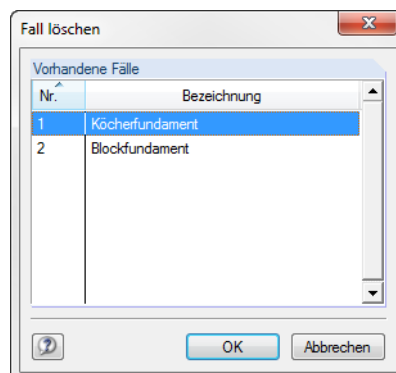


Bild 7.4: Dialog *Fall löschen*

Der Bemessungsfall kann in der Liste *Vorhandene Fälle* ausgewählt werden. Mit [OK] erfolgt der Löschvorgang.

## 7.2 Einheiten und Dezimalstellen

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

**Einstellungen** → **Einheiten und Dezimalstellen**.

Es erscheint der aus RFEM bzw. RSTAB bekannte Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*. In der Liste *Programm/Modul* ist RF-/FUND Pro voreingestellt.

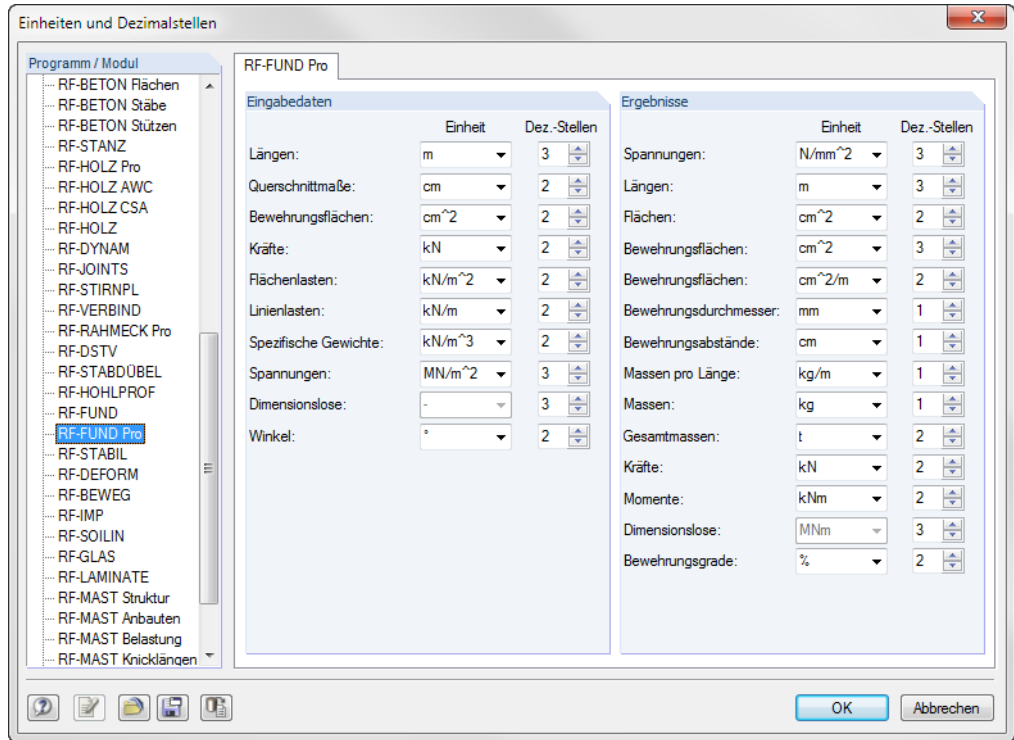


Bild 7.5: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*



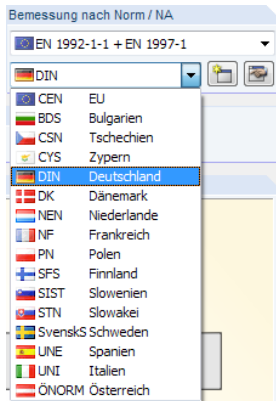
Die Einstellungen können als Benutzerprofil gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Diese Funktionen sind im Kapitel 11.1.3 des RFEM- oder RSTAB-Handbuchs beschrieben.

## 7.3 Nationale Anhänge

### Auswahl des Nationalen Anhangs

Wie bereits im [Kapitel 2.1](#) auf [Seite 7](#) beschrieben, stehen im Modul RF-/FUND Pro verschiedene Nationale Anhänge für die Bemessung zur Auswahl.

Die Liste der aktuell in RF-/FUND Pro implementierten Nationalen Anhänge kann auf der [Produktseite](#) im Internet nachgelesen werden.



## 7.4 Bemessungsverfahren

Für die Nationalen Anhänge für Deutschland und Österreich steht alternativ zum *Verfahren 2* das *Verfahren 2\** zur Auswahl, mit dem der Grundbruchwiderstand ermittelt werden kann.

### Auswahl des Nachweisverfahrens



Das Nachweisverfahren kann bei den Parametern des Nationalen Anhangs festgelegt werden.

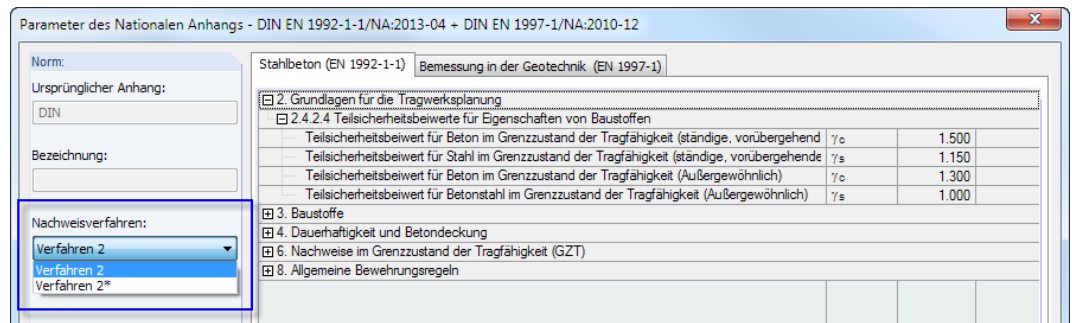


Bild 7.6: Auswahl des Nachweisverfahrens im Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Beim Anlegen eines neuen Bemessungsfalls ist das Verfahren 2 voreingestellt.

Auf die Unterschiede zwischen den beiden Nachweisverfahren wird detailliert in [3] eingegangen. Sie lassen sich zusammengefasst wie folgt beschreiben:

#### Verfahren 2

Der Grundbruchwiderstand  $R_k$  wird mit den charakteristischen Werten der Scherfestigkeit und den Bemessungswerten der Einwirkung ermittelt. Daraus wird mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R = 1,40$  der Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes  $R_d$  berechnet, welcher mit dem Bemessungswert der vertikalen Einwirkung  $V_d$  zu vergleichen ist.

#### Verfahren 2\*

Das Verfahren 2\* entspricht dem o. g. Nachweisverfahren 2 mit dem Unterschied, dass der Grundbruchwiderstand  $R_k$  mit den charakteristischen Werten der Einwirkung ermittelt wird. Dies wirkt sich günstig auf die in die Grundbruchgleichung eingehende Exzentrizität und Lastneigung aus.

Die Unterschiede zwischen den beiden Nachweisverfahren sind auch im [Kapitel 8.4](#) auf [Seite 123](#) in Tabellenform dokumentiert.

### Nationaler Anhang in RFEM/RSTAB und RF-/FUND Pro

Es ist möglich, in RF-/FUND Pro einen anderen Nationalen Anhang auszuwählen als im Hauptprogramm RFEM bzw. RSTAB, der dort für die Bildung von Last- und Ergebniskombinationen verwendet wird. Norm und Nationaler Anhang sind für die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte der Überlagerung erforderlich (siehe RFEM- oder RSTAB-Handbuch, Kapitel 12.2.1 zum Anlegen eines Modells und zur Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen).



Bei unterschiedlichen Nationalen Anhängen ist sicherzustellen, dass die bemessungsrelevanten Last- und Ergebniskombinationen mit den korrekten Beiwerten erzeugt wurden.

## Berücksichtigung der Schadensfolgeklasse

Bei der automatischen Erzeugung der Last- oder Ergebniskombinationen kann die Schadensfolgeklasse entsprechend [6], Anhang B3 festgelegt werden. Die Auswahl der Schadensfolgeklasse und damit des Faktors  $K_{FI}$  hat auch einen Einfluss auf die Ergebnisse in RF-/FUND Pro.

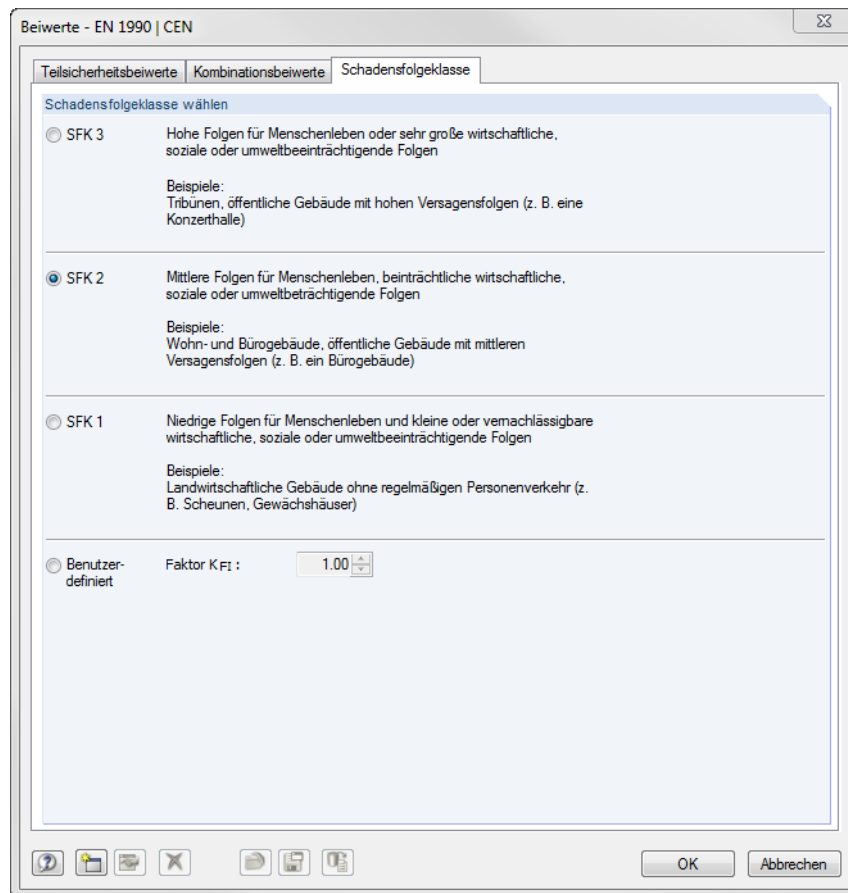


Bild 7.7: RFEM- bzw. RSTAB-Dialog *Beiwerte* zur Auswahl der Schadensfolgeklasse SFK

Die hier festgelegte Schadensfolgeklasse wird auch im Modul RF-/FUND Pro berücksichtigt.

Der Faktor  $K_{FI}$  beeinflusst die im Modul angesetzten Bemessungslasten:

- Last aus Fundamentplatteneigengewicht
- Last aus Köchereigengewicht
- Last aus Überschüttung
- Last aus zusätzlicher Auflast

Der Faktor für Einwirkung zur Differenzierung der Zuverlässigkeit  $K_{FI}$  und die Schadensfolgeklasse *SFK* werden in den RF-/FUND Pro-Ergebnistabellen dokumentiert. Sie können unter dem Eintrag *Resultierender Teilsicherheitsbeiwert* eingesehen werden (siehe Bild 7.8).

Grundbruch (EC 7, 6.5.2) ; Knoten 3 ; LK12			
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
☑ Bemessungswert der Grundbrücheinwirkung	$V_d/A'$	173.9	kN/m <sup>2</sup>
☑ Bemessungswert der wirksamen Vertikallast in der Bodenfuge	$V_d$	412.25	kN
☑ Bemessungswert aus Fundamentplatteneigengewicht	$G_{p,d}$	34.26	kN
☑ Bemessungswert aus Köchereigengewicht	$G_{cal,d}$	47.95	kN
☑ Bemessungswert aus Überschüttung	$G_{cov,d}$	85.61	kN
☑ Resultierender Teilsicherheitsbeiwerte für ständige, ungünstige Einwirkungen	$\gamma_{G,sup}$	1.485	
☑ Schadensfolgeklasse	SFK	3	
☐ Faktor für Einwirkungen zur Differenzierung der Zuverlässigkeit	$K_{FI}$	1.100	
☐ Teilsicherheitsbeiwerte für ständige, ungünstige Einwirkungen	$\gamma_{G,sup}$	1.350	
☑ Charakteristischer Wert aus Überschüttung	$G_{cov,k}$	57.65	kN
☐ Höhe der Überschüttung	$\bar{u}$	1.000	m
☐ Charakteristische Wert der Wichte der Überschüttung	$\gamma_{ü,k}$	20.00	kN/m <sup>3</sup>
☑ Bemessungswert aus Auflast	$P_{S,d}$	71.13	kN
☐ aus der Stützennormalkraft	$P_{Z,d}$	173.30	kN
☑ Bemessungswerte der wirksamen Momente in der Bodenfuge			
☑ Bemessungswert der Lastausmitte der wirksamen Vertikallast			
☑ Rechnerische Sohlfläche	$A'$	23713	cm <sup>2</sup>

Bild 7.8: Ausgabe der Schadensfolgeklasse in RF-/FUND Pro

Wird in RF-/FUND Pro ein Nationaler Anhang ausgewählt, der zu einem anderen Faktor  $K_{FI}$  als in RFEM bzw. RSTAB vorgegeben führt, erhält der Anwender einen Hinweis vor dem Start der Berechnung.

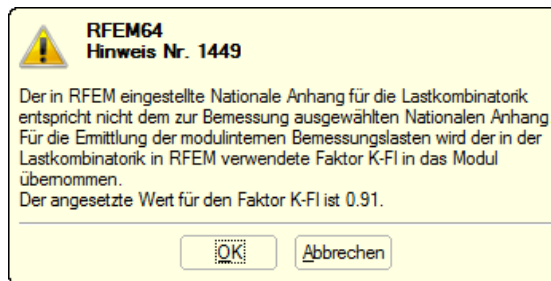


Bild 7.9: Hinweis vor der Berechnung

### Beispiel:

Norm in RFEM/RSTAB: EN 1990 + NA für Schweden  $\Rightarrow K_{FI} = 0,91$   
 Norm in RF-/FUND Pro: EN 1992-1-1 + EN 1997-1  $\Rightarrow K_{FI} = 1,00$

Für die Nachweise in RF-/FUND Pro wird der Faktor  $K_{FI} = 0,91$  aus RFEM bzw. RSTAB verwendet.

## 7.5 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fundamentbemessung lassen sich auch in anderen Programmen nutzen.

### Zwischenablage

Markierte Zellen der RF-/FUND Pro-Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten werden dabei nicht berücksichtigt.

### Ausdruckprotokoll

Die RF-/FUND Pro-Daten können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe [Kapitel 6.1, Seite 70](#)) und von dort dann exportiert werden über das Menü

**Datei** → **Export in RTF.**

Ebenso ist der Export in VCmaster möglich. Diese Funktionen sind in Kapitel 10.1.11 des RFEM- oder RSTAB-Handbuchs beschrieben.

## Excel / OpenOffice

RF-/FUND Pro ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel und OpenOffice Calc oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

**Datei** → **Tabellen exportieren**.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

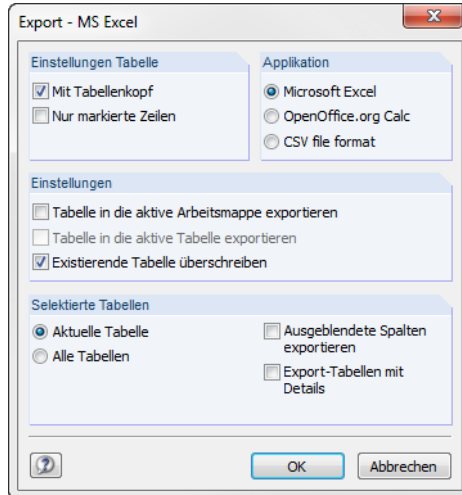


Bild 7.10: Dialog *Export - MS Excel*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen, d. h. die Programme brauchen nicht zuvor geöffnet werden.

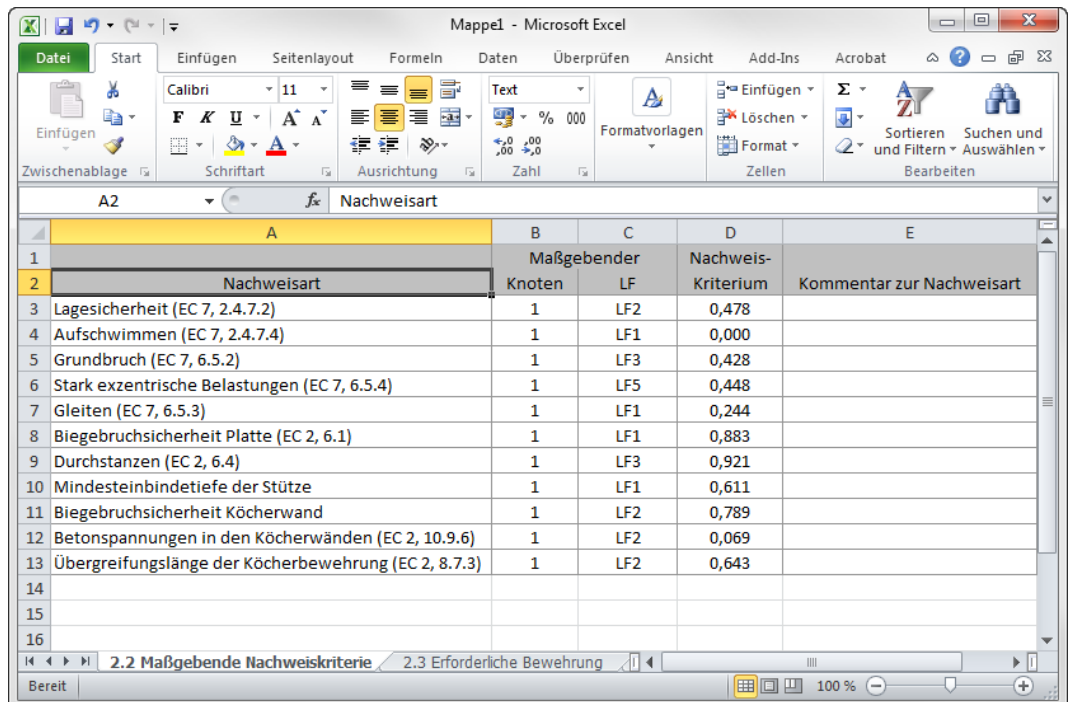


Bild 7.11: Export-Ergebnis in Excel

## CAD-Anwendungen

Die in RF-/FUND Pro generierten Bewehrungspläne lassen sich auch in CAD-Anwendungen nutzen. Die Pläne können als DXF-Datei exportiert werden über das Menü

**Datei** → **DXF-Export der Bewehrungszeichnungen.**

Im Windows-Dialog *Speichern* sind das Verzeichnis und der Name der DXF-Datei anzugeben.

Anschließend können im Dialog *DXF-Export der Bewehrungszeichnungen* der Inhalt des Exports, die Bemaßung und die Layer eingestellt werden.

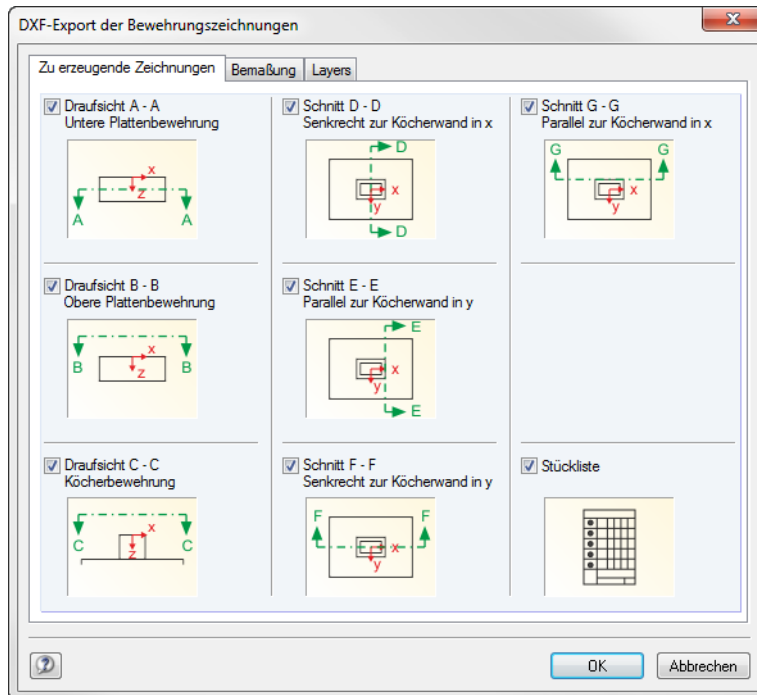


Bild 7.12: Dialog *DXF-Export der Bewehrungszeichnungen*



# 8 Beispiele

## 8.1 Köcherfundament

In diesem Beispiel wird ein bewehrter Köcher mit rauer Schalungsfläche für eine Gruppe von Lastfällen ausgelegt, deren Schnittgrößen zu einer zweiachsigen Biegebeanspruchung führen. Für die Bewehrung werden umschließende Bügel gewählt.

### 8.1.1 Lagerkräfte

In RFEM bzw. RSTAB werden die Lagerreaktionen für die definierten Belastungen ermittelt. Für die Bemessung eines Köcherfundaments mit rauer Schalung sind folgende Lastfälle maßgebend:

- Lastfall **maxHoX** Die Schnittgrößen dieses Lastfalls liefern die größte horizontale Kraft in X-Richtung.
- Lastfall **maxHoY** Die Schnittgrößen dieses Lastfalls liefern die größte horizontale Kraft in Y-Richtung.
- Lastfall **minT** Aus den Schnittgrößen dieses Lastfalls ergibt sich die größte Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Köcher.

RF-/FUND Pro untersucht, welcher Lastfall oder welche Lastkombination die maßgebenden Lagerreaktionen für die Bemessung liefert.

Es liegen die Schnittgrößen folgender Lastfälle für die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit vor:

GZT:

Lastfall	$P_{z,d}$ [kN]	$P_{x,d}$ [kN]	$P_{y,d}$ [kN]	$M_{x,d}$ [kN]	$M_{y,d}$ [kN]
1	300	-50	20	100	250
2	100	0	0	0	327
3	500	0	0	150	-150

GZG:

Lastfall	$P_{z,k}$ [kN]	$P_{x,k}$ [kN]	$P_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kN]	$M_{y,k}$ [kN]
4	215	-35	14	75	175
5	75	0	0	0	235
6	360	0	0	110	-110



Zur Kontrolle der eingegebenen Lasten empfiehlt es sich, im Zeigen-Navigator von RFEM bzw. RSTAB die Vorzeichen der Lagerreaktionen zuzuschalten.

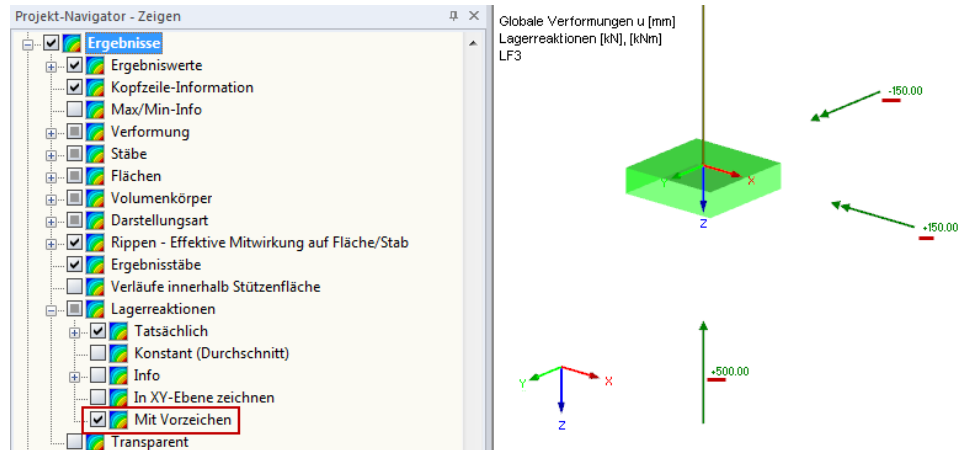


Bild 8.1: Aktivieren der Vorzeichen für Lagerreaktionen im Zeigen-Navigator von RFEM

### 8.1.2 Weitere Vorgaben

Für die Bemessung in RF-/FUND Pro gelten folgende Randbedingungen:

- Fundamenttyp           Köcherfundament mit rauen Köcherinnenseiten
- Stütze                    Rechteck 30 cm / 40 cm
- Normen                   EN 1992-1-1, EN 1997-1
- Bemessungsschnitt     Stützenmitte
- Bügelform                Bügel, die die Stütze umschließen
- Beton                     C 35/45
- Betonstahl               B 500 S (A)
- Betondeckung           Mindestbetondeckung nach Norm (Expositionsklasse XC2/XC3, Herstellungsart auf vorbereitetem Baugrund)

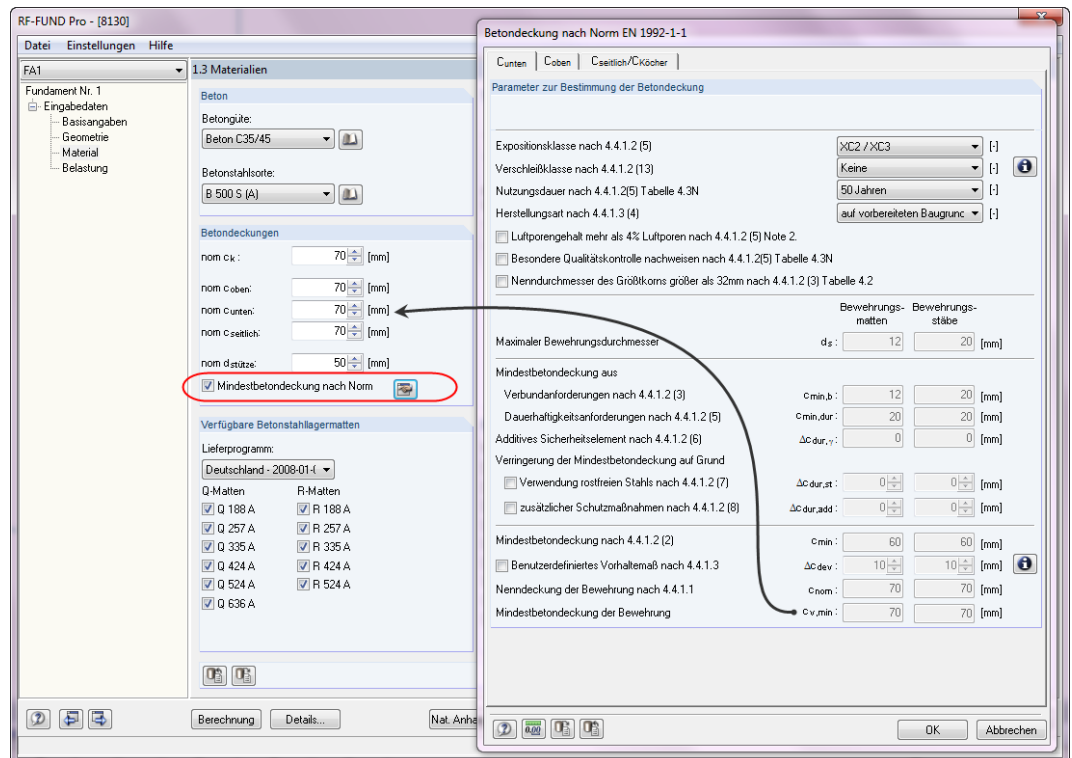


Bild 8.2: Detaildialog für Betondeckung

- Exzentrizität in x-Richtung      -30 cm (Abstand Stützenmitte zu Mitte Fundamentplatte)
- Exzentrizität in y-Richtung      keine
- Überschüttung                      1,00 m mit Wichte der Überschüttung = 20 kN/m<sup>3</sup>
- Zusätzliche Einzellast            17 kN
- Abstand vom Auflagerkoordinatensystem
  - in x-Richtung                      -0,5 m
  - in y-Richtung                      0,5 m
- Zusätzliche Gleichstreckenlast 10 kN/m
- Abstand des Streckenlastbeginns vom Lagerkoordinatensystem
  - in x-Richtung                      1,5 m
  - in y-Richtung                      1,5 m
- Abstand des Streckenlastendes vom Lagerkoordinatensystem
  - in x-Richtung                      -2,0 m
  - in y-Richtung                      -2,5 m
- Zulässige Bodenpressung  $\sigma_{Rk}$  280 kN/m<sup>2</sup>
- Keine Berücksichtigung des passiven Erdwiderstands für Gleitsicherheitsnachweis
- Unkonsolidierte Verhältnisse

## 8.1.3 Abmessungen Fundamentplatte und Köcher

Die *Auslegen*-Parameter der Fundamentplatte sind wie folgt zu definieren:

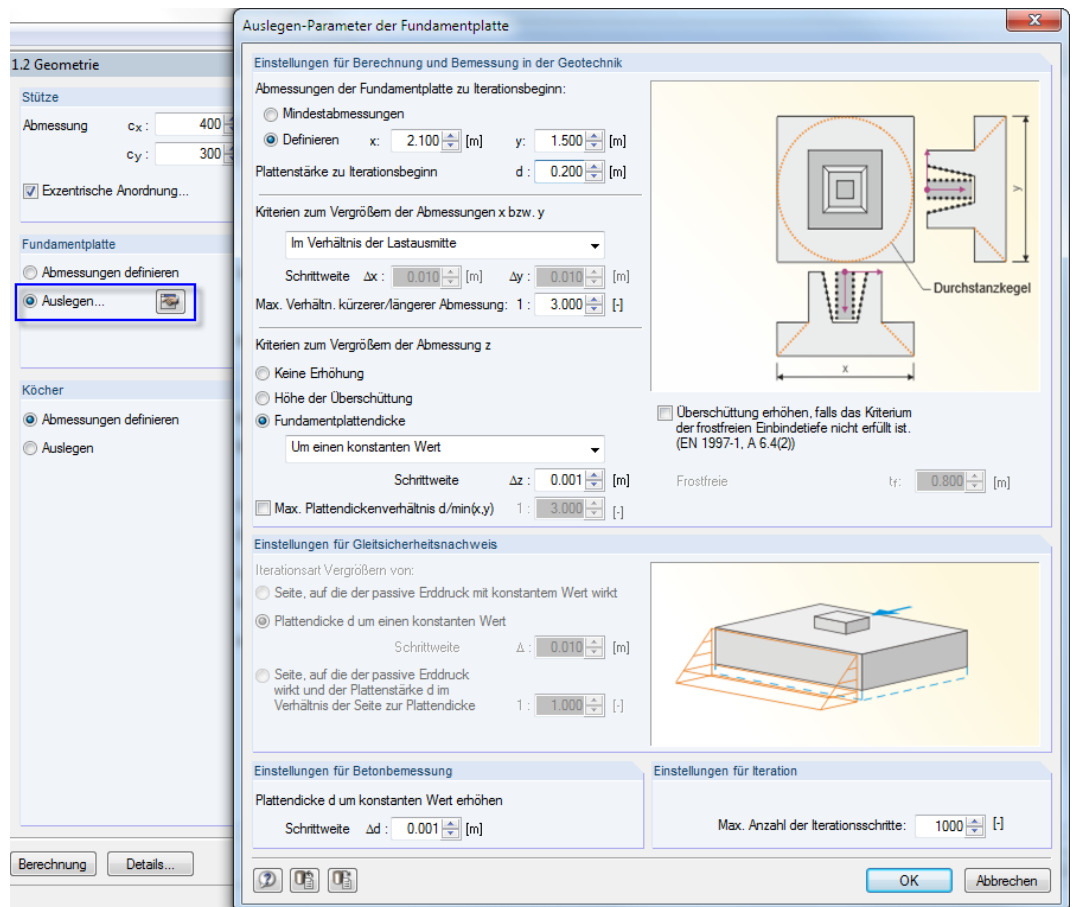


Bild 8.3: Detaildialog für Auslegung der Fundamentplatte

Im Zuge der iterativen Berechnung werden folgende Abmessungen von Fundamentplatte und Köcher ermittelt:

2.1 Geometrie			
Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
<b>Stütze</b>			
Abmessung in x-Richtung	$c_x$	0.400	m
Abmessung in y-Richtung	$c_y$	0.300	m
<b>Exzentrizität</b>			
Exzentrizität in x-Richtung	$e_x$	-0.300	m
Exzentrizität in y-Richtung	$e_y$	0.000	m
<b>Fundamentplatte</b>			
Abmessung in x-Richtung	$x$	3.300	m
Abmessung in y-Richtung	$y$	2.600	m
Plattendicke	$d$	0.360	m
<b>Köcher</b>			
Köcherhöhe	$h$	1.310	m
Einbindetiefe Stütze	$t$	1.310	m
<b>Abmessung in x-Richtung</b>			
Gesamte Köcherabmessung	$d_{kx}$	1.140	m
Obere Köcherwandstärke	$t_{ox}$	0.270	m
Oberes Stützenspiel	$a_{ox}$	0.100	m
Untere Köcherwandstärke	$t_{ux}$	0.320	m
Unteres Stützenspiel	$a_{ux}$	0.050	m
Innenwandneigung	$\alpha_x$	87.81	°
<b>Abmessung in y-Richtung</b>			
Gesamte Köcherabmessung	$d_{ky}$	1.240	m
Obere Köcherwandstärke	$t_{oy}$	0.370	m
Oberes Stützenspiel	$a_{oy}$	0.100	m
Untere Köcherwandstärke	$t_{uy}$	0.420	m
Unteres Stützenspiel	$a_{uy}$	0.050	m
Innenwandneigung	$\alpha_y$	87.81	°
<b>Überschüttung</b>			
Höhe der Überschüttung	$\bar{u}$	1.000	m

Bild 8.4: Ergebnis des Auslegungsprozesses



### Hinweis zu den ausgelegten Fundamentabmessungen

Es ist möglich, dass die vom Programm ausgelegten Abmessungen je nach RFEM/RSTAB-Version geringfügig differieren. Daher empfiehlt es sich, die ausgelegten Abmessungen für einen zweiten Rechengang zu übernehmen und auf ein „rundes Maß“ aufzurunden. Diese Abmessungen werden in einem weiteren Rechenlauf nicht mehr geändert. Falls ein Nachweis nicht erfüllt ist, wird dies in den Ergebnismasken entsprechend gekennzeichnet.



Da die vom Benutzer erwarteten Fundamentabmessungen auf Zentimeter abgerundet sein sollen, können die berechneten Abmessungen in Maske 1.2 mit den unten dargestellten Schaltflächen übernommen und die gewünschten Abmessungen eingegeben werden.

Bild 8.5: Schaltflächen [Abmessungen übernehmen]

2.1 Geometrie

Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit	Meldung
<input type="checkbox"/> Stütze				
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$c_x$	0.400	m	
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$c_y$	0.300	m	
<input type="checkbox"/> Exzentrizität				
<input type="checkbox"/> Exzentrizität in x-Richtung	$e_x$	-0.300	m	
<input type="checkbox"/> Exzentrizität in y-Richtung	$e_y$	0.000	m	
<input type="checkbox"/> Fundamentplatte				
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$x$	3.300	m	
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$y$	2.600	m	
<input type="checkbox"/> Plattendicke	$d$	0.360	m	
<input type="checkbox"/> Köcher				
<input type="checkbox"/> Köcherhöhe	$h$	1.310	m	
<input type="checkbox"/> Einbindetiefe Stütze	$t$	1.310	m	
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung				
<input type="checkbox"/> Gesamte Köcherabmessung	$d_{kx}$	1.140	m	
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	$t_{ox}$	0.270	m	
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	$a_{ox}$	0.100	m	
<input type="checkbox"/> Untere Köcherwandstärke	$t_{ux}$	0.320	m	
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	$a_{ux}$	0.050	m	
<input type="checkbox"/> Innenwandneigung	$\alpha_x$	87.81	°	
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung				
<input type="checkbox"/> Gesamte Köcherabmessung	$d_{ky}$	1.240	m	
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	$t_{oy}$	0.370	m	
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	$a_{oy}$	0.100	m	
<input type="checkbox"/> Untere Köcherwandstärke	$t_{uy}$	0.420	m	
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	$a_{uy}$	0.050	m	
<input type="checkbox"/> Innenwandneigung	$\alpha_y$	87.81	°	
<input type="checkbox"/> Überschüttung				
<input type="checkbox"/> Höhe der Überschüttung	$\bar{u}$	1.000	m	

Bild 8.6: Gerundete Fundamentabmessungen

### 8.1.3.1 Mindesteinbindetiefe der Stütze

Maßgebend bei der Ermittlung der ersten Einbindetiefe  $T_1$  der Stütze in den Köcher ist Lastfall LF1 bzw. LF2 (beide Lastfälle mit  $e_x > 2,0$ ). Die Exzentrizität  $e$  ergibt sich zu:

$$e_x = \left| \frac{M}{P_z \cdot c} \right| = \frac{250,00}{300,00 \cdot 0,40} = 2,083$$

Da  $2,0 < 2,083$  ist, ermittelt sich die erforderliche Einbindetiefe  $erft$  zu:

$$erft = \min T_1 = 2 \cdot c = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}$$

Mindesteinbindetiefe der Stütze   Knoten 1   LF2			
<input type="checkbox"/> Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
<input type="checkbox"/> Am Knoten	Nr.	1	
<input type="checkbox"/> Lastfall	LF	LF2	
<input type="checkbox"/> Bemessungssituation	BS	GR	
<input type="checkbox"/> Vertikalkraft	$P_{z,d}$	100.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in x-Richtung	$P_{x,d}$	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in y-Richtung	$P_{y,d}$	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	$M_{x,d}$	0.00	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	$M_{y,d}$	327.00	kNm
<input type="checkbox"/> Bezogene Lastausmitte in x-Richtung	$e_x$	8.175	
<input type="checkbox"/> Stützenspannmoment um die y-Achse	$M_y$	327.00	kNm
<input type="checkbox"/> Breite der Stütze in x-Richtung	$c_x$	0.400	m
<input type="checkbox"/> Bezogene Lastausmitte in y-Richtung	$e_y$	0.000	
<input type="checkbox"/> Stützenspannmoment um die x-Achse	$M_x$	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Breite der Stütze in y-Richtung	$c_y$	0.300	m
<input type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Einbindetiefe	vorh t	1.310	m
<input type="checkbox"/> Erforderliche Einbindetiefe	erft	0.800	m
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.611	

Bild 8.7: Nachweis der Mindesteinbindetiefe für LF1

Mindesteinbindetiefe der Stütze   Knoten 1   LF1			
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
Am Knoten	Nr.	1	
Lastfall	LF	LF1	
Bemessungssituation	BS	GR	
Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	300.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	-50.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	20.00	kN
Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	100.00	kNm
Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	250.00	kNm
☑ Bezogene Lastausmitte in x-Richtung	e <sub>x</sub>	2.083	
Stützenspannmoment um die y-Achse	M <sub>Y</sub>	250.00	kNm
Breite der Stütze in x-Richtung	c <sub>x</sub>	0.400	m
☑ Bezogene Lastausmitte in y-Richtung	e <sub>y</sub>	1.111	
Stützenspannmoment um die x-Achse	M <sub>X</sub>	100.00	kN
Breite der Stütze in y-Richtung	c <sub>y</sub>	0.300	m
☑ Nachweis			
Vorhandene Einbindetiefe	vorh t	1.310	m
Erforderliche Einbindetiefe	erf t	0.800	m
Nachweiskriterium	Kriterium	0.611	

Bild 8.8: Nachweis der Mindesteinbindetiefe für LF2

## 8.1.4 Horizontalkräfte auf Köcherwände

Exemplarisch wird die größte Horizontalkraft in y-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in x-Richtung ermittelt:

$$\max H_{oy} = \left| \frac{6 \cdot M_x}{5 \cdot t} + \frac{6}{5} \cdot P_y \right| = \left| \frac{6 \cdot 150}{5 \cdot 1,31} + \frac{6}{5} \cdot 0 \right| = 137,40 \text{ kN}$$

In der Ergebnismaske 2.3 *Erforderliche Bewehrung* findet sich unter den Detaillergebnissen der gleiche Wert. Dort kann auch die zugehörige Horizontalkraft in x-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in y-Richtung abgelesen werden.

Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen)   Pos: 6,9   Name: BuY			
☑ Beanspruchung aus maximaler Horizontalkraft in y-Richtung (LF max H <sub>oy</sub> )			
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
Am Knoten	Nr.	1	
Lastfall	LF	LF3	
Bemessungssituation	BS	GR	
Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	500.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	0.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	0.00	kN
Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	150.00	kNm
Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	-150.00	kNm
Hebelarm	z	1.092	m
Obere Horizontalkraft in y-Richtung	max H <sub>oy</sub>	137.40	kN
Obere Horizontalkraft in x-Richtung	zug H <sub>ox</sub>	137.40	kN

Bild 8.9: Maximale Horizontalkraft in y-Richtung

Der nächste Detaileintrag enthält die Ergebnisse des Lastfalls, die zur größten Horizontalkraft in x-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in y-Richtung führen. Auch hier wird die zugehörige Horizontalkraft in y-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in x-Richtung ausgewiesen.

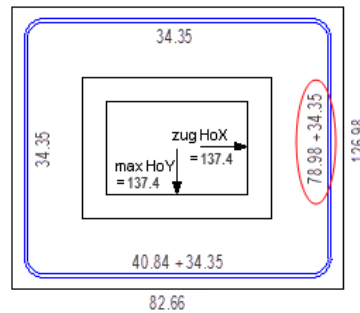
Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen)   Pos: 6,9   Name: BuY			
☑ Beanspruchung aus maximaler Horizontalkraft in x-Richtung (LF max H <sub>ox</sub> )			
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
Am Knoten	Nr.	1	
Lastfall	LF	LF2	
Bemessungssituation	BS	GR	
Vertikalkraft	P <sub>Z,d</sub>	100.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P <sub>X,d</sub>	0.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P <sub>Y,d</sub>	0.00	kN
Moment um die x-Achse	M <sub>X,d</sub>	0.00	kNm
Moment um die y-Achse	M <sub>Y,d</sub>	327.00	kNm
Hebelarm	z	1.092	m
Obere Horizontalkraft in y-Richtung	zug H <sub>oy</sub>	0.00	kN
Obere Horizontalkraft in x-Richtung	max H <sub>ox</sub>	299.54	kN

Bild 8.10: Maximale Horizontalkraft in x-Richtung

## 8.1.5 Bügelzugkräfte und Bügelbewehrung

### 8.1.5.1 Horizontale Köcherbügel Bu (allseitig außen)

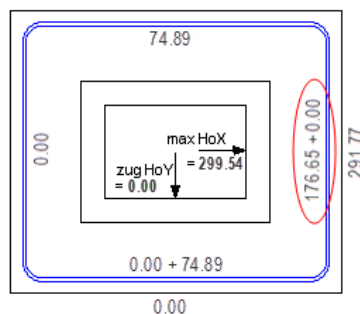
Im Lastfall mit der maximalen Horizontalkraft in y-Richtung ergeben sich folgende Zugkräfte:



Horizontale Köcherbügel (allseitig außen) ; Pos: 5,8 ; Name: Bu		
☐ Beanspruchung aus maximaler Horizontalkraft in y-Richtung (LF max Ho <sub>y</sub> )		
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente		
Hebelarm	z	1.092 m
Obere Horizontalkraft in y-Richtung	max Ho <sub>y</sub>	137.40 kN
Obere Horizontalkraft in x-Richtung	zug Ho <sub>x</sub>	137.40 kN
☑ Zugkraft dieses Lastfalles zur Bemessung der allseitig außenliegenden Bügel	maßg Z <sub>Bu</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	113.33 kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in x-Richtung		
☑ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	Z <sub>Bieg,x</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	82.66 kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Biegung der Köcherwand	Z <sub>Bu,Bieg,x</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	40.84 kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in y-Richtung		
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand	Z <sub>Bu,Zug,y</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	34.35 kN
Obere Horizontalkraft in x-Richtung	Ho <sub>x</sub>	137.40 kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung		
☑ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	Z <sub>Bieg,y</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	126.98 kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Biegung der Köcherwand	Z <sub>Bu,Bieg,y</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	78.98 kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung		
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand	Z <sub>Bu,Zug,x</sub> (max Ho <sub>y</sub> )	34.35 kN
Obere Horizontalkraft in y-Richtung	Ho <sub>y</sub>	137.40 kN

**Bild 8.11:** Maximale Zugkraft in horizontalen Köcherbügeln – Lastfall mit größter Horizontalkraft in y-Richtung

Im Lastfall mit der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung ergeben sich folgende Zugkräfte:



Horizontale Köcherbügel (allseitig außen) ; Pos: 5,8 ; Name: Bu		
☑ Zugkraft dieses Lastfalles zur Bemessung der allseitig außenliegenden Bügel	maßg Z <sub>Bu</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	176.65 kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in x-Richtung		
☑ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	Z <sub>Bieg,x</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	0.00 kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Biegung der Köcherwand	Z <sub>Bu,Bieg,x</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	0.00 kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in y-Richtung		
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand	Z <sub>Bu,Zug,y</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	74.89 kN
Obere Horizontalkraft in x-Richtung	Ho <sub>x</sub>	299.54 kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung		
☑ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	Z <sub>Bieg,y</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	291.77 kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Biegung der Köcherwand	Z <sub>Bu,Bieg,y</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	176.65 kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung		
Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand	Z <sub>Bu,Zug,x</sub> (max Ho <sub>x</sub> )	0.00 kN
Obere Horizontalkraft in y-Richtung	Ho <sub>y</sub>	0.00 kN

**Bild 8.12:** Maximale Zugkraft in horizontalen Köcherbügeln – Lastfall mit größter Horizontalkraft in x-Richtung

An der Außenseite des Köchers sind die Zugkräfte im gesamten Bewehrungsstahl angetragen, die aus Biegung dieser Köcherwand entstehen. Oberhalb der Bügelskizze ist die anteilige Zugkraft aus Biegung ablesbar, die auf den horizontalen Köcherbügel entfällt. Zu dieser wird die anteilige Zugkraft aus Zug der jeweiligen Köcherwand addiert.

Vor der Ermittlung der maßgebenden Zugkraft soll kurz auf die anteilige Zugkraft aus Biegung im horizontalen, allseitig außenliegenden Köcherbügel eingegangen werden. Hierzu wird die Biegung der Köcherwand in y-Richtung betrachtet, die im Lastfall der größten Horizontalkraft in x-Richtung vorliegt.

Zunächst ist das einwirkende Biegemoment zu bestimmen.

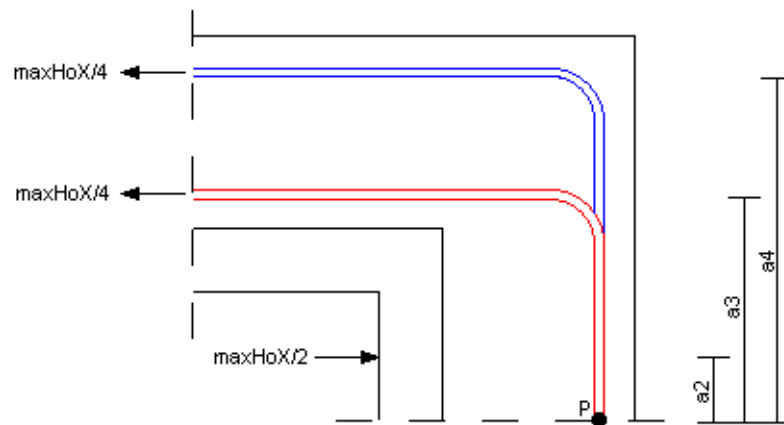


Bild 8.13: Einwirkendes Biegemoment

Die Hebelarme  $a_2$ ,  $a_3$  und  $a_4$  ermitteln sich wie folgt:

$$a_{2,y} = \frac{c_y}{4} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ cm}$$

$$a_{3,y} = \frac{c_y}{2} + a_{oy} + \text{nom } c_k + \frac{d_s}{2} = \frac{30}{2} + 10 + 7,0 + \frac{1,4}{2} = 32,7 \text{ cm}$$

$$a_{4,y} = \frac{c_y}{2} + a + t_{oy} - \text{nom } c_k - \frac{d_s}{2} = \frac{30}{2} + 10 + 37 - 7,0 + \frac{1,4}{2} = 54,3 \text{ cm}$$

Damit kann das einwirkende Moment unter Gebrauchslast um den Punkt P ermittelt werden.

$$\begin{aligned} M_{E d,y} &= \gamma \cdot \left( \frac{\max H_{ox}}{4} \cdot (a_{3,y} + a_{4,y}) - \frac{\max H_{ox}}{2} \cdot a_{2,y} \right) = \\ &= 1,0 \cdot \left( \frac{299,54}{4} \cdot (0,327 + 0,543) - \frac{299,54}{2} \cdot 0,075 \right) = 53,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Das folgende Bild zeigt die Parameter der Biegebemessung in RF-/FUND Pro.

☐ Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung			
☐ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	Z <sub>Bieg,y</sub> (max)	291.77	kN
☐ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	M <sub>Ed,y</sub>	53.92	kNm
--- Hebelarm	a <sub>2,y</sub>	0.075	m
--- Hebelarm	a <sub>3,y</sub>	0.327	m
--- Hebelarm	a <sub>4,y</sub>	0.543	m
--- Erforderliche Biegebruchsicherheit	γ	1.000	
☐ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	M <sub>Rd,y</sub>	53.93	kNm
--- Statische Nutzhöhe	d	0.210	m
--- Gewählte Festigkeitsklasse			Beton C35/4
--- Bemessungswert des Betons	f <sub>cd</sub>	19833.3	kPa
--- Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung	α <sub>cc</sub>	0.850	
--- Charakteristische Zylinderfestigkeit	f <sub>ck</sub>	35000.0	kPa
--- Teilsicherheitsbeiwert des Betons	γ <sub>c</sub>	1.500	
--- Rechnerische Bruchdehnung des Betons	ε <sub>cu</sub>	3.500	‰
--- Betondehnung	ε <sub>c</sub>	3.500	‰
--- Höhe der dreieckförmigen Betondruckzonenfläche	h <sub>D</sub>	0.017	m
--- Höhe der rechteckförmigen Betondruckzonenfläche	h <sub>R</sub>	0.025	m
--- Breite der Betondruckzonenfläche	b	0.437	m
--- Fläche der Betondruckzone	A	147.113	cm <sup>2</sup>
--- Bemessungswert der Betondruckkraft	F <sub>cd</sub>	291.77	kN
--- Bemessungswert der Streckgrenze	f <sub>yd</sub>	434783.0	kPa
--- Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls	f <sub>yk</sub>	500000.0	kPa
--- Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl	γ <sub>s</sub>	1.150	
--- Dehnung der horizontalen Köcherwandbewehrung	ε <sub>zu</sub>	10.470	‰
--- Mindestdehnung der horizontalen Köcherwandbewehrung	min ε <sub>zu</sub>	2.000	‰
--- Hebelarm der inneren Kräfte	z	0.185	m

Bild 8.14: Details – Horizontale Köcherbügel

Die Höhe der Druckzone setzt sich aus einem dreieckförmigen und einem rechteckförmigen Druckzonenanteil zusammen. Der Faktor 0,8 entfällt hier, da diese Höhe bereits mit dem Beiwert reduziert ist. Die Druckzonenhöhen ergeben sich aus der Bemessung.

Auf die Betonbemessung wird bei der Ermittlung der Biegebruchsicherheit im [Kapitel 8.1.6](#) eingegangen.

Um nun die anteilige Zugkraft bestimmen zu können, die auf den horizontalen Köcherbügel entfällt, sind zunächst die Hebelarme a<sub>5</sub> und a<sub>6</sub> zu ermitteln.

$$a_5 = t_{ox} - \text{nom } c_k - \frac{d_s}{2} - \frac{0,8 \cdot z_{Du}}{4} = t_{ox} - \text{nom } c_k - \frac{d_s}{2} - \frac{0,8 \cdot (h_D + h_R)}{4} =$$

$$= 27 - 7 - \frac{1,4}{2} - \frac{1,7 + 2,5}{4} = 18,25 \text{ cm}$$

$$a_{6,y} = \frac{c_y}{8} + a_{oy} + t_{oy} - \text{nom } c_k - \frac{d_s}{2} = \frac{30}{8} + 10 + 37 - 7 - \frac{1,4}{2} = 43,05 \text{ cm}$$

Damit kann der Lastausbreitungswinkel  $\vartheta_1$  bestimmt werden.

$$\theta_1 = \arctan \frac{a_5}{a_6} = \arctan \frac{18,25}{43,05} = 22,97$$

Mit diesem Winkel und der im Viertelpunkt angreifenden anteiligen Horizontalkraft max HoX lässt sich nun die Größe der Druckstrebenkraft D1 ermitteln.

$$D1 = \frac{\max H_{oX}}{4 \cdot \sin \theta_1} = \frac{299,54}{4 \cdot \sin 22,97} = 191,89 \text{ kN}$$

Die Horizontalkomponente der Druckstrebenkraft D1 ist jener Anteil der kompletten Zugkraft, die sich aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung ergibt. Er wird ermittelt zu:

$$Z_{\text{Bu,Bieg}} = D1 \cdot \cos \theta_1 = 191,89 \cdot \cos 22,97 = 176,65 \text{ kN}$$

Diese Zugkraft findet sich auch in den Details von RF-/FUND Pro.

☐ Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
--- Tangens des Lastausbreitungswinkels $\vartheta_1$ innerhalb der Köc	tan $\vartheta_{1,y}$	0.424	
--- Lastausbreitungswinkel $\vartheta_1$ innerhalb der Köcherwand in y-R	$\vartheta_{1,y}$	22.97	°
--- Vertikale Kathete der Druckstrebe innerhalb der Köcherwan	a <sub>5,x</sub>	18.25	cm
--- Horizontale Kathete der Druckstrebe innerhalb der Köcherw	a <sub>6,y</sub>	43.05	cm
--- Hebelarm innerhalb der Köcherwand in y-Richtung	a <sub>1,y</sub>	19.30	cm
--- Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Biegung	Z <sub>Bu,Bieg,y</sub> (m)	176.65	kN

Bild 8.15: Details – Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft

Mit diesen Hintergrundinformationen ist nun nachvollziehbar, wie die maximale Zugkraft im horizontalen Köcherbügel bestimmt wird. Sie ergibt sich bei der Biegung der Köcherwand in y-Richtung infolge der maximalen Horizontalkraft, die in x-Richtung vorliegt:

$$\text{maßg } Z_{\text{Bu}} = 176,65 \text{ kN}$$

Da eine Stahldehnung jenseits der Stahldehnung an der Streckgrenze vorliegt, wird die Streckgrenze als vorherrschende Stahlspannung zur Ermittlung des erforderlichen Stahlquerschnitts benutzt. Im Programm sieht dies so aus:

Erforderlicher Stahlquerschnitt			
Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der allseitig außenliegenden Bü	maßg $Z_{\text{Bu}}$	176,65	kN
Streckgrenze des Bewehrungsstahls	$f_{yk}$	500000,0	kPa
Maßgebender erforderlicher Stahlquerschnitt	maßg erf $A_{s,i}$	4,063	cm <sup>2</sup>

Bild 8.16: Details – Erforderlicher Stahlquerschnitt für Bügel

Es wird folgende Bewehrung gewählt:

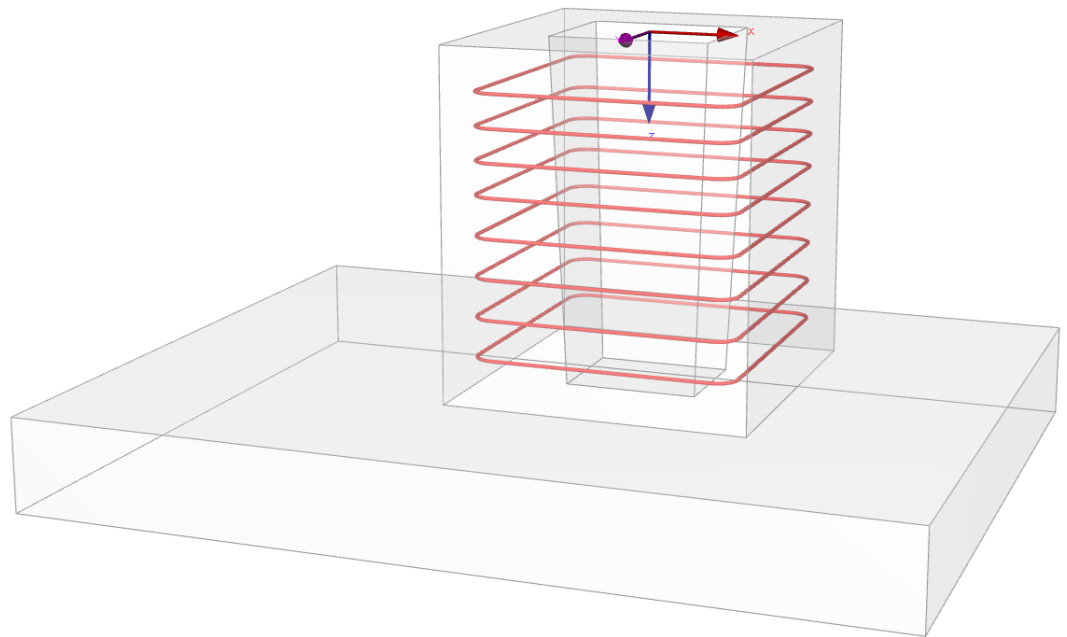


Bild 8.17: Rendering der horizontalen Köcherbügel

Folgende Tabelle bietet einen Überblick über die Bewehrungsdetails.

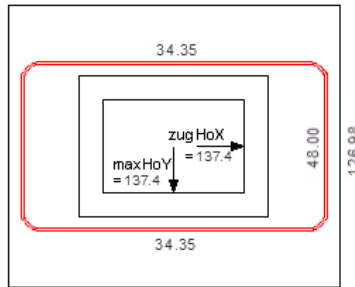
Details zur gewählten Bewehrung			
Oben liegende Bügel			
Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s,\text{Bu}}$	4,618	cm <sup>2</sup>
Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s,\text{Bu}}$	14	mm
Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{\text{Bu}}$	3	
Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{\text{Bu}}$	3	
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{\text{Bu}}$	3	
Abstand der Bügel			
Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{\text{max},\text{BuX}}$	261	mm
Verlegebreite	$l_{\text{Verleg},\text{BuX}}$	437	mm
Mindestabstand von der oberen Köcherseite	$z_{\text{min},\text{BuX}}$	175	mm
Unten liegende Bügel			
Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv			
Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s,\text{Bu}}$	7,697	cm <sup>2</sup>
Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s,\text{Bu}}$	14	mm
Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{\text{Bu}}$	5	
Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{\text{Bu}}$	0	
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{\text{Bu}}$	5	
Abstand der Bügel			
Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{\text{max},\text{BuX}}$	714	mm
Verlegebreite	$l_{\text{Verleg},\text{BuX}}$	873	mm
Mindestabstand von der unteren Köcherseite	$z_{\text{min},\text{BuX}}$	159	mm

Bild 8.18: Details – Gewählte Bewehrung (Bügel Bu)

## 8.1.5.2 Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen)

In gleicher Weise ist die Zugkraft in den Bügeln zu bestimmen, die sich an den Außenseiten der Köcherwände in y-Richtung befinden.

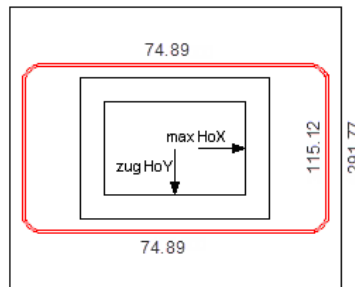
Im Lastfall mit der maximalen Horizontalkraft in y-Richtung liegen folgende Zugkräfte vor:



☐ Zugkraft dieses Lastfalls zur Bemessung der in Y-Richtung außenliegende	maßg $Z_{BuY} (f)$	48.00	kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung			
☐ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	$Z_{Bieg,y} (max)$	126.98	kN
☐ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y}$	24.73	kNm
☐ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y}$	24.73	kNm
☐ Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
☐ Anteilige Zugkraft der in y-Richtung außenliegenden Bügel	$Z_{BuY,Bieg,y} (f)$	48.00	kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
☐ Anteilige Zugkraft der in y-Richtung außenliegenden Bügel	$Z_{BuY,Zug,x} (f)$	34.35	kN
☐ Obere Horizontalkraft in x-Richtung	$H_{ox}$	137.40	kN

**Bild 8.19:** Maximale Zugkraft im außenliegenden Bügel (y-Richtung) – Lastfall mit größter Horizontalkraft in y-Richtung

Im Lastfall mit der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung ergeben sich folgende Zugkräfte:



☐ Zugkraft dieses Lastfalls zur Bemessung der in Y-Richtung außenliegende	maßg $Z_{BuY} (f)$	115.12	kN
☐ Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung			
☐ Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl	$Z_{Bieg,y} (max)$	291.77	kN
☐ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y}$	53.92	kNm
☐ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y}$	53.93	kNm
☐ Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
☐ Anteilige Zugkraft der in y-Richtung außenliegenden Bügel	$Z_{BuY,Bieg,y} (f)$	115.12	kN
☐ Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
☐ Anteilige Zugkraft der in y-Richtung außenliegenden Bügel	$Z_{BuY,Zug,x} (f)$	74.89	kN
☐ Obere Horizontalkraft in x-Richtung	$H_{ox}$	299.54	kN

**Bild 8.20:** Maximale Zugkraft im außenliegenden Bügel (y-Richtung) – Lastfall mit größter Horizontalkraft in x-Richtung

Die größte Zugkraft tritt infolge Biegung der Köcherwand in y-Richtung auf, die im Lastfall der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung vorliegt:

$$\text{maßg } Z_{BuY} = 115,12 \text{ kN}$$

Damit wird folgender Stahlquerschnitt für die Bügel BuY ermittelt:

☐ Erforderlicher Stahlquerschnitt			
☐ Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der in y-Richtung außenliegend	maßg $Z_{BuY}$	115.12	kN
☐ Streckgrenze des Bewehrungsstahls	$f_{yk}$	500000.0	kPa
☐ Maßgebender erforderlicher Stahlquerschnitt	maßg erf $A_{s,\xi}$	2.648	cm <sup>2</sup>

**Bild 8.21:** Details – Erforderlicher Stahlquerschnitt für Bügel BuY

Es wurde folgende Bewehrung gewählt:

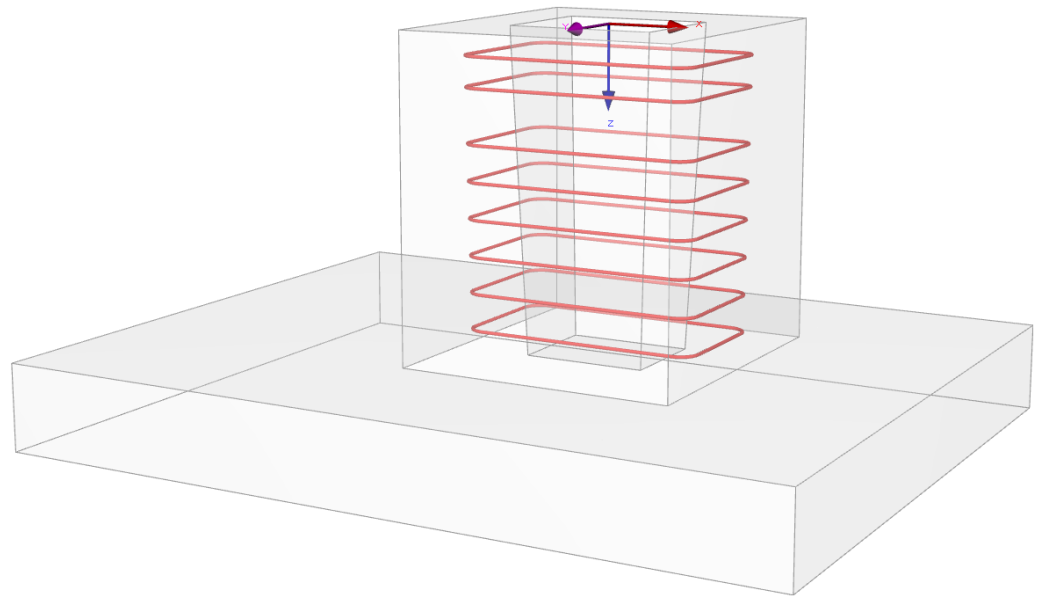


Bild 8.22: Rendering der Bügelbewehrung BuY

In den Bewehrungsdetails finden sich folgende Angaben zur Bemessung.

☐ Details zur gewählten Bewehrung			
☐ Oben liegende Bügel			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s,BuY}$	3.079	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s,BuY}$	14	mm
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{BuY}$	2	
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{BuY}$	2	
<input type="checkbox"/> Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{BuY}$	3	
☐ Abstand der Bügel			
<input type="checkbox"/> Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{max,BuY}$	317	mm
<input type="checkbox"/> Verlegebreite	$l_{Verleg.,BuY}$	437	mm
<input type="checkbox"/> Mindestabstand von der oberen Köcherseite	$z_{min,BuY}$	120	mm
☐ Unten liegende Bügel			
<input type="checkbox"/> Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s,BuY}$	9.236	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s,BuY}$	14	mm
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{BuY}$	6	
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{BuY}$	0	
<input type="checkbox"/> Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{BuY}$	6	
☐ Abstand der Bügel			
<input type="checkbox"/> Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{max,BuY}$	782	mm
<input type="checkbox"/> Verlegebreite	$l_{Verleg.,BuY}$	873	mm
<input type="checkbox"/> Mindestabstand von der unteren Köcherseite	$z_{min,BuY}$	91	mm

Bild 8.23: Details – Gewählte Bewehrung (Bügel BuY)

## 8.1.5.3 Horizontale Köcherbügel BuX (in x-Richtung außen)

Die in x-Richtung außen liegende Bügelbewehrung ermittelt sich analog.

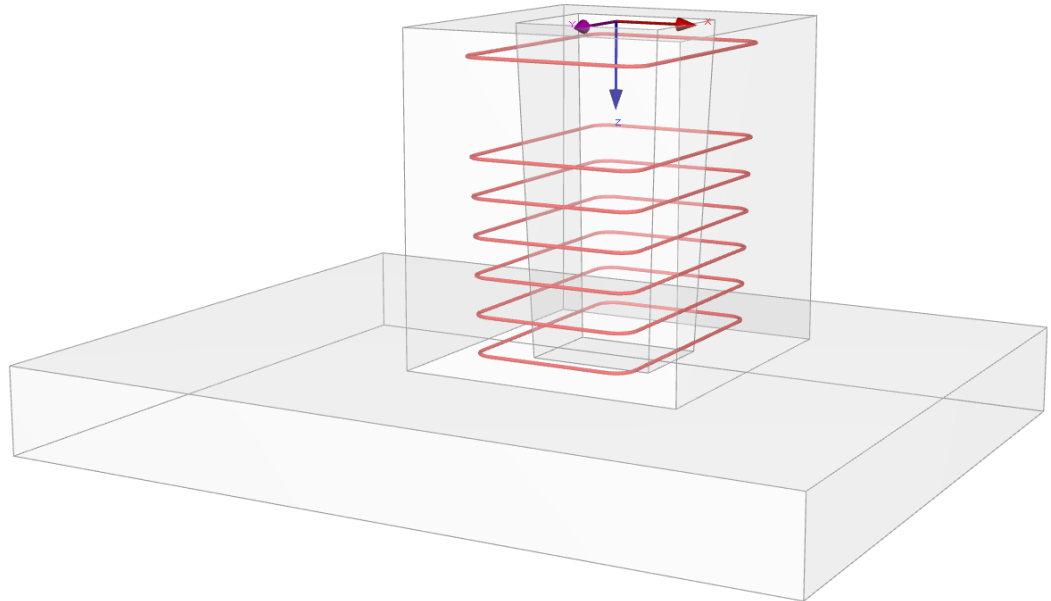


Bild 8.24: Rendering der Bügelbewehrung BuX

Details zur gewählten Bewehrung			
☐ Oben liegende Bügel			
— Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s, BuX}$	1.539	cm <sup>2</sup>
— Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s, BuX}$	14	mm
— Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{BuX}$	1	
— Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{BuX}$	1	
— Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{BuX}$	3	
☐ Abstand der Bügel			
☐ Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{max, BuX}$	331	mm
— Verlegebreite	$l_{Verleg., BuX}$	437	mm
— Mindestabstand von der oberen Köcherseite	$z_{min, BuX}$	106	mm
☐ Unten liegende Bügel			
— Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv			
— Vorhandene Stahlquerschnittsfläche	vorh $A_{s, BuX}$	9.236	cm <sup>2</sup>
— Gewählter Durchmesser des Bügels	$d_{s, BuX}$	14	mm
— Gewählte Anzahl der Bügel	$n_{BuX}$	6	
— Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln	erf $n_{BuX}$	0	
— Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mög $n_{BuX}$	6	
☐ Abstand der Bügel			
☐ Max. Länge des bewehrten Bereichs	$l_{max, BuX}$	796	mm
— Verlegebreite	$l_{Verleg., BuX}$	873	mm
— Mindestabstand von der unteren Köcherseite	$z_{min, BuX}$	77	mm

Bild 8.25: Details – Gewählte Bewehrung (Bügel BuX)

### 8.1.5.4 Vertikale Köcherbügel Vx

Zur Ermittlung der vertikalen Randbewehrung der Köcherwand in x-Richtung wird der Lastfall betrachtet, der zur maximalen Horizontalkraft in x-Richtung führt.

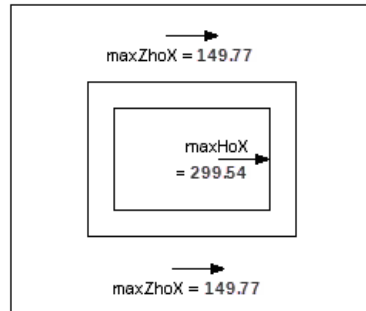


Bild 8.26: Aufteilung der Horizontalkraft auf die Köcherwände

Die Horizontalkraft wird gleichmäßig auf beide Köcherwandscheiben aufgeteilt:

$$\max Z_{ho,x} = 149,77 \text{ kN}$$

Die Neigung der Betondruckstrebe, die sich diagonal über die Köcherwandscheibe in x-Richtung ausbildet, wird wie folgt ermittelt:

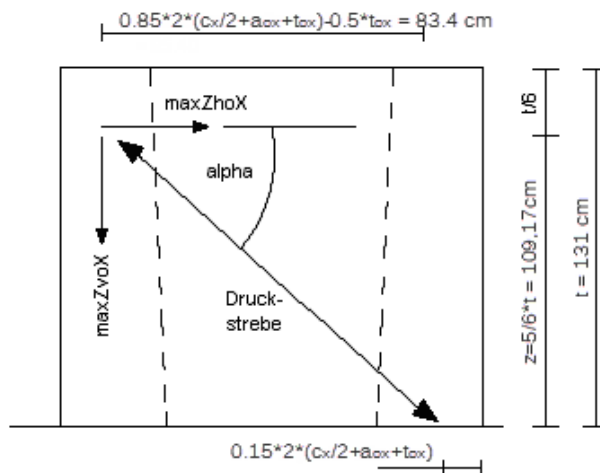


Bild 8.27: Kräftemodell zur Ermittlung der vertikalen Randzugkraft

$$\tan \alpha = \frac{109,17}{83,4} = 1,309$$

Damit kann die Randzugkraft bestimmt werden:

$$\max Z_{vo,x} = \tan \alpha \cdot \max Z_{ho,x} = 1,309 \cdot 149,77 = 196,04 \text{ kN}$$

Anschließend wird wieder der Gesamtbewehrungsquerschnitt bestimmt, der erforderlich ist, um die Zugkräfte aufzunehmen.

$$\text{erf } A_s = \frac{\max Z_{vo,x}}{f_{yd}} = \frac{196,04}{43,4783} = 4,509 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500\,000 \text{ kPa}}{1,15} = 43,4783 \text{ kN/cm}^2$$

Teilt man den Gesamtbewehrungsquerschnitt durch die doppelte Querschnittsfläche eines vertikalen Bügels, so erhält man die erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel.

Es werden Bügel mit dem Durchmesser  $\varnothing 12$  mm gewählt.

$$\text{erf } n = \frac{\text{erf } A_s}{2 \cdot A_{s_{\text{Bügel}}}} = \frac{4,509}{2 \cdot 1,13} = 1,99$$

Für jeden Rand der Köcherwandscheibe in x-Richtung werden zwei Bügel gewählt. Damit ergibt sich folgendes Bewehrungsbild:

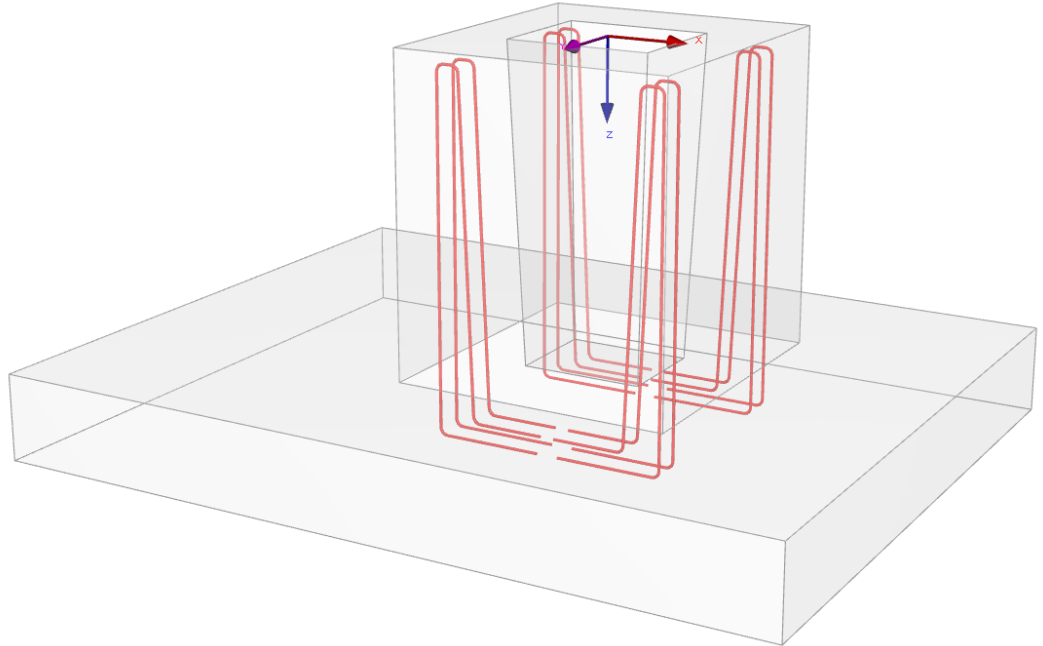


Bild 8.28: Rendering der Bügelbewehrung  $V_x$

Tabellarisch wird die Bewehrung wie folgt ausgegeben:

Details zur gewählten Bewehrung			
<input type="checkbox"/> Vorhandener Stahlquerschnitt	vorf $A_{s,Vx}$	4,524	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Gewählter Durchmesser der Bügel	$d_{s,Vx}$	12	mm
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl der Bügel pro Rand	gew $n_{Vx}$	2	
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln pro Rand	erf $n_{Vx}$	2	
<input type="checkbox"/> Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln pro Rand	mög $n_{Vx}$	2	
<input type="checkbox"/> Abstand der Bügel	$s_{Vx}$	116	mm

Bild 8.29: Details – Gewählte Bewehrung (Bügel  $V_x$ )

### 8.1.5.5 Vertikale Köcherbügel $V_y$ und Köcherwandbewehrung

Die Ermittlung der Randbewehrung für die Köcherwandscheibe in y-Richtung erfolgt analog – mit folgendem Ergebnis:

Details zur gewählten Bewehrung			
— Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh $A_{s,Vy}$	2.262	cm <sup>2</sup>
— Gewählter Durchmesser der Bügel	$d_{s,Vy}$	12	mm
— Gewählte Anzahl der Bügel pro Rand	$n_{Vy}$	1	
— Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln pro Rand	erf $n_{Vy}$	1	
— Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln pro Rand	mög $n_{Vy}$	1	
— Abstand der Bügel	$s_{Vy}$	100	mm

Bild 8.30: Details – Gewählte Bewehrung (Bügel  $V_y$ )

Die Randbewehrungen werden mit der Biegebewehrung der Fundamentplatte verankert. Damit ist die Ermittlung der statisch erforderlichen Bewehrung abgeschlossen.

Konstruktiv werden in jede Wandscheibe nun noch so viele Bügel eingelegt, wie es der in Maske 2.6 *Köcherbewehrung* gewählte Abstand von 20 cm für die Köcherwandbewehrung in x- bzw. y-Richtung zulässt.

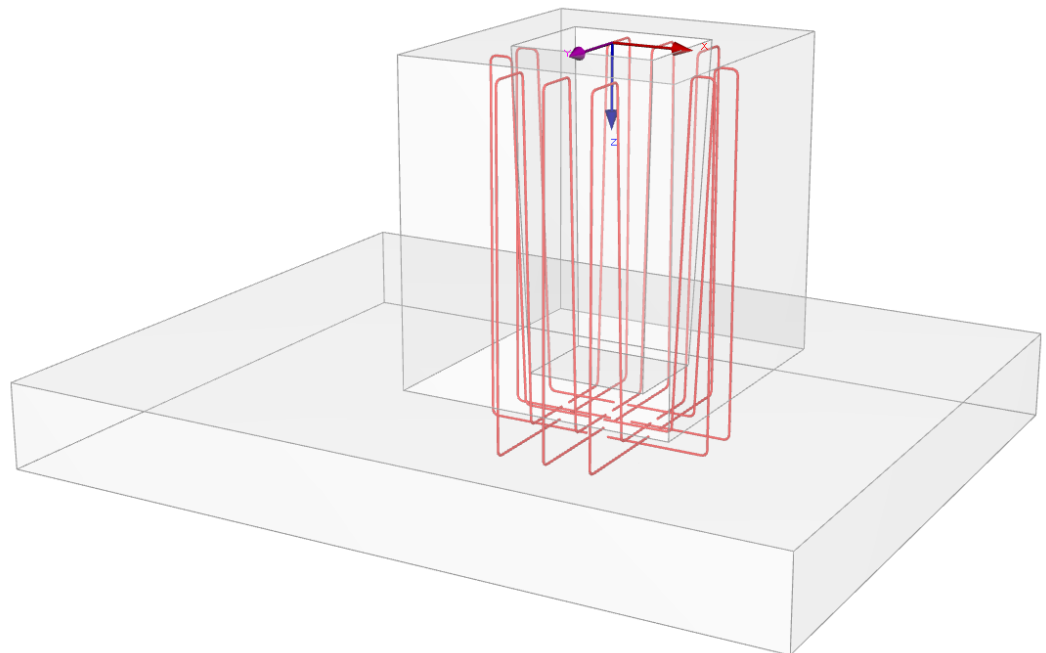


Bild 8.31: Rendering der Köcherwandbewehrung in x- und y-Richtung



### 8.1.6 Biegebruchsicherheit der Köcherwand

Nach der Ermittlung der Bewehrung werden in den folgenden Kapiteln weitere Nachweisdetails vorgestellt.

#### Einwirkendes Moment $M$

Das einwirkende Moment unter Gebrauchslast liegt für die Biegung der Köcherwand in y-Richtung infolge der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung mit  $M = 53,92$  kNm vor.

#### Bruchmoment $M_{Ed}$

Das berechnete Lastmoment entspricht gleichzeitig dem Bruchmoment  $M_{Ed} = 53,92$  kNm.

#### Aufnehmbares Moment $M_{Rd}$

Stauchung an der Innenseite und Dehnung an der Außenseite der Köcherwand in y-Richtung werden so lange iterativ verändert, bis die Kräfte im Stahl und im Beton, die mit diesen Verformungen einhergehen, zusammen mit ihrem Abstand ein inneres Moment  $M_{Rd}$  bilden, das größer als das Bruchmoment  $M_{Ed}$  ist.

Nach der Vorgabe eines Stahlquerschnitts kann abermals ein inneres Moment  $M_{Rd}$  bestimmt werden. Ausgehend vom Bruchdehnungszustand wird die Verformung von Stahl und Beton so lange verändert, bis in beiden Materialien ein Kräftegleichgewicht herrscht. Dieses aufnehmbare Moment  $M_{Rd}$  soll nun für die gewählte Bewehrung bestimmt werden. Am Ende der Iterationen liegt folgendes Ergebnis vor:

☐ Köcherwand in y-Richtung		Kriterium	0.884
☑ Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
☑ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments		$M_{Ed,y}$	53.92 kNm
☑ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments		$M_{Rd,y}$	61.01 kNm
— Statische Nutzhöhe		d	0.210 m
— Gewählte Festigkeitsklasse			Beton C35/45
— Bemessungswert des Betons		$f_{cd}$	19833.3 kPa
— Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung		$\alpha_{cc}$	0.850
— Charakteristische Zylinderfestigkeit		$f_{ck}$	35000.0 kPa
— Teilsicherheitsbeiwert des Betons		$\gamma_c$	1.500
— Rechnerische Bruchdehnung des Betons		$\epsilon_{cu}$	3.500 ‰
— Betondehnung		$\epsilon_c$	3.500 ‰
— Höhe der dreieckförmigen Betondruckzonenfläche		$h_D$	0.017 m
— Höhe der rechteckförmigen Betondruckzonenfläche		$h_R$	0.030 m
— Breite der Betondruckzonenfläche		b	0.437 m
— Fläche der Betondruckzone		A	168.857 cm <sup>2</sup>
— Bemessungswert der Betondruckkraft		$F_{cd}$	334.90 kN
— Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls		$f_{yk}$	500000.0 kPa
— Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl		$\gamma_s$	1.150
— Elastizitätsmodul des Betonstahls		$E_s$	2.00000E+08 kPa
— Dehnung der horizontalen Köcherwandbewehrung		$\epsilon_{zu}$	8.990 ‰
— Gesamter Bewehrungsquerschnitt		$vorh A_s$	7.697 cm <sup>2</sup>
— Bewehrungsquerschnitt der allseitig außenliegenden Bügel		$vorh A_{s,Bu}$	4.618 cm <sup>2</sup>
— Bewehrungsquerschnitt der in y-Richtung außenliegenden Bügel		$vorh A_{s,BuY}$	3.079 cm <sup>2</sup>
— Mindestdehnung der horizontalen Köcherwandbewehrung		min $\epsilon_{zu}$	2.000 ‰
— Vorhandene Stahlspannung		$\sigma_s$	434783.0 kPa
— Hebelarm der inneren Kräfte		z	0.182 m

Bild 8.32: Aufnehmbares Moment  $M_{Rd,y}$

Die folgenden beiden Skizzen erläutern die Parameter des aufnehmbaren Moments  $M_{Rd}$ .

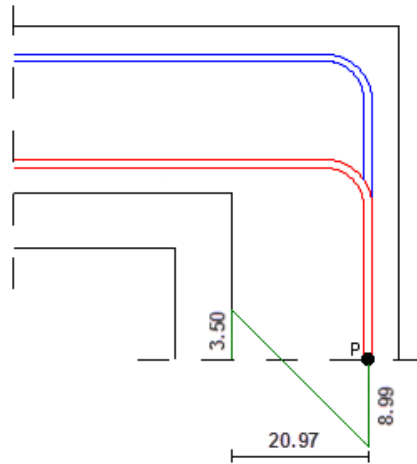


Bild 8.33: Dehnungszustand beim Gleichgewicht der inneren Kräfte

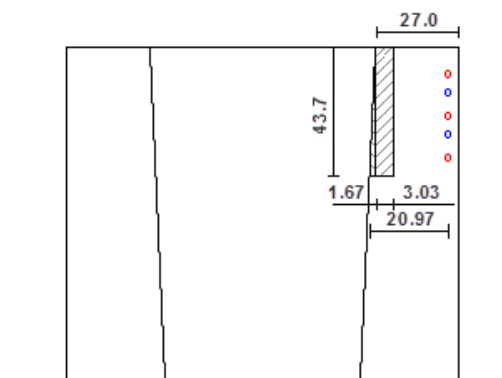


Bild 8.34: Form der Druckzone (Schnitt Köcherwand mit Blickrichtung in y-Richtung)

Teilt man das aufnehmbare Moment  $M_{Rd} = 61,01 \text{ kNm}$  durch das zuvor ermittelte Bemessungsmoment  $M_{Ed} = 53,92 \text{ kNm}$ , so erhält man die Biegebruchsicherheit, die mit der gewählten Bewehrung vorliegt.

<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y}$	53.92	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y}$	61.01	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh $\gamma$	1.131	
<input type="checkbox"/> Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf $\gamma$	1.00	
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.884	

Bild 8.35: Ermittlung der Biegebruchsicherheit

Die vorhandene Biegebruchsicherheit lässt sich weiter steigern, wenn die Anzahl der Bügel in y-Richtung außen von zwei auf konstruktiv mögliche drei Bügel erhöht wird. Das innere Moment  $M_{Rd}$  und die vorhandene Biegebruchsicherheit sind nach einer Neuberechnung:

<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y}$	53.92	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y}$	71.64	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh $\gamma$	1.329	
<input type="checkbox"/> Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf $\gamma$	1.00	
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.753	

Bild 8.36: Biegebruchsicherheit nach veränderter Bewehrung

### 8.1.7 Betonspannungen in Köcherwänden

Der Nachweis der Betonspannungen in den Köcherwänden wird durch einen Vergleich der Spannungen  $\sigma_{c,oben}$  mit dem Bemessungswert der Betondruckfestigkeit  $f_{cd}$  für den Beton des Fundaments geführt. Der Nachweis erfolgt gemäß [1] 10.9.6.

Folgende Bilder zeigen die Zusammenhänge auf.

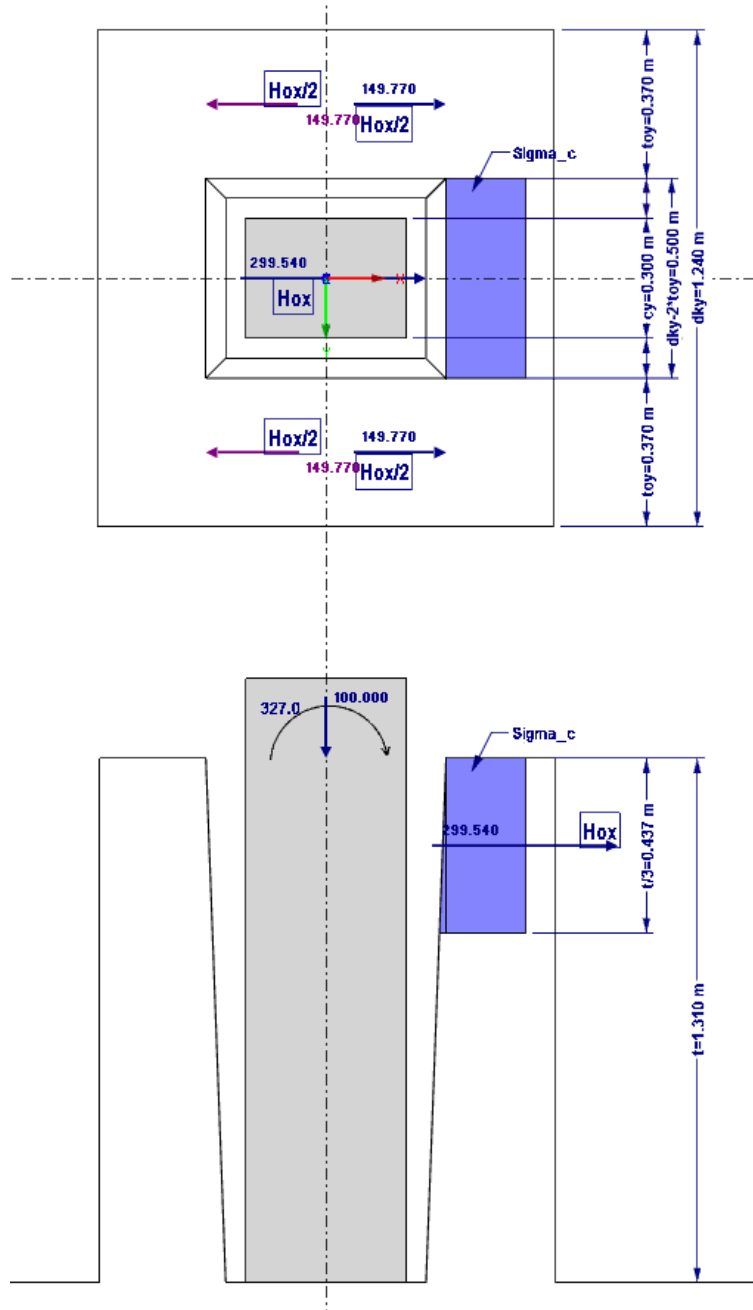


Bild 8.37: Wirkung der horizontalen Kräfte auf Köcherwände

$$\sigma_{c,o,x} = \frac{H_{o,x}}{\frac{t}{3} \cdot (d_{ky} - 2 \cdot t_{oy})} = \frac{299,54}{\frac{1,31}{3} \cdot (1,24 - 2 \cdot 0,37)} = 1\,371,9 \text{ kPa}$$

$$|\sigma_{c,o,x}| \leq |f_{cd}|$$

$$1\,371,9 \text{ kPa} \leq 19\,833,3 \text{ kPa}$$

$$\text{Kriterium: } \frac{1\,371,9}{19\,833,3} = 0,069 < 1$$

### 8.1.8 Übergreifungslänge der Köcherbewehrung

Die maßgebende Köcherhöhe kann in Einzelfällen vom Nachweis der Übergreifungslänge nach [1] 8.7.3 bestimmt werden. Der Nachweis wird an dieser Stelle mit der maßgebenden Belastung in x-Richtung aus LF 2 geführt!

Abstand der Stützenlängsbewehrung:

$$z_x = \text{MIN} [0,9 \cdot (c_x - d_c); c_x - 2 \cdot d_c] = \text{MIN} [0,9 \cdot (400 - 50); 400 - 2 \cdot 50] = 300 \text{ mm}$$

Moment:

$$M_{ED,x} = |M_y| + P_z \cdot \left( \frac{c_x}{2} - d_c \right) = 327 + 100 \cdot \left( \frac{0,4}{2} - 0,05 \right) = 342 \text{ kNm}$$

Stützenzugkraft:

$$F_{t,x} = \frac{M_{ED,x}}{z_x} - P_z = \frac{342}{0,3} - 100 = 1\,040 \text{ kN}$$

Stützendruckkraft:

$$F_{p,x} = - \left( \frac{M_{ED,x}}{z_x} \right) = - \left( \frac{342}{0,3} \right) = -1\,140 \text{ kN}$$

$$F_x = \text{MAX} (F_{t,x}; F_{p,x}) = \text{MAX} (1\,040; -1\,140) = 1\,040 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Betonzugfestigkeit:

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05} \cdot \frac{1}{\chi_c} = 1 \cdot 2\,200 \cdot \frac{1}{1,5} = 1\,466,7 \text{ kPa}$$

Bemessungswert der Verbundfestigkeit nach [1] 8.4.2:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1\,466,7 = 3\,300 \text{ kPa}$$

mit

$\eta_1 = 1,0$  : Qualität der Verbundbedingungen und Lage der Stäbe während des Betonierens – „gute“ Verbundbedingungen

$\eta_2 = 1,0$  : Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers –  $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$

Stützenzugkraft in Bewehrung  $V_x$ :

$$F_{s,x} = F_x \cdot \frac{z_x}{z_x + d_c + a_{ox} + \frac{t_{ox}}{2}} = 1\,040 \cdot \frac{0,3}{0,3 + 0,05 + 0,1 + \frac{0,27}{2}} = 533,33 \text{ kN}$$

Vorhandene Stahlspannung:

$$\sigma_x = \frac{F_{s,x}}{A_{s,x}} = \frac{533,33}{0,001\,219} = 437,54 \text{ MPa}$$

Der erforderliche Grundwert der Verankerungslänge  $l_{b,rqd}$  zur Verankerung der Kraft  $A_s \cdot \sigma_{sd}$  eines geraden Stab unter Annahme einer konstanten Verbundspannung  $f_{bd}$  folgt aus:

$$l_{b,rqd,x} = \frac{\phi_x}{4} \cdot \frac{\sigma_x}{f_{bd}} = \frac{0,012}{4} \cdot \frac{43\,754}{3\,300} = 0,398 \text{ m}$$

Mindestübergreifungslänge:

$$l_{0,min,x} = \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_{\delta,x} \cdot l_{b,rqd,x}; 15 \cdot \phi_x; 0,2) = \text{MAX} (0,3 \cdot 1,5 \cdot 0,398; 15 \cdot 0,012; 0,2) = 0,20 \text{ m}$$

Übergreifungslänge:

$$l_{0,x} = \alpha_1 \cdot \alpha_\delta \cdot l_{b,reqd,x} = 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,398 = 0,597 \text{ m}$$

mit

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_\delta = 1,5 \quad (\text{Anteil gestoßener Stäbe am Gesamtquerschnitt des Betonstahls} > 50 \%)$$

Nachweis der Übergreifungslänge:

$$l_{0,x} \geq l_{0,min,x}$$

$$0,597 \text{ m} \geq 0,20 \text{ m}$$

Erforderliche Einbindetiefe in x-Richtung:

$$t_{min,x} = c_k + \frac{t_{ox}}{2} + l_{0,x} + \frac{\phi_x}{2} + a_{ox} + 2 \cdot d_c = 0,07 + \frac{0,27}{2} + 0,597 + \frac{0,012}{2} + 0,1 + 2 \cdot 0,05 = 1,008 \text{ m}$$

## 8.1.9 Bodenmechanische Nachweise

Für die bodenmechanischen Nachweise werden die resultierenden Lasten in der Bodenfuge ohne die Auflagerkräfte bestimmt.

Zunächst wird das Volumen des Köchers berechnet.

$$\begin{aligned} V_{\text{Köcher}} &= (c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox})) \cdot (c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy})) \cdot h = \\ &= (0,40 + 2 \cdot (0,27 + 0,10)) \cdot (0,30 + 2 \cdot (0,37 + 0,10)) \cdot 1,31 = 1,8518 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Damit kann das Köchereigengewicht bestimmt werden.

$$G_{cal,k} = 25 \cdot 1,8518 = 46,30 \text{ kN}$$

Anschließend muss das Gewicht der Überschüttung berechnet werden, die sich auf der Aufstandsfläche des Köchers befindet.

$$\begin{aligned} G_{cov,k} &= (x \cdot y - (c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_{ox})) \cdot (c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_{oy}))) \cdot \ddot{u} \cdot \gamma = \\ &= (3,3 \cdot 2,6 - (0,40 + 2 \cdot (0,27 + 0,10)) \cdot (0,30 + 2 \cdot (0,37 + 0,10))) \cdot 1,0 \cdot 20 = \\ &= 143,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

In diesem Zusammenhang soll erläutert werden, wie RF-/FUND Pro die Resultierende einer zusätzlichen Gleichstreckenlast ermittelt: Der Benutzer gibt Beginn und Ende der Gleichstreckenlast vor, RF-/FUND Pro bestimmt jenen Teil der Last, der sich nach der Auslegung auf der Fundamentplatte befindet. Folgende Skizze veranschaulicht dieses Prinzip.

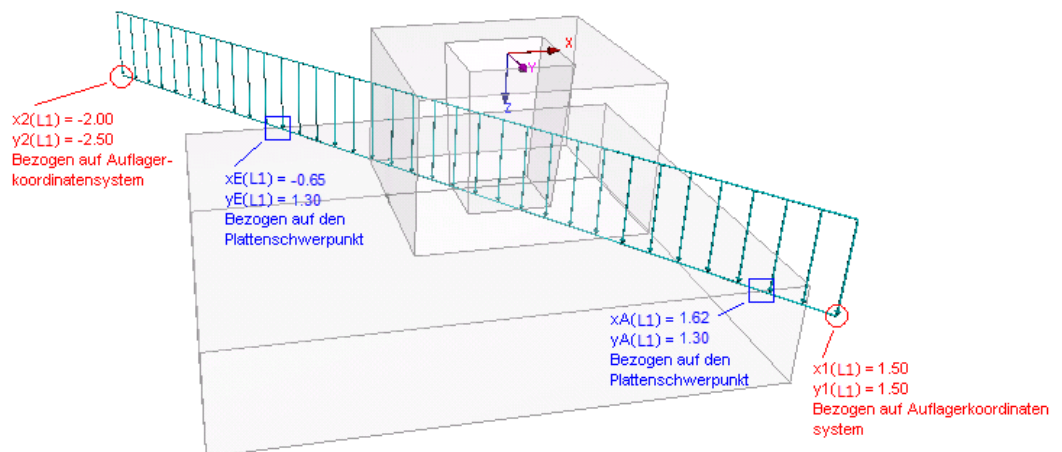


Bild 8.38: Gleichstreckenlast über Fundamentplatte

Die Gleichstreckenlast schneidet die Ränder der Fundamentplatte. Sie belastet nur einen Teil des Fundaments. Die Länge dieses Lastanteils kann über die Koordinaten des Anfangs- und Endpunkts berechnet werden. Dieser Wert wird dann mit der Streckenlast pro Meter (10 kN/m) multipliziert. Auf diese Weise ergibt sich die Resultierende von 34,55 kN.

Die entsprechenden Angaben finden sich auch in den Nachweisdetails.

<input type="checkbox"/>	1. Linienlast	$G_{L1,k}$	34,55	kN
<input type="checkbox"/>	Linienlast pro Meter	$l_1$	10,00	kN/m
<input type="checkbox"/>	Linie schneidet Platte			
<input type="checkbox"/>	Beginn der Linienlast			
<input type="checkbox"/>	x-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$x_1(L1)$	150,00	cm
<input type="checkbox"/>	y-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$y_1(L1)$	150,00	cm
<input type="checkbox"/>	Ende der Linienlast			
<input type="checkbox"/>	x-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$x_2(L1)$	-200,00	cm
<input type="checkbox"/>	y-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$y_2(L1)$	-250,00	cm
<input type="checkbox"/>	Anfang des Linienlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt			
<input type="checkbox"/>	x-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$x_A(L1)$	-65,00	cm
<input type="checkbox"/>	y-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$y_A(L1)$	-130,00	cm
<input type="checkbox"/>	Ende des Linienlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt			
<input type="checkbox"/>	x-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$x_E(L1)$	162,50	cm
<input type="checkbox"/>	y-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$y_E(L1)$	130,00	cm
<input type="checkbox"/>	Schwerpunkt des auf der Fundamentplatte befindlichen Linienlastanteils			
<input type="checkbox"/>	x-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$x_S(L1)$	48,75	cm
<input type="checkbox"/>	y-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$y_S(L1)$	0,00	cm

Bild 8.39: Details – Ermittlung der Resultierenden einer zusätzlichen Gleichstreckenlast

In den Details werden die Lasten wie folgt zusammengefasst:

<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert aus Fundamentplatteneigengewicht	$G_{p,k}$	77,22	kN
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert aus Köchereigengewicht	$G_{cal,k}$	46,30	kN
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert aus Überschüttung	$G_{cov,k}$	143,33	kN
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert aus zusätzlichen Einzellasten	$P_{N,k}$	17,00	kN
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert aus zusätzlichen Linienlasten	$P_{L,k}$	34,55	kN

Bild 8.40: Details – Resultierende Belastungen in Bodenfuge aus ständig wirkenden Lasten

Nach diesen Vorberechnungen können die bodenmechanischen Nachweise geführt werden.

### 8.1.9.1 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen

Es liegen keine abhebenden Stütznormalkräfte vor. Der Nachweis nach [2] 2.4.7.4 wird daher nicht geführt.

### 8.1.9.2 Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch

Für den Grundbruchnachweis gemäß [2] 6.5.2 ist die Lastkombination LK3 maßgebend. Die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stütznormalkraft zusammen mit den bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$V'_d = 929,83 \text{ kN}$$

Das resultierende Moment in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ermittelt sich aus den Lasten gemäß Bild 8.41.

$$\begin{aligned} \text{res } M_{x,d} &= M_{Y,d} - P_{X,d} \cdot (d + h) - \sum P_{N,d} \cdot x_N - \sum P_{L,d} \cdot x_L - \\ &= -e_x \cdot (P_{Z,d} + G_{cal,d} - \Delta G_{cov,d} - R_p) = \\ &= -150,00 - 0,00 \cdot (0,36 + 1,31) - 17 \cdot 1,35 \cdot (-0,2) - 34,55 \cdot 1,35 \cdot 0,488 - \\ &= -0,30 \cdot (500 + 46,30 \cdot 1,35 - 28,272 \cdot 1,35) = \\ &= -325,45 \text{ kNm} \end{aligned}$$

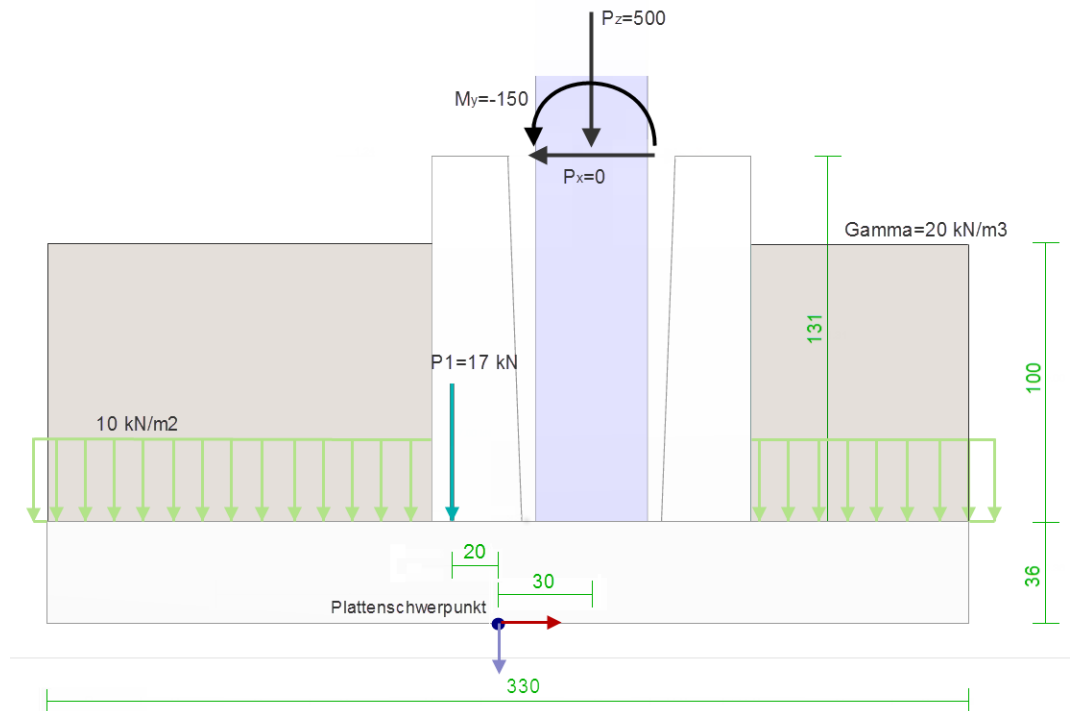


Bild 8.41: Lasten und resultierendes Moment in Bodenfuge

Für die Bewehrung in y-Richtung errechnet sich das Moment in der Bodenfuge zu:

$$\begin{aligned} \text{res } M_{y,d} &= M_Y + P_{Y,d} \cdot (d + h) - \sum P_{N,d} \cdot y_N - \sum P_{L,d} \cdot y_L - \\ &\quad - e_y \cdot (P_{Z,d} + G_{cal,d} - \Delta G_{cov,d} - R_p) = \\ &= -150,00 + 17 \cdot 1,35 \cdot 0,5 + 34,55 \cdot 1,35 \cdot 0 = 161,48 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Aus den beiden Momenten in der Bodenfuge kann die Exzentrizität der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen bestimmt werden.

$$e_x = -\frac{\text{res } M_{x,d}}{V_d} = -\frac{-325,45}{929,83} = 35,0 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{\text{res } M_{y,d}}{V_d} = \frac{161,48}{929,83} = 17,37 \text{ cm}$$

Mit den Exzentrizitäten werden die effektiven Fundamentseitenlängen berechnet.

$$L' = x - 2 \cdot |e_x| = 3,3 - 2 \cdot |0,35| = 2,60 \text{ m}$$

$$B' = y - 2 \cdot |e_y| = 2,6 - 2 \cdot |0,174| = 2,252 \text{ m}$$

Daraus ergibt sich eine effektive Fundamentfläche  $A_{\text{eff}}$  von:

$$A' = L' \cdot B' = 2,60 \cdot 2,253 = 5,857 \text{ m}^2$$

Nun lässt sich die vorhandene Bodenpressung bestimmen.

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{V'_d}{A'} = \frac{929,83}{5,857} = 158,8 \text{ kN/m}^2$$

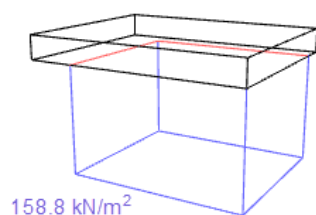


Bild 8.42: Vorhandene Bodenpressung

Der Nachweis der zulässigen Bodenpressung ist erfüllt:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\sigma_{Rk}}{\gamma'_{R,v}} = \frac{280}{1,4} = 200,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{vorh} \leq \sigma_{Rd}$$

$$158,8 \text{ kN/m}^2 \leq 200,0 \text{ kN/m}^2$$

Damit ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium: } \frac{\sigma_{vorh}}{\sigma_{Rd}} = \frac{158,8}{200,0} = 0,794 < 1$$

### 8.1.9.3 Nachweis der Sicherheit gegen stark exzentrische Belastung

Maßgebend für den Nachweis gemäß [2] 6.5.4 ist der Lastfall LF5. Die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stützennormalkraft in Verbindung mit den bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{res } V_k = 393,39 \text{ kN}$$

Das resultierende Moment in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ergibt sich somit aus folgender Belastung:

$$\begin{aligned} \text{res } M_{x,k} &= M_y - P_x \cdot (d + h) - \sum P_{N,k} \cdot x_N - \sum P_{L,k} \cdot x_S - \\ &\quad - e_x \cdot (P_Z + G_{cal,k} - \Delta G_{cov,k} - R_p) = \\ &= -235,00 - 17 \cdot (-0,2) - 34,55 \cdot 0,4875 - \\ &\quad - 0,30 \cdot (75 + 46,30 - 28,27) = 193,65 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Für die Bewehrung in y-Richtung errechnet sich das Moment in der Bodenfuge zu:

$$\begin{aligned} \text{res } M_{y,k} &= M_x + P_y \cdot (d + h) + \sum P_{N,k} \cdot y_N + \sum P_{L,k} \cdot y_S + \\ &\quad + e_y \cdot (P_Z + G_{cal,k} - \Delta G_{cov,k} - R_p) = \\ &= 17 \cdot 0,5 = 8,50 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Die Exzentrizitäten der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen sind:

$$e'_x = \frac{\text{res } M_{x,k}}{\text{res } V_k} = -\frac{193,65}{393,39} = 0,492 \text{ m}$$

$$e'_y = \frac{\text{res } M_{y,k}}{\text{res } V_k} = \frac{8,50}{393,39} = 0,022 \text{ m}$$

Die maximale Ausmitte darf höchstens sein:

$$e_{zul} = \frac{1}{3} \cdot B = \frac{1}{3} \cdot 330 \text{ cm} = 110 \text{ cm}$$

Folgende Abbildung zeigt die Lage der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge:

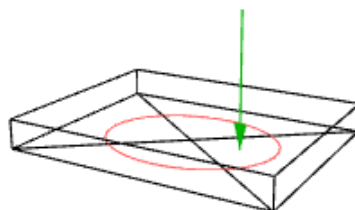


Bild 8.43: Lage der Resultierenden



Der Nachweis der stark exzentrischen Belastungen ist somit erfüllt:

$$e'_x \leq e_{zul}$$

$$0,492 \leq 1,1$$

Damit ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium: } \frac{e'_x}{e_{zul}} = \frac{0,492}{1,1} = 0,447$$

### 8.1.9.4 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Maßgebend für den Gleitnachweis nach [2] 6.5.3 ist der Lastfall LF1. Die für den Nachweis bei unkonsolidierten Untergrundverhältnissen maßgebende Querkraft ist:

$$H_{x,d} = 50 \text{ kN}$$

Die Sohlwiderstandskraft ermittelt sich wie folgt:

$$R_s = A' \cdot c_{u,d} = 5,51 \cdot 10 = 55,1 \text{ kN}$$

Damit ergibt sich folgendes Nachweiskriterium für die maßgebende x-Richtung:

$$\text{Kriterium: } \frac{H_{x,d}}{R_{x,d}} = \frac{50,0}{55,1} = 0,998$$

### 8.1.9.5 Nachweis der Lagesicherheit

Maßgebend für den Nachweis der Lagesicherheit gemäß [2] 2.4.7.2 ist der Lastfall LF2.

Die resultierenden Momente an den vier Kanten der Bodenfuge ermitteln sich aus der Stützen-normalkraft in Verbindung den bereits ermittelten ständigen Lasten. Dabei muss unterschieden werden, welche Wirkung von den Momenten ausgeht:

- Destabilisierende Wirkung
- Stabilisierende Wirkung

**Destabilisierend** wirkt im LF2 nur folgendes Moment an Kante 3:

$$M_{dst,3} = M_{y,d} = 327,00 \text{ kN}$$

Die **stabilisierend** wirkenden Momente werden mit Teilsicherheitsbeiwerten abgemindert.

Moment aus RFEM bzw. RSTAB:

$$M_{x,RFEM/RSTAB,d} = P_{z,d} \cdot \left( \frac{x}{2} + e_x \right) = 100 \cdot (1,65 + 0,3) = 195,0 \text{ kN}$$

Moment aus Plattengewicht:

$$M_{x,p,d} = G_{p,k} \cdot \frac{x}{2} \cdot \gamma_{G,stab} = (3,3 \cdot 2,6 \cdot 0,36 \cdot 25) \cdot 1,65 \cdot 0,9 = 114,67 \text{ kN}$$

Moment aus Köchereigengewicht:

$$M_{x,cal,d} = (G_{cal,k} \cdot (x/2 + e_x)) \cdot \gamma_{G,stab} = (1,14 \cdot 1,24 \cdot 1,31 \cdot 25 \cdot (1,65 + 0,3)) \cdot 0,9 = 81,25 \text{ kN}$$

Moment aus Überschüttung:

$$\begin{aligned} M_{x,cov,d} &= (x \cdot y \cdot \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u},k} \cdot x/2) - (d_{kx} \cdot d_{kz} \cdot \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u},k} \cdot (x/2 + e_x)) \cdot \gamma_{G,stab} = \\ &= ((3,3 \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 1,65) - (1,14 \cdot 1,24 \cdot 1 \cdot 20 \cdot (1,65 + 0,3))) \cdot 0,9 = 205,21 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bemessungswert des Moments aus zusätzlichen Einzellasten:

$$M_{x,N,d} = (G_{z,1} \cdot (x/2 + (x_{N1} + e_x))) \cdot \gamma_{G,stab} = (17 \cdot (1,65 + (-0,5 + 0,3))) \cdot 0,9 = 22,185 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Moments aus zusätzlichen Linienlasten:

$$M_{x,L,d} = (G_{L,1} \cdot (x/2 + x_{S(L1)})) \cdot \gamma_{G,stab} = (34,55 \cdot (1,65 + 0,4875)) \cdot 0,9 = 66,46 \text{ kN}$$

Stabilisierend wirkendes Moment an der Kante 3:

$$\begin{aligned} M_{stb,3} &= M_{x,RFEM/RSTAB,d} + M_{x,p,d} + M_{x,cal,d} + M_{x,cov,d} + M_{x,N,d} + M_{x,L,d} = \\ &= 195,0 + 114,67 + 81,25 + 205,21 + 22,185 + 66,46 = \\ &= 684,78 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Damit ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium: } \frac{M_{dst,3}}{M_{stb,3}} = \frac{327,0}{684,78} = 0,478$$

## 8.1.10 Nachweis der inneren Standsicherheit

### 8.1.10.1 Biegebruchsicherheit der Fundamentplatte

Die Fundamentplatte besitzt eine obere und eine untere Bewehrung – für jede Richtung. Daher sind vier verschiedene Biegebruchsicherheiten nachzuweisen.

#### Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in x-Richtung

Zunächst müssen aus der maßgebenden Bodenpressung die Bemessungsmomente zur Biegebemessung der Fundamentplatte ermittelt werden. Für die untere Bewehrung in x-Richtung ist der Lastfall LF1 maßgebend.

Die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stütznormalkraft in Verbindung mit den bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{res } V_{\max} = 729,83 \text{ kN}$$

Das resultierende Moment in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ergibt sich somit aus folgender Belastung:

$$\begin{aligned} \text{res } M_{x,d} &= M_y - P_x \cdot (d + h) - \sum P_{N,d} \cdot x_N - \sum P_L \cdot x_S - \\ &- e_x \cdot (P_Z + G_{cal,d} - \Delta G_{cov,d} - R_p) = \\ &= 250,00 - (-50,00) \cdot (0,36 + 1,31) - 17 \cdot 1,35 \cdot (-0,2) - 34,55 \cdot 1,35 \cdot 0,4875 - \\ &- 0,30 \cdot (300 + 46,30 \cdot 1,35 - 28,27 \cdot 1,35) = 218,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Für die Bewehrung in y-Richtung errechnet sich das Moment in der Bodenfuge zu:

$$\begin{aligned} \text{res } M_{y,d} &= M_x + P_y \cdot (d + h) + \sum P_{N,d} \cdot y_N + \sum P_L \cdot y_S + \\ &+ e_y \cdot (P_Z + G_{cal,d} - \Delta G_{cov,d} - R_p) = \\ &= 100 + 20,00 \cdot (0,36 + 1,31) + 17 \cdot 1,35 \cdot 0,5 = 144,88 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Die Exzentrizitäten der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen sind:

$$e_x = -\frac{\text{res } M_{x,d}}{\text{res } V_{\max}} = -\frac{218,05}{729,83} = -29,88 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{\text{res } M_{y,d}}{\text{res } V_{\max}} = \frac{144,88}{729,83} = 19,85 \text{ cm}$$

Iterativ ergibt sich folgende Druckspannungsverteilung. Größe und Lage der Resultierenden entsprechen der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge.

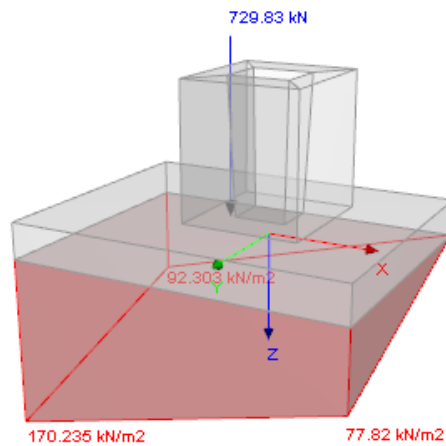


Bild 8.44: Druckspannungsverteilung

Druckspannungsverteilung			
Spannungsverteilungsfall gemäß Handbuch	Fall	Fall 1	
Druckspannung unter Druckpunkt DI	DI	0.0	kPa
Druckspannung unter Druckpunkt DII	DII	77.8	kPa
Druckspannung unter Druckpunkt DIII	DIII	170.2	kPa
Druckspannung unter Druckpunkt DIV	DIV	92.3	kPa
Druckspannung unter Fundamentplattenmitte	D0	85.1	kPa
Verlauf der klaffenden Fuge			
x-Koordinate Anfangspunkt	xk1	164.60	cm
y-Koordinate Anfangspunkt	yk1	-130.00	cm
x-Koordinate Anfangspunkt	xk2	165.00	cm
y-Koordinate Anfangspunkt	yk2	-129.63	cm

Bild 8.45: Tabellarische Ausgabe der Druckspannungsverteilung

Nun wird das Volumen des Teildruckspannungskörpers und dessen Schwerpunktabstand vom benutzerdefinierten Bemessungsschnitt ermittelt. Das Produkt der beiden Werte liefert das Moment infolge der Druckspannung.

Das folgende Bild zeigt den Bemessungsschnitt mit Pfeilen, die in die Richtung des Teildruckspannungskörpers zeigen, mit dem das Moment infolge Druckspannung ermittelt wurde.

Aus dem Druckspannungskörper ergibt sich das Moment  $M_{D,x,plus} = 121,90 \text{ kNm}$  in positive x-Richtung.

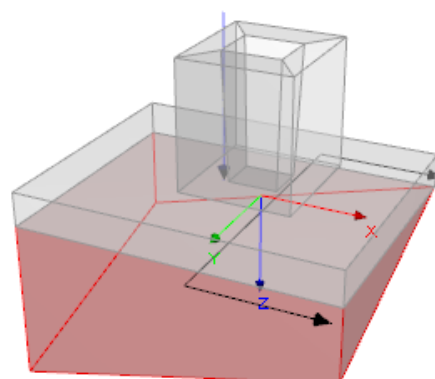


Bild 8.46: Moment aus Druckspannungskörper in positive x-Richtung

Bild 8.47 zeigt den Bemessungsschnitt für das Moment aus Druckspannung in negative x-Richtung. Dieser liefert das Moment  $M_{D,x,\text{minus}} = 558,74 \text{ kNm}$ .

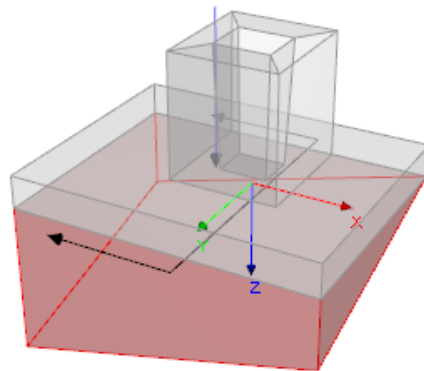


Bild 8.47: Moment aus Druckspannungskörper in negative x-Richtung

Der Bemessungsschnitt wurde im Dialog *Details* entsprechend der Vorgabe auf Seite 81 in die **Stützenmitte** gelegt.

Von den beiden Momenten aus Druckspannung ist noch jener Anteil abzuziehen, der keine Biegung der Platte verursacht. Er setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht der Fundamentplatte und der Überschüttung (siehe folgende Bilder).

Für Bild 8.48 beträgt der Abstand vom Bemessungsschnitt bis Plattenrand in positive x-Richtung 1,35 m. Somit errechnet sich das Moment aus Eigengewicht und Überschüttung zu:

$$M_{G,x,\text{plus}} = \frac{1,35^2}{2} \cdot 2,6 \cdot \gamma_G \cdot (d \cdot \gamma_{\text{Beton}} + \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u}}) = \frac{1,35^2}{2} \cdot 2,6 \cdot 1,35 \cdot (0,36 \cdot 25 + 1 \cdot 20) = 92,76 \text{ kNm}$$

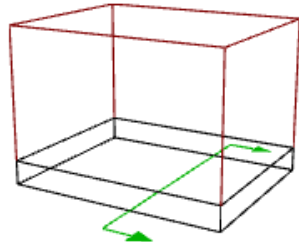


Bild 8.48: Moment aus Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung

Für Bild 8.49 beträgt der Abstand vom Bemessungsschnitt bis zum negativen Plattenrand in x-Richtung 1,95 m. Das Eigengewicht und Überschüttung errechnet sich somit zu:

$$M_{G,x,\text{minus}} = \frac{1,95^2}{2} \cdot 2,6 \cdot \gamma_G \cdot (d \cdot \gamma_{\text{Beton}} + \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u}}) = \frac{1,95^2}{2} \cdot 2,6 \cdot 1,35 \cdot (0,36 \cdot 25 + 1 \cdot 20) = 193,53 \text{ kNm}$$

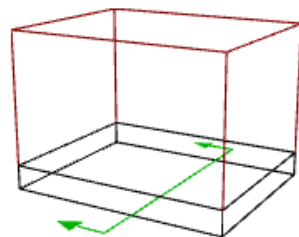


Bild 8.49: Moment aus Gleichflächenbelastung in negative x-Richtung

Somit liegen folgende Bemessungsmomente in die jeweiligen Schnittrichtungen vor:

$$M_{\text{unten,x,plus}} = M_{\text{D,x,plus}} + M_{\text{G,x,plus}} = 121,90 - 92,76 = 29,14 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{unten,x,minus}} = M_{\text{D,x,minus}} + M_{\text{G,x,minus}} = 558,74 - 193,53 = 365,21 \text{ kNm}$$

In diese Richtung erhält die Platte an der Unterseite Zug. Somit ist eine untere Biegebewehrung erforderlich. Maßgebend für die Bemessung einer unteren Biegebewehrung ist das Bemessungsmoment in positive x-Richtung:

$$M_{x,u} = M_{\text{unten,x,minus}} = 365,21 \text{ kNm}$$

Die Fundamentplatte wird nun in acht gleich breite Streifen in x-Richtung unterteilt. Über folgenden Quotienten wird ermittelt, wie groß der Anteil am Bemessungsmoment ist, den jeder Plattenstreifen erhält.

$$Q_x = \frac{c_x + 2 \cdot (a_{ox} + t_{ox})}{x} = \frac{0,40 + 2 \cdot (0,10 + 0,27)}{3,3} = 0,35$$

Da der Quotient größer als 0,3 ist, wird das Bemessungsmoment gleichmäßig auf alle acht Plattenstreifen verteilt. Die Verteilungszahl  $\alpha$  ist somit 0,125.

Das anteilige Bemessungsmoment für den Plattenstreifen Nr. 4 ist:

$$M_{\text{Ed,x,4}} = \alpha \cdot M_{x,u} = 0,125 \cdot 365,21 = 45,65 \text{ kNm}$$

Für die Ermittlung des aufnehmbaren Moments  $M_{\text{Rd}}$  benutzt RF-/FUND Pro folgende Parameter:

<input checked="" type="checkbox"/>	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{\text{Ed,x,4}}$	45.65	kNm
<input checked="" type="checkbox"/>	Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{\text{Rd,x,4}}$	49.87	kNm
<input type="checkbox"/>	Statische Nutzhöhe	d <sub>4</sub>	0.273	m
<input type="checkbox"/>	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom unteren Plattenrand	ab <sub>z,4</sub>	0.087	m
<input type="checkbox"/>	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom unteren Bewehrungsrand	ab <sub>Schw,4</sub>	0.017	m
<input type="checkbox"/>	Nennwert der unteren Betondeckung	nom c <sub>u</sub>	0.070	m
<input type="checkbox"/>	Gewählte Festigkeitsklasse			Beton C
<input type="checkbox"/>	Bemessungswert des Betons	f <sub>cd</sub>	19833.3	kPa
<input type="checkbox"/>	Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung	α <sub>cc</sub>	0.850	
<input type="checkbox"/>	Charakteristische Zylinderfestigkeit	f <sub>ck</sub>	35000.0	kPa
<input type="checkbox"/>	Teilsicherheitsbeiwert des Betons	γ <sub>c</sub>	1.500	
<input type="checkbox"/>	Rechnerische Bruchdehnung des Betons	ε <sub>cu</sub>	3.500	‰
<input type="checkbox"/>	Betondehnung	ε <sub>c,4</sub>	3.500	‰
<input type="checkbox"/>	Höhe der Druckzone	x <sub>4</sub>	0.040	m
<input type="checkbox"/>	Breite des Fundamentplattenstreifens	y <sub>Streif</sub>	0.412	m
<input type="checkbox"/>	Bemessungswert der Betondruckkraft	F <sub>cd,4</sub>	193.50	kN
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls	f <sub>yk</sub>	500000.	kPa
<input type="checkbox"/>	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung	f <sub>tk,cal</sub>	525000.	kPa
<input type="checkbox"/>	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl	γ <sub>s</sub>	1.150	
<input type="checkbox"/>	Elastizitätsmodul des Betonstahls	E <sub>s</sub>	2.000000	kPa
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Stahldehnung	ε <sub>s</sub>	20.401	‰
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Stahlspannung	σ <sub>s,4</sub>	452142.	kPa
<input type="checkbox"/>	Hebelarm der inneren Kräfte	z <sub>4</sub>	0.258	m
<input type="checkbox"/>	Hauptbewehrungsrichtung der unteren Bewehrung	Hauptbew.	X	

Bild 8.50: Details – Parameter für Ermittlung des aufnehmbaren Moments

Aus der erforderlichen Stahlzugkraft und der vorhandenen Stahlspannung beim gegebenen Dehnungszustand ermittelt sich der erforderliche Stahlbedarf dieses Plattenstreifens.

$$\text{erf } A_{x,4} = \frac{F_{\text{sd}}}{\sigma_s} = \frac{193,50}{45,214} = 4,280 \text{ cm}^2$$

Die Stahlmenge wird nun auf einen Meter Einheitslänge bezogen.

$$\text{erf } a_{x,4} = \frac{\text{erf } A_{x,4}}{y_{\text{Streif}}} = \frac{4,280}{0,325} = 13,17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Diese erforderliche Bewehrung kann am wirtschaftlichsten mit Stäben  $\varnothing 10$  mm im Abstand von 80 mm und der Mattenbewehrung Q 335A abgedeckt werden.

Details zur gewählten Bewehrung			
<input type="checkbox"/> Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf $a_{x,I}$ (pro m)	13.161	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh $a_{x,I}$ (pro	13.167	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählte Breite des Bewehrungsbereiches I	$y_I$ (gewählt)	2.600	m
<input type="checkbox"/> Angesetzte Breite des Bewehrungsbereiches I	$y_I$ (angesetzt)	2.240	m
<input type="checkbox"/> Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	Q 335A	
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung aus Matte	vorh $a_{x,Matte}$	3.350	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählter Bewehrungsstab	$d_s$	10	mm
<input type="checkbox"/> Abstand der Bewehrungsstäbe	$s$	80	mm
<input type="checkbox"/> Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäben	vorh $a$ (Stab)	9.817	cm <sup>2</sup> /m

Bild 8.51: Details – Bewehrungsangaben für unteren Bereich in x-Richtung

In Maske 2.4 wird manuell die Bewehrung auf Stäbe  $\varnothing 16$  mm mit 200 mm Abstand geändert:

Details zur gewählten Bewehrung			
<input type="checkbox"/> Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf $a_{x,I}$ (pro m)	13.161	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh $a_{x,I}$ (pro	13.403	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählte Breite des Bewehrungsbereiches I	$y_I$ (gewählt)	2.600	m
<input type="checkbox"/> Angesetzte Breite des Bewehrungsbereiches I	$y_I$ (angesetzt)	2.400	m
<input type="checkbox"/> Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	Q 335A	
<input type="checkbox"/> Vorhandene Bewehrung aus Matte	vorh $a_{x,Matte}$	3.350	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Gewählter Bewehrungsstab	$d_s$	16	mm
<input type="checkbox"/> Abstand der Bewehrungsstäbe	$s$	200	mm
<input type="checkbox"/> Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäben	vorh $a$ (Stab)	10.053	cm <sup>2</sup> /m

Bild 8.52: Details – Geänderte Bewehrungsangaben für unteren Bereich in x-Richtung

Das Rendering stellt diese zusätzlich zur Matte Q 335A eingelegten Bewehrungsstäbe in x- und y-Richtung wie folgt dar:

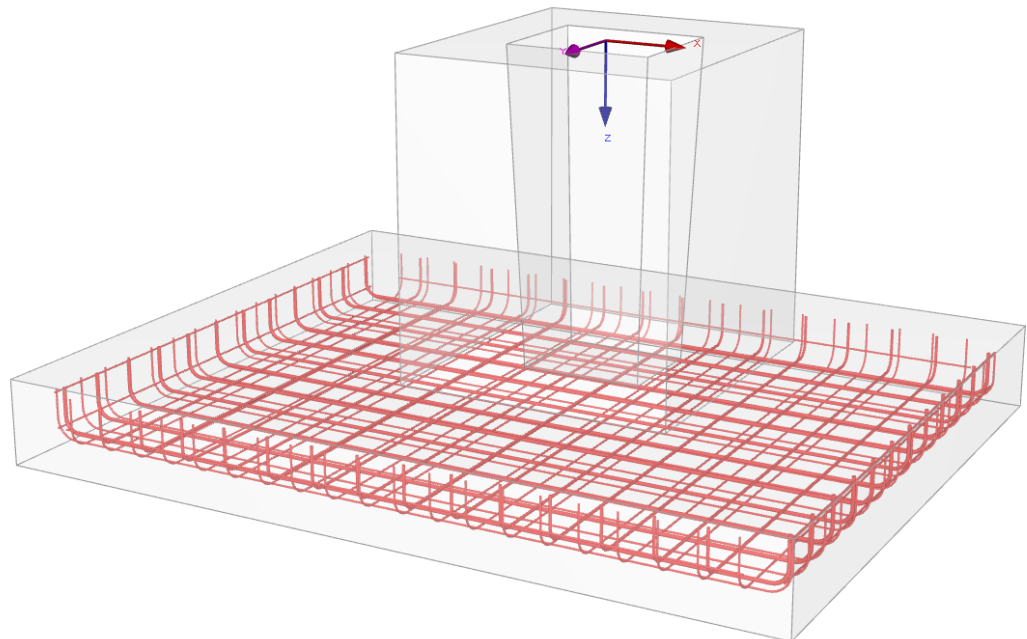


Bild 8.53: Rendering der unteren Bewehrung

Da der eingelegte Stahlquerschnitt in Größe und Lage bekannt ist, wird erneut das aufnehmbare Moment  $M_{Rd}$  bestimmt – mit folgendem Ergebnis:

Biegebruchsicherheit Platte (EC 2, 6.1) ; Knoten 1 ; LF1			
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,x,4}$	50.19	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert der Betondruckkraft	$F_{od,4}$	196.71	kN
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des Betons	$f_{ed}$	19833.3	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	$f_{ck}$	35000.0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung	$\alpha_{cc}$	0.850	
<input type="checkbox"/> Teilsicherheitsbeiwert des Betons	$\gamma_c$	1.500	
<input checked="" type="checkbox"/> Höhe der Druckzone	$x_4$	0.041	m
<input type="checkbox"/> Betondehnung	$\epsilon_{c,4}$	3.500	‰
<input type="checkbox"/> Bruchdehnung des Betons unter Druck	$\epsilon_{cu}$	3.500	‰
<input type="checkbox"/> Breite des Fundamentplattenstreifens	$y_{strip}$	0.325	m
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert der Bewehrungszugkraft	$F_{sd,4}$	196.71	kN
<input checked="" type="checkbox"/> Hebelarm der inneren Kräfte	$z_4$	0.255	m
<input checked="" type="checkbox"/> Statische Höhe	$d_4$	0.271	m
<input type="checkbox"/> Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom Plattenrand - Unten	$ab_{z,4}$	0.089	m
<input type="checkbox"/> Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom Bewehrungsrand - Unten	$ab_{Schw,4}$	0.019	m
<input type="checkbox"/> Nennwert der Betondeckung - Unten	$nom\ c_u$	0.070	m
<input type="checkbox"/> Hauptbewehrungsrichtung der Unten Bewehrung	Hauptbew.	X	
<input type="checkbox"/> Vorhandene Biegebruchsicherheit	$\gamma_{x,4}$	1.100	
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Maßgebende Biegebruchsicherheit	$\gamma_{x,4}$	1.100	
<input type="checkbox"/> Erforderliche Biegebruchsicherheit	$erf\ \gamma$	1.00	
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.909	

Bild 8.54: Details – Parameter für Ermittlung des aufnehmbaren Moments

Mit der geänderten Bewehrung ergibt sich eine vorhandene Biegebruchsicherheit von:

$$\text{vorh } \gamma_{x,4} = \frac{M_{Rd,x,4}}{M_{Ed,x,4}} = \frac{50,19}{45,65} = 1,10$$

Damit ergibt sich als Nachweiskriterium für den Nachweis der Biegebruchsicherheit der Platte für die untere Bewehrung in x-Richtung:

$$\text{Kriterium: } \frac{\text{erf } \gamma}{\text{vorh } \gamma_{x,4}} = \frac{1,0}{1,10} = 0,909$$

## Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in y-Richtung

Die Rechenschritte sind die gleichen wie beim Nachweis der Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in x-Richtung.

Im wirtschaftlichsten Bewehrungsvorschlag werden neben der Matte Q 335A Stäbe  $\varnothing 12$  mm im Abstand von 220 mm ermittelt. Dieser Bewehrungsabstand wird in Maske 2.4 auf 200 mm geändert. Damit ergibt sich folgender Nachweis:

<input checked="" type="checkbox"/> Untere Bewehrung in y-Richtung	Kriterium	0.809	
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente			
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungsmoment in y-Richtung	$M_{y,u}$	273.76	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Biegebruchsicherheit Bemessungsstreifen	Kriterium	0.809	
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y,4}$	34.22	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y,4}$	42.28	kNm
<input type="checkbox"/> Vorhandene Biegebruchsicherheit	$\gamma_{y,4}$	1.236	
<input type="checkbox"/> Erforderliche Biegebruchsicherheit	$erf\ \gamma$	1.000	
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis			
<input type="checkbox"/> Maßgebende Biegebruchsicherheit	$\gamma_{y,4}$	1.236	
<input type="checkbox"/> Erforderliche Biegebruchsicherheit	$erf\ \gamma$	1.00	
<input type="checkbox"/> Nachweiskriterium	Kriterium	0.809	

Bild 8.55: Details – Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in y-Richtung

## Biegebruchsicherheit aus oberer Bewehrung in x-Richtung

Die Bemessung erfolgt wie bereits beschrieben. Eine Besonderheit jedoch stellt die Ermittlung des Bemessungsmoments dar. Im maßgebenden Lastfall LF2 bildet sich folgender Druckspannungskörper aus maximalem Moment unter der Platte aus:

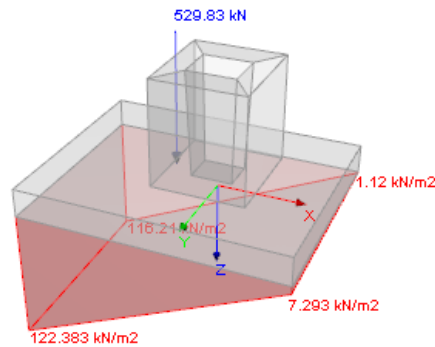


Bild 8.56: Druckspannungsverteilung

Das Moment aus dem Druckspannungskörperteil in positive x-Richtung ist  $M_{D,x,plus} = 35,48 \text{ kNm}$ , das Moment aus der Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung ist  $M_{G,x,plus} = -92,76 \text{ kNm}$ .

Ferner ist die Resultierende der über die Platte verlaufenden zusätzlichen Einzel- bzw. Linienlasten zu berücksichtigen. Sie liegt jenseits des Bemessungsschnitts in positiver x-Richtung.

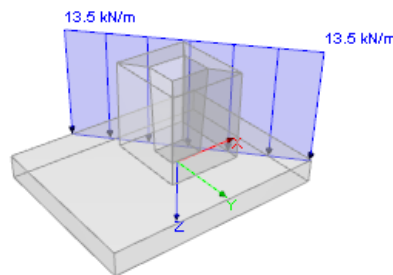


Bild 8.57: Zusätzliche Gleichstreckenlasten

Aus zusätzlicher Last ergibt sich so ein oberes Biegemoment von  $M_{Z,x,plus} = -7,98 \text{ kNm}$ .

Das Bemessungsmoment für die obere Bewehrung in x-Richtung ermittelt sich aus der Summe dieser Momente:

$$M_{x,o} = M_{D,x,plus} + M_{G,x,plus} + M_{Z,x,plus} = 35,48 - 92,76 - 7,98 = -65,26 \text{ kNm}$$

Das Bemessungsmoment wird für die obere Bewehrung gleichmäßig auf die acht Bemessungsstreifen verteilt. Damit ergibt sich folgende Bewehrung:

☐ Bemessungsstreifen			
☐ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,x}$	-8.16	kNm
☐ Bemessungsmoment in x-Richtung	$M_{x,o}$	-65.26	kNm
☐ Verteilungszahl	$\alpha_y$	0.125	
☑ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,x}$	-8.17	kNm
☐ Nachweis			
☑ Erforderliche Bewehrung	erf $A_x$	0.705	cm <sup>2</sup>
☑ Vorhandene Bewehrung	vorh $A_x$	0.835	cm <sup>2</sup>
☐ Nachweiskriterium	Kriterium	0.843	
☐ Details zur gewählten Bewehrung			
☐ Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf $a_x$ (pro m)	2.168	cm <sup>2</sup> /m
☐ Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh $a_x$ (pro m)	2.570	cm <sup>2</sup> /m
☐ Gewählte Breite des Bewehrungsbereiches	$y_l$ (gewählt)	2.600	m
☐ Angesetzte Breite des Bewehrungsbereiches	$y_l$ (angesetzt)	2.500	m
☐ Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	Q 257A	
☐ Vorhandene Bewehrung aus Matte	vorh $a_x$ ,Matte	2.570	cm <sup>2</sup> /m
☐ Gewählter Bewehrungsstab	$d_s$	0	mm
☐ Abstand der Bewehrungsstäbe	$s$	0	mm
☐ Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäben	vorh $a$ (Stab)	0.000	cm <sup>2</sup> /m

Bild 8.58: Details – Obere Bewehrung in x-Richtung



Mit dieser Bewehrung wird der Nachweis der Biegebruchsicherheit geführt.

☐ Biegebruchsicherheit Bemessungsstreifen			
☑ Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,x}$	-8.16	kNm
☑ Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,x}$	-10.66	kNm
— Vorhandene Biegebruchsicherheit	$\gamma_x$	1.307	
— Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf $\gamma$	1.000	
☐ Nachweis			
— Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh $\gamma$	1.307	
— Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf $\gamma$	1.000	
— Nachweiskriterium	Kriterium	0.765	

Bild 8.59: Details – Biegebruchsicherheit aus oberer Bewehrung in x-Richtung

## Biegebruchsicherheit aus oberer Bewehrung in y-Richtung

Die Ermittlung der Biegebruchsicherheit in y-Richtung erfolgt analog. Da jedoch kein Biegemoment vorliegt, ist keine Bewehrung erforderlich.

### 8.1.10.2 Durchstanzsicherheit der Fundamentplatte

Für den Durchstanznachweis gemäß [1] 6.4 ist zunächst die schubkraftübertragende Fläche zu ermitteln.

Bei der Ermittlung der Mindestabmessungen des Fundaments wurde der voraussichtliche Abstand vom Köcherrand zum Rundschnitt mit  $l_{w,def} = 1,0 \cdot d = 26 \text{ cm}$  benutzerdefiniert festgelegt. Zudem wurde die iterative Berechnung des kritischen Rundschnitts vorgegeben. Der Faktor für die Berücksichtigung der entlastend wirkenden Bodenpressungen innerhalb des Rundschnittes wird mit  $k_{red} = 1,00$  angegeben. Dies bedeutet, dass 100% der Bodenpressungen innerhalb des Rundschnitts bei der Ermittlung der resultierenden einwirkenden Querkraft  $V_{Ed,red}$  als günstig wirkend berücksichtigt wurden.

Alle drei Lastfälle führen zu ähnlichen Nachweiskriterien. Dabei sind zwei verschiedene Arten von Nachweisen von Bedeutung:

- Beidseitige Randstütze: Schubnachweis für LF2
- Innenliegende Stütze: Durchstanznachweis für LF1 und LF3

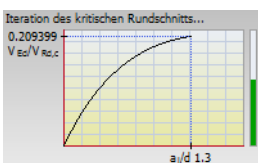


Um die Ergebnisse in den Ergebnistabellen des Moduls für die unterschiedlichen Arten des Nachweises getrennt untersuchen zu können, kann der im [Kapitel 4.2](#) genannte *Ergebnisfilter* genutzt werden. Wird z. B. LF2 ausgewählt, wird der Nachweis als *beidseitige Randstütze* ausgegeben, auch wenn das Nachweiskriterium für diesen Nachweis nicht maßgebend ist.

### Beidseitige Randstütze: Schubnachweis für LF2

Im Zuge der iterativen Berechnung wird der Abstand vom Stützenrand zum Rundschnitt mit  $l_{w,crit} = 68,40 \text{ cm}$  bestimmt.

Der Rundschnitt befindet sich beidseits außerhalb des Fundamentrandes in y-Richtung. Daher wird der Nachweis als Schubnachweis geführt.



Iterative Berechnung:  
kritischer Rundschnitt

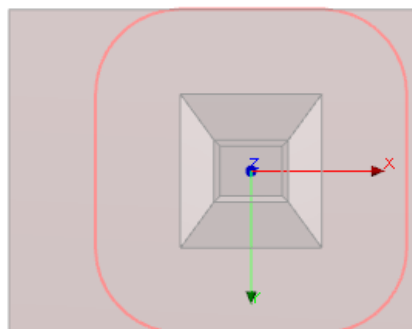


Bild 8.60: Kritischer Rundschnitt für beidseitige Randstütze – Schubnachweis

Die zu übertragende Querkraft  $V_{Ed}$  wird als Differenz zwischen der Querkraft aus Druckspannung und Querkraft aus Gleichflächenlast berechnet.

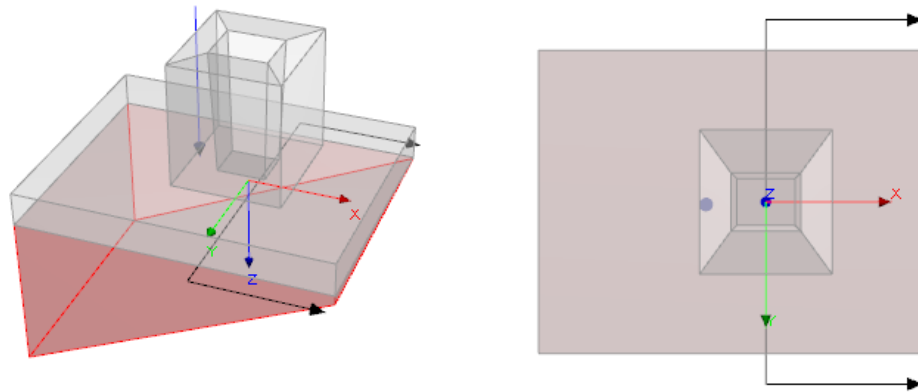


Bild 8.61: Druckspannungskörper und die Lage des Bemessungsschnitts

Die zu übertragende Querkraft in negative x-Richtung ist:

$$V_{Ed,x,n} = V_{D,x,n} - V_{G,x,n} = 432,43 - 274,16 = 158,27 \text{ kN}$$

Für die zulässige Schubspannung muss zunächst die mittlere Flächenbewehrung der unteren Plattenbewehrung aus beiden Richtungen bestimmt werden. Der Längsbewehrungsgrad errechnet sich zu:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{d \cdot b_w} = \frac{34,848 \text{ cm}^2}{26 \text{ cm} \cdot 260 \text{ cm}} = 0,515 \%$$

Der Längsbewehrungsgrad wurde mit der im vorherigen Abschnitt definierten Bewehrung von Q355 + Ø16-20 für die untere Bewehrung in x-Richtung berechnet. Dieser Längsbewehrungsgrad muss geringer als 2 % sein.

Der Sicherheitsfaktor  $C_{Rd,c}$  errechnet sich wie folgt:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

Der Maßstabsfaktor der statischen Nutzhöhe ist:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{260}} = 1,877$$

Für den Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit gilt:

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cd} \right) \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c} = \left( 0,12 \cdot 1,877 \cdot (100 \cdot 0,0052 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right) \cdot 2,6 \cdot 0,26 = 0,3994 \text{ MN}$$

[1] gibt eine Mindestquerkrafttragfähigkeit  $v_{min}$  vor, die bei kleinen Bewehrungsgraden in Verbindung mit sehr hohen Betonfestigkeiten zu größeren Tragfähigkeiten führen kann.

Sie ermittelt sich wie folgt:

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,877^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,5325 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (532,5 + 0,15 \cdot 0) \cdot 2,6 \cdot 0,26 = 359,97 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ist somit größer als die Mindesttragfähigkeit:

$$V_{Rd,c} = 399,4 \text{ kN} > V_{Rd,c,min} = 359,97 \text{ kN}$$

Damit ist das Kriterium für den Schubnachweis aus maximaler Vertikalkraft erfüllt:

$$\text{Kriterium: } \frac{V_{Ed,x,p}}{V_{Rd,c}} = \frac{158,27}{399,4} = 0,396 \leq 1$$

## Innenliegende Stütze: Durchstanznachweis für LF1

Im Zuge der iterativen Berechnung wird der Abstand vom Stützenrand zum Rundschnitt mit  $l_{w,crit} = 49,0$  cm ermittelt. Daher wird der Nachweis als Durchstanznachweis geführt.

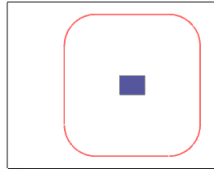


Bild 8.62: Kritischer Rundschnitt für innenliegende Stütze – Durchstanznachweis

Da bei einem Köcherfundament mit rauen Köcherinnenseiten der ganze Köcher wirksam ist, sind die Köcheraußenabmessungen für den Umfang des maßgebenden Rundschnitts relevant:

$$u_{it} = 2 \cdot (d_{kx} + d_{ky}) + 2 \cdot \pi \cdot l_{w,crit} = 2 \cdot (1,14 + 1,24) + 2 \cdot 3,1416 \cdot 0,49 = 7,839 \text{ m}$$

Beiwert  $\beta$ :

$$\begin{aligned} \beta &= 1 + \sqrt{\left(k_x \frac{M_{Ed,x,sl}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_{it}}{W_{1,x}}\right)^2 + \left(k_y \frac{M_{Ed,y,sl}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_{it}}{W_{1,y}}\right)^2} = \\ &= 1 + \sqrt{\left(0,576 \frac{218,05}{226,06} \cdot \frac{7,839}{5,994}\right)^2 + \left(0,609 \frac{144,88}{226,06} \cdot \frac{7,839}{6,169}\right)^2} = 1,879 \end{aligned}$$

Die zu übertragende Querkraft aus maximaler Vertikalkraft errechnet sich zu:

$$V_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,879 \cdot \frac{226,06}{7,839 \cdot 0,245} = 221,2 \text{ kPa}$$

Als mittlerer Längsbewehrungsgrad wird angesetzt:

$$\rho_L = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{0,516 \cdot 0,392} = 0,450$$

Der Maßstabsfaktor der statischen Nutzhöhe ist:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{245}} = 1,904$$

Der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung wird wie folgt berechnet:

– Grunddurchstanzwiderstand nach [1] Gl. (6.50):

$$\begin{aligned} v_{Rd,c,calc,1} &= C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot d}{l_{w,crit}} = \\ &= 0,120 \cdot 1,904 \cdot (100 \cdot 0,00449 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot 0,245}{0,490} = 572,3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

– Mindestdurchstanzwiderstand nach Gl. (6.50):

$$v_{Rd,c,calc,2} = v_{min} \cdot \frac{2 \cdot d}{l_{w,crit}} = 0,5438 \cdot \frac{2 \cdot 0,245}{0,49} = 543,8 \text{ kPa}$$

mit

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,904^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,5438 \text{ MPa}$$

Der Durchstanzwiderstand ist somit:

$$v_{Rd,c} = \text{MAX}(v_{Rd,c,calc,1}; v_{Rd,c,calc,2}) = \text{MAX}(572,3; 543,8) = 572,3 \text{ kPa}$$

Damit ist der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen erbracht.

$$\text{Kriterium: } \frac{V_{Ed}}{v_{Rd,c}} = \frac{221,2}{572,3} = 0,387 \leq 1$$

## 8.2 Blockfundament

Es wird ein Blockfundament mit rauen Köcherinnenseiten nachgewiesen. Die Belastung und die geotechnische Lage ist die gleiche wie beim Köcherfundament im vorherigen Beispiel (siehe Kapitel 8.1 ab Seite 80).

In diesem Beispiel wird auf die Lastermittlung und die geotechnischen Nachweise verzichtet. Es wird vorgestellt, wie RF-/FUND Pro die Köcherbewehrung des Blockfundaments berechnet.

### 8.2.1 Fundamentabmessungen

Die Maske 2.1 Geometrie verwaltet die Abmessungen von Stütze, Fundamentplatte und Köcher.

2.1 Geometrie				
Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit	Meldung
<input checked="" type="checkbox"/> Stütze				
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$c_x$	0.400	m	
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$c_y$	0.300	m	
<input checked="" type="checkbox"/> Exzentrizität				
<input type="checkbox"/> Exzentrizität in x-Richtung	$e_x$	-0.300	m	
<input type="checkbox"/> Exzentrizität in y-Richtung	$e_y$	0.000	m	
<input checked="" type="checkbox"/> Fundamentplatte				
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$x$	2.950	m	
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$y$	2.700	m	
<input type="checkbox"/> Plattendicke	$d$	0.840	m	
<input checked="" type="checkbox"/> Köcher				
<input type="checkbox"/> Köcherhöhe	$h$	0.600	m	
<input type="checkbox"/> Einbindetiefe Stütze	$t$	0.600	m	
<input checked="" type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung				
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	$a_{ox}$	0.100	m	
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	$a_{ux}$	0.050	m	
<input type="checkbox"/> Innenwandneigung	$\alpha_x$	85.24	°	
<input checked="" type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung				
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	$a_{oy}$	0.100	m	
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	$a_{uy}$	0.050	m	
<input type="checkbox"/> Innenwandneigung	$\alpha_y$	85.24	°	
<input checked="" type="checkbox"/> Überschüttung				
<input type="checkbox"/> Höhe der Überschüttung	$\bar{u}$	1.000	m	

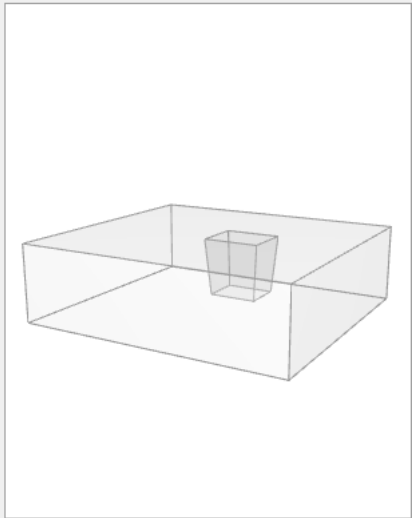


Bild 8.63: Abmessungen des Blockfundaments

### 8.2.2 Bewehrung im Blockfundament

#### 8.2.2.1 Vertikale Bewehrung in x-Richtung

Zunächst werden Anzahl und Durchmesser der vertikalen Bewehrungsstäbe bestimmt, die in x-Richtung verlaufen. Maßgebend für die Bemessung sind die Lagerkräfte des Lastfalls LF2.

Das maßgebende Moment für die Bemessung ergibt sich zu:

$$\text{maßg } M_y = M_y + h \cdot P = 327,00 + 0,74 \cdot 0 = 327,00 \text{ kNm}$$

Die Breite eines Ersatzbalkens ist:

$$b = c_y + h = 0,30 + 0,74 = 1,04 \text{ m}$$

Anschließend wird das aufnehmbare Moment  $M_{Rd}$  bestimmt, das größer als das Bruchmoment ist.

Folgende Tabelle zeigt die Parameter der Momentenermittlung in RF-/FUND Pro.

<input type="checkbox"/> Erforderlicher Stahlquerschnitt	erf $A_{s,Vx}$	10.42	cm <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,y}$	327.00	kNm
<input type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,y}$	328.63	kNm
Statische Nutzhöhe	d	0.740	m
Gewählte Festigkeitsklasse		Beton C35/4	
Bemessungswert des Betons	$f_{od}$	19833.30	kPa
Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung	$\alpha_{oc}$	0.850	
Charakteristische Zylinderfestigkeit	$f_{ck}$	35000.00	kPa
Teilsicherheitsbeiwert des Betons	$\gamma_c$	1.500	
Rechnerische Bruchdehnung des Betons	$\epsilon_{cu}$	3.500	‰
Betondehnung	$\epsilon_c$	1.420	‰
Höhe der Druckzone	x	0.044	m
Breite der Betondruckzonenfläche	b	1.040	m
Bemessungswert der Betondruckkraft	$F_{od}$	453.06	kN
Bemessungswert der Streckgrenze	$f_{yd}$	434783.00	kPa
Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls	$f_{yk}$	500000.00	kPa
Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl	$\gamma_s$	1.150	
Vorhandene Stahldehnung	$\epsilon_s$	22.500	‰
Hebelarm der inneren Kräfte	z	0.725	m

Bild 8.64: Aufnehmbares Moment  $M_{Rd,y}$

Damit ermittelt sich der erforderliche Stahlquerschnitt erf  $A_{s,Vx}$  zu:

Gewählt wird eine Bewehrung von 6 Ø 16 mm im Abstand von 75 mm mit  $A_s = 12,06 \text{ cm}^2$ .

Details...

Standardmäßig ist die Überprüfung der Übergreifungslänge der Köcherbewehrung nach [1] 8.7.3 in den Berechnungsdetails aktiviert. **Bei diesem Beispiel wurde die Überprüfung der Übergreifungslänge der Köcherbewehrung deaktiviert.** Wäre das Kontrollfeld angehakt (siehe Kapitel 3.1.4, Seite 43), würde dies einen höheren Bewehrungsgehalt mit einem geringeren Stahldurchmesser erfordern.

### 8.2.2.2 Vertikale Bewehrung in y-Richtung

Zur Ermittlung von Anzahl und Durchmesser der vertikalen Bewehrungsstäbe in y-Richtung sind die Lagerkräfte des Lastfalls LF3 maßgebend.

Das maßgebende Moment für die Bemessung ergibt sich zu:

$$\text{maßg } M_x = M_x + h \cdot P = 150,00 + 0,724 \cdot 0 = 150,00 \text{ kNm}$$

Die Breite eines Ersatzbalkens ist:

$$b = c_x + h = 0,40 + 0,724 = 1,124 \text{ m}$$

Folgende Tabelle zeigt die Parameter zur Ermittlung des aufnehmbaren Moments  $M_{Rd}$ :

<input type="checkbox"/> Erforderlicher Stahlquerschnitt	erf $A_{s,Vy}$	4.82	cm <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments	$M_{Ed,x}$	150.00	kNm
<input type="checkbox"/> Bemessungswert des aufnehmbaren Moments	$M_{Rd,x}$	150.44	kNm
Statische Nutzhöhe	d	0.724	m
Gewählte Festigkeitsklasse		Beton C35/4	
Bemessungswert des Betons	$f_{od}$	19833.30	kPa
Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung	$\alpha_{oc}$	0.850	
Charakteristische Zylinderfestigkeit	$f_{ck}$	35000.00	kPa
Teilsicherheitsbeiwert des Betons	$\gamma_c$	1.500	
Rechnerische Bruchdehnung des Betons	$\epsilon_{cu}$	3.500	‰
Betondehnung	$\epsilon_c$	0.600	‰
Höhe der Druckzone	x	0.019	m
Breite der Betondruckzonenfläche	b	1.124	m
Bemessungswert der Betondruckkraft	$F_{od}$	209.61	kN
Bemessungswert der Streckgrenze	$f_{yd}$	434783.00	kPa
Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls	$f_{yk}$	500000.00	kPa
Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl	$\gamma_s$	1.150	
Vorhandene Stahldehnung	$\epsilon_s$	22.500	‰
Hebelarm der inneren Kräfte	z	0.718	m

Bild 8.65: Aufnehmbares Moment  $M_{Rd,x}$

Der erforderliche Stahlquerschnitt erf  $A_{s,vy}$  ermittelt sich dann zu:

$$\text{erf } A_{s,vy} = \frac{F_{cd}}{f_{yd}} = \frac{209,61}{43,478} = 4,82 \text{ cm}^2$$

Gewählt wird eine Bewehrung von 3  $\varnothing 16$  mm im Abstand von 200 mm mit  $A_s = 6,03 \text{ cm}^2$ .

### 8.2.2.3 Horizontale Bewehrung (Schubbewehrung Köcher)

Der erforderliche Stahlquerschnitt der horizontalen Bügel  $B_u$  entspricht dem größeren Wert der Bewehrungen, der für die beiden vertikalen Richtungen ermittelt wurde.

Gewählt wird eine zweischnittige Bewehrung von 3  $\varnothing 16$  mm im Abstand von 200 mm mit dem Gesamtquerschnitt  $A_s = 12,06 \text{ cm}^2$ .

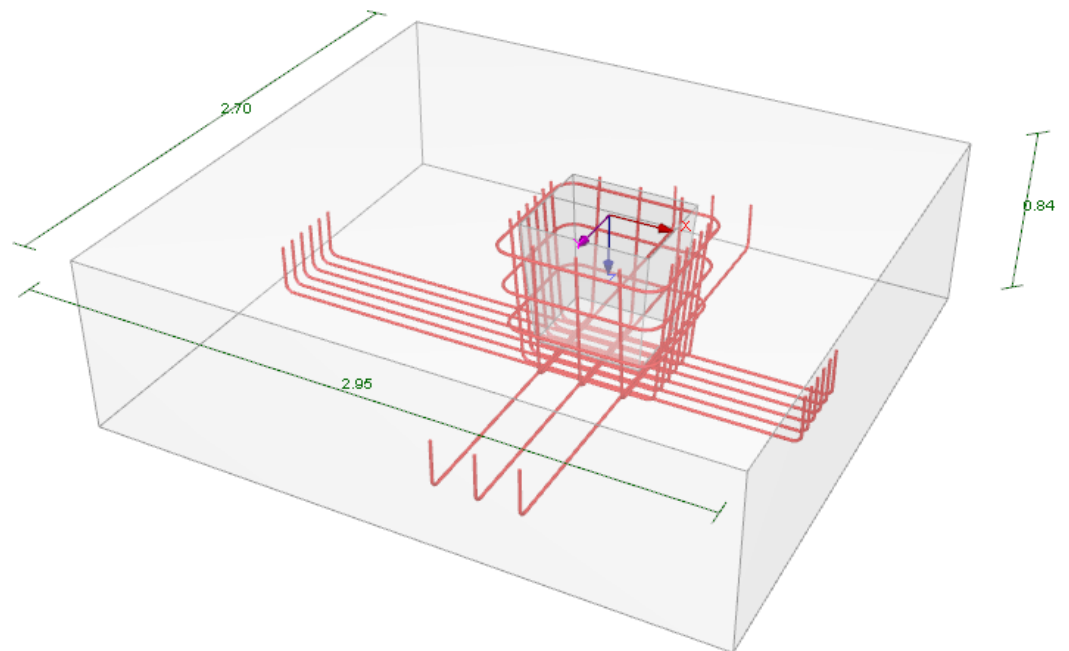


Bild 8.66: Rendering der gewählten Bewehrung

## 8.3 Blockfundament mit glatten Köcherinnenseiten

In diesem Beispiel wird ein Blockfundament mit glatten Innenseiten bemessen.

### 8.3.1 System und Belastung

Eine Kragstütze aus Stahl ist zentrisch auf einem Blockfundament angeordnet. Für dieses Fundament wird die Ermittlung der Köcherbewehrung vorgestellt.

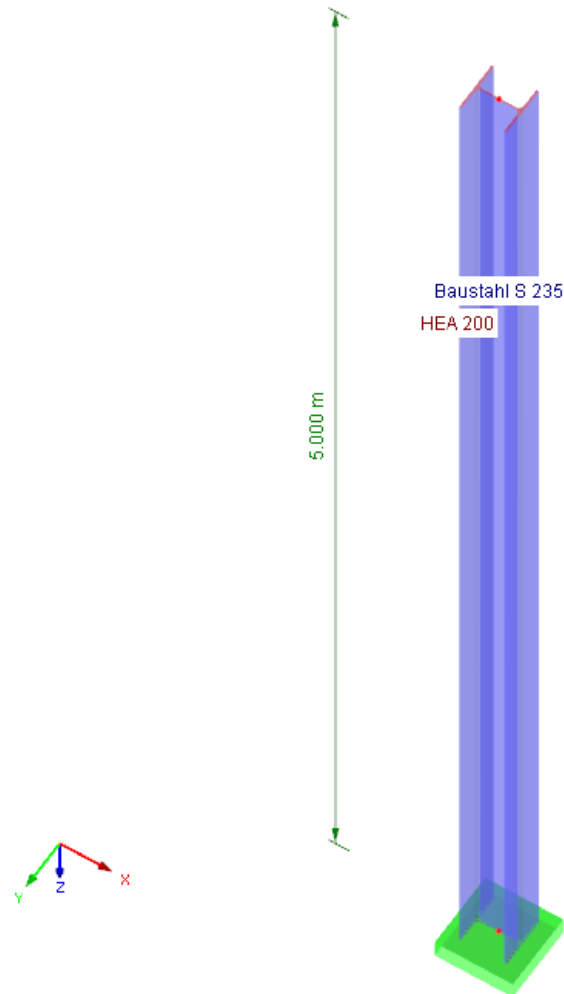


Bild 8.67: Statisches System – Kragstütze

Die Stütze mit dem Querschnitt **HEA 200** wird in Baustahl **Baustahl S 235** ausgeführt.

Für das Fundament wird die **Betongüte C25/30** und die **Betonstahlsorte B 500 S(A)** angesetzt.

Für die Berechnung werden folgende Lastfälle vorgegeben:

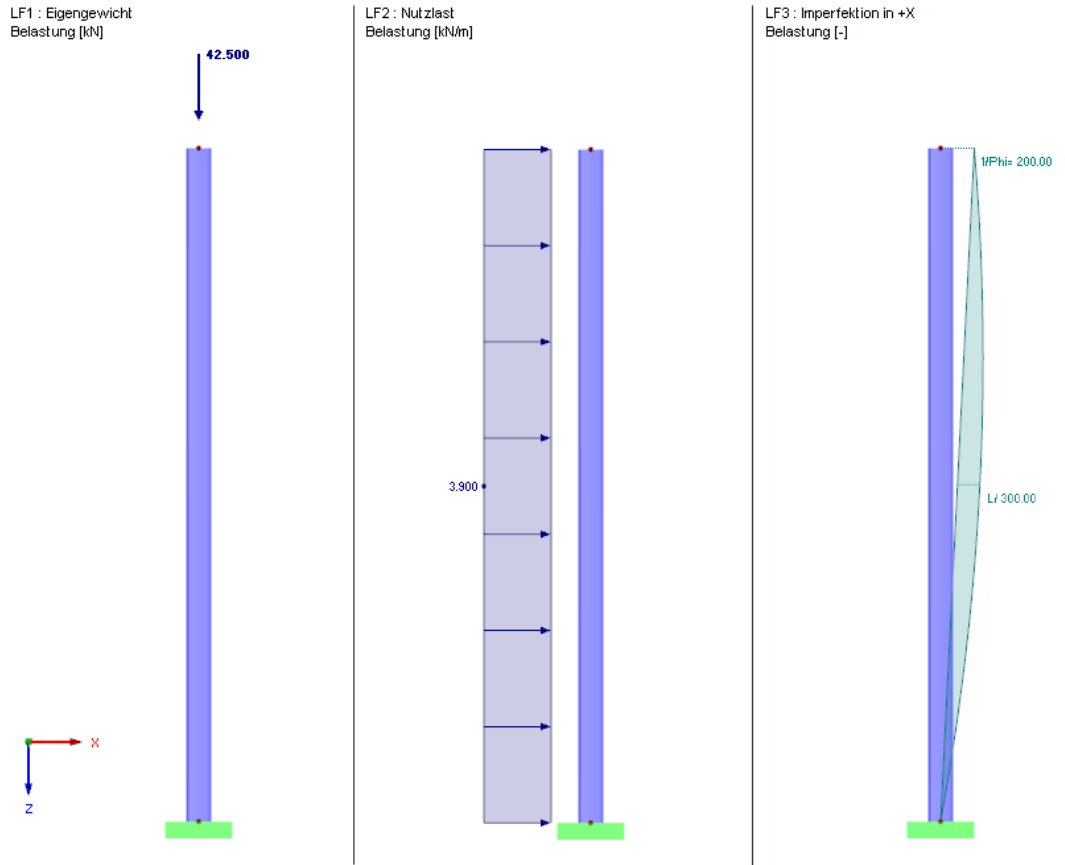


Bild 8.68: Belastung in den Lastfällen 1 bis 3

Aus den im Bild 8.68 gezeigten Lastfällen wird die Lastkombination LK1 gebildet, für die dann die Köcherbewehrung des Fundaments ermittelt wird.

$$\Rightarrow LK1 = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2 + LF3$$

Die Schnittgrößen der LK1 werden nach Theorie II. Ordnung ermittelt.

### 8.3.2 Fundamentabmessungen

Die Abmessungen des Fundaments werden wie folgt festgelegt:

Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit	Meldung
<b>Stütze</b>				
Abmessung in x-Richtung	$c_x$	0.190	m	
Abmessung in y-Richtung	$c_y$	0.200	m	
<b>Fundamentplatte</b>				
Abmessung in x-Richtung	$x$	2.500	m	
Abmessung in y-Richtung	$y$	1.250	m	
Plattendicke	$d$	1.100	m	
<b>Köcher</b>				
Köcherhöhe	$h$	0.800	m	
Einbindetiefe Stütze	$t$	0.800	m	
<b>Abmessung in x-Richtung</b>				
Oberes Stützenspiel	$a_{ox}$	0.100	m	
Unteres Stützenspiel	$a_{ux}$	0.100	m	
Innerwandneigung	$\alpha_x$	90.00	°	
<b>Abmessung in y-Richtung</b>				
Oberes Stützenspiel	$a_{oy}$	0.100	m	
Unteres Stützenspiel	$a_{uy}$	0.100	m	
Innerwandneigung	$\alpha_y$	90.00	°	

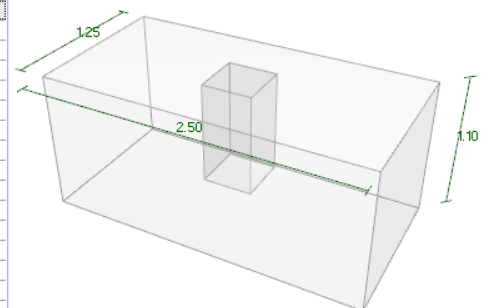


Bild 8.69: Abmessungen des Blockfundaments

Diese Abmessungen sind in Maske 1.2 Geometrie einzugeben.



### 8.3.3 Resultierende Lagerkräfte

Die Berechnung der LK1 liefert folgende Lagerkräfte:

P-x,d	29,25 kN
P-y,d	0 kN
P-z,d	60,23 kN
M-x,d	0 kN
M-y,d	-78,43 kNm
M-z,d	0 kN

Tabelle 8.1: Lagerkräfte für LK1

### 8.3.4 Ermittlung der horizontalen Köcherbewehrung Bu

Zunächst wird die horizontale Köcherbewehrung Bu ermittelt. Im Beispiel wird BuY maßgebend, da die maßgebende Horizontalkraft  $H_0$  in Richtung der x-Achse wirkt. Daraus ergibt sich die für die Horizontalbügel maßgebende Spaltzugkraft  $Z_1$  bzw.  $Z_2$ .

$$H_0 = \frac{5}{4} \cdot \frac{M}{t} + \frac{9}{8} \cdot P$$

Aus den Abmessungen im Bild 8.69 und den Lagerkräften aus Tabelle 8.1 ergibt sich:

$$H_0 = \frac{5}{4} \cdot \frac{78,43}{0,80} + \frac{9}{8} \cdot 29,25 = 155,45 \text{ kN}$$

Aus der resultierenden Horizontalkraft  $H_0$  kann die Spaltzugkraft  $Z_1$  ermittelt werden.

In diesem Fall ist die Lastverteilungsfläche durch die Fundamentlänge begrenzt. Die angesetzte Lastverteilungsfläche  $ds$  kann nicht länger sein als die Länge des vorhandenen Fundamentspornes. Für das Beispiel bedeutet dies:

$$(x - c_x - 2a_{ox}) / 2 = ds$$

$$(2,50 \text{ m} - 0,19 \text{ m} - 0,20 \text{ m}) / 2 = ds$$

$$ds = (2,50 \text{ m} - 0,19 \text{ m} - 0,20 \text{ m}) / 2 = 1,055 \text{ m}$$

$$ds = 1,055 \text{ m} < d = 2e'$$

$$Z_1 = \frac{H_0}{4} \times \left[ \frac{d - c}{ds} \right]$$

Aus der Horizontalkraft  $H_0$  und den Abmessungen des Blockfundaments ergibt sich:

$$Z_1 = \frac{155,45}{4} \cdot \left[ \frac{1,25 - 0,20}{1,055} \right] = 38,68 \text{ kN}$$

$$Z_2 = \frac{H_0}{2} = \frac{155,45}{2} = 77,73 \text{ kN}$$

Aus den Zugkräften  $Z_1$  und  $Z_2$  wird der erforderliche Betonstahlquerschnitt ermittelt:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 43,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1, \text{erf}} = \frac{Z_1}{f_{yd}} = \frac{38,68}{43,5} = 0,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2, \text{erf}} = \frac{Z_2}{f_{yd}} = \frac{77,73}{43,5} = 1,79 \text{ cm}^2$$

Aus dem erforderlichen Bewehrungsquerschnitt kann der Bügel  $Bu_\gamma$  bestimmt werden. Die zur Abdeckung von  $A_{s,erf}$  gewählte Bewehrung lässt sich in Maske 2.6 Köcherbewehrung einsehen.

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	vorf $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	d [mm]	Verlegete [cm]	Anzahl der Bewehrung			Abstand [cm]	Meldung
						erforderl.	möglich	gewählt		
6	Bu <sub>Y</sub>	1.79	2.26	12	16	2	2	2	5	
7	Bu <sub>X</sub>	0.00	1.13	12	16	1	2	1	5	
8,9	Bu <sub>X</sub> , Bu <sub>Y</sub> (kon)	0.46	2.26	12	53	1	17	2	26.5	
10	Bu <sub>Y,u</sub>	1.79	2.26	12	16	2	2	2	5	
11	Bu <sub>X,u</sub>	0.00	1.13	12	16	1	2	1	5	
12	V <sub>X</sub>	0.51	1.01	8	35.2	2	2	2	20	
13	V <sub>Y</sub>	0.00	1.01	8	34.2	0	2	2	20	

Kommentar

Bild 8.70: Maske 2.6 mit Darstellung der Köcherbewehrung Bu



**Die Bezeichnung der Bügelposition  $Bu_Y$  bzw.  $Bu_X$  orientiert sich an der Lastrichtung der Spaltzugkraft  $Z_1$ .**

Im Beispiel ist die Horizontalkraft  $H_0$  in x-Richtung orientiert. **Die Spaltzugkraft  $Z_1$  wirkt in y-Richtung.** Daher trägt der Bügel, der aus der Horizontalkraft  $H_0$  in x-Richtung resultiert, die Bezeichnung  **$Bu_Y$** .

### 8.3.5 Ermittlung der vertikalen Bewehrung $V_x$

Die erforderliche vertikale Bewehrung kann anhand der in [7] beschriebenen Randzugkraft  $Z_R$  bestimmt werden.

$$Z_R = 0,142 H_0$$

Demnach ergibt sich  $Z_R$  für das Beispielfundament zu:

$$Z_R = 0,142 \cdot 155,45 = 22,09 \text{ kN}$$

$$A_{s,v,erf} = Z_R / f_{yd}$$

$$A_{s,v,erf} = 22,09 / 43,5 = 0,51 \text{ cm}^2$$

### 8.3.6 Nachweis der Betonspannung

Folgende Werte gehen in den Nachweis der Betonspannungen ein:

$$H_0 = 155,45 \text{ kN}$$

$$H_U = 126,20 \text{ kN}$$

$$t = 80 \text{ cm}$$

$$a_0 = 10 \text{ cm}$$

$$a_U = 10 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = \frac{H}{0,2t \cdot (c + 2a)}$$

$$\sigma_{c,0} = \frac{155,45}{0,2 \cdot 80 \cdot (20 + 2 \cdot 10)} = 0,243 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,U} = \frac{126,20}{0,2 \cdot 80 \cdot (20 + 2 \cdot 10)} = 0,197 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \rightarrow f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,50} = 1,417 \text{ kN/cm}^2$$

Für den Nachweis der Betondruckspannungen wird die Betondruckspannung aus  $H_0$  maßgebend, da die Köcherwände senkrecht angeordnet sind. Wären die Köcherwände geneigt, könnte trotz der geringeren Horizontalkraft der Nachweis aus  $H_U$  maßgebend werden.

Daraus ergibt sich das Nachweiskriterium zu:

$$\frac{\sigma_{c,0}}{f_{c,d}} = \frac{0,243 \text{ kN/cm}^2}{1,471 \text{ kN/cm}^2} = 0,171 < 1,0$$

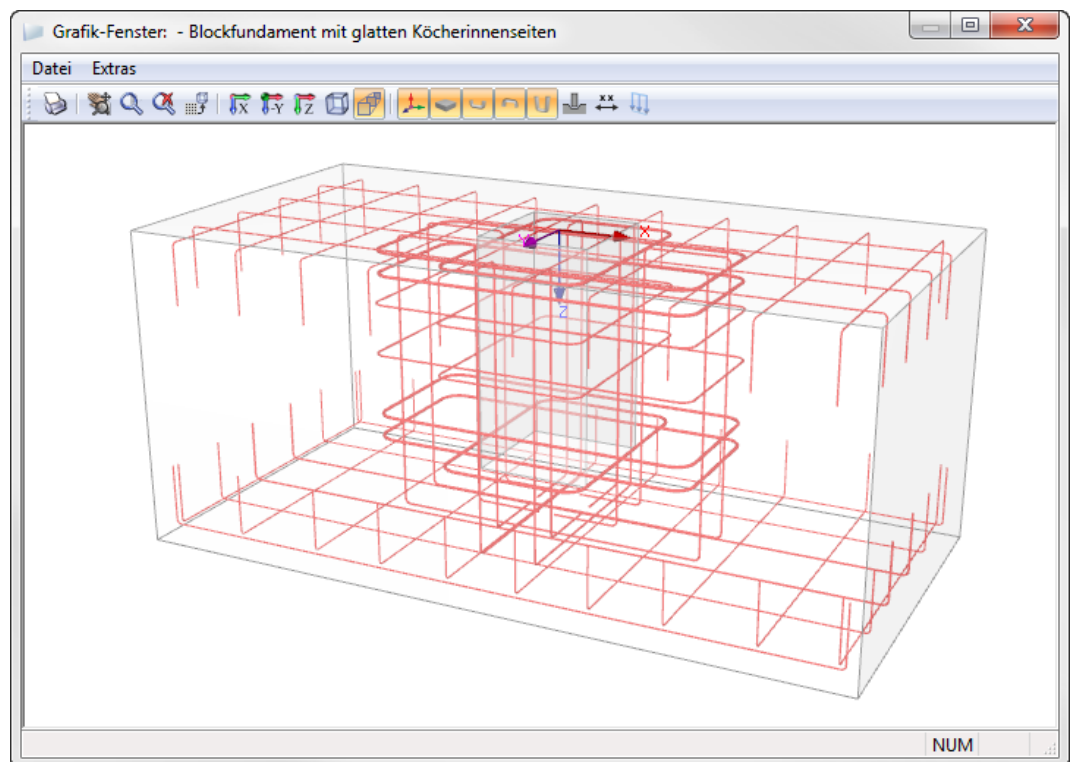


Bild 8.71: Bewehrung des Blockfundaments mit glatten Köcherinnenseiten

## 8.4 Grundbruchnachweis nach Verfahren 2\*

In diesem Beispiel werden die Unterschiede zwischen den Nachweisverfahren 2 und 2\* gemäß EN 1997-1 vorgestellt.

Hierfür wird das Beispiel aus [3] Kapitel 3.2.8 *Rechenbeispiel für den Grenzzustand der Tragfähigkeit* verwendet, angepasst und in RF-/FUND Pro in zwei Bemessungsfällen untersucht. Die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Nachweisverfahren (nachfolgend „Verfahren“ genannt) werden abschließend tabellarisch dokumentiert.

Die Fundamentabmessungen des Beispiels werden modifiziert, da die in [3] beschriebenen Abmessungen beim Grundbruchnachweis zu einer Ausnutzung von über 100 % führen. Ein Nachweiskriterium  $> 1,0$  für den Grundbruchnachweis ist in RF-/FUND Pro nicht vorgesehen, sodass die Berechnung für die in der Literatur genannten Abmessungen zu einem Abbruch mit entsprechendem Hinweis auf zu geringe Fundamentabmessungen führt.

Die für das Beispiel verwendeten Abmessungen sind im [Kapitel 8.4.2](#) angegeben.

### 8.4.1 System und Belastung

#### System

Es wird eine 5 m hohe Kragstütze untersucht, für die ein Fundament des Typs *Fundamentplatte* bemessen werden soll.

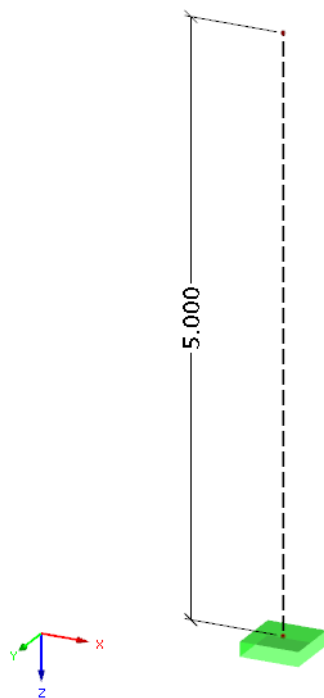


Bild 8.72: Statisches System – Kragstütze

Im RFEM- bzw. RSTAB-Modell wird für den Kragstützen-Stab der Stabtyp *Kopplung Fest-Fest* verwendet.

Die Lagerung der Kragstütze wird durch ein starres Knotenlager realisiert.

## Belastung

Es werden drei Lastfälle mit folgenden Lasten definiert:

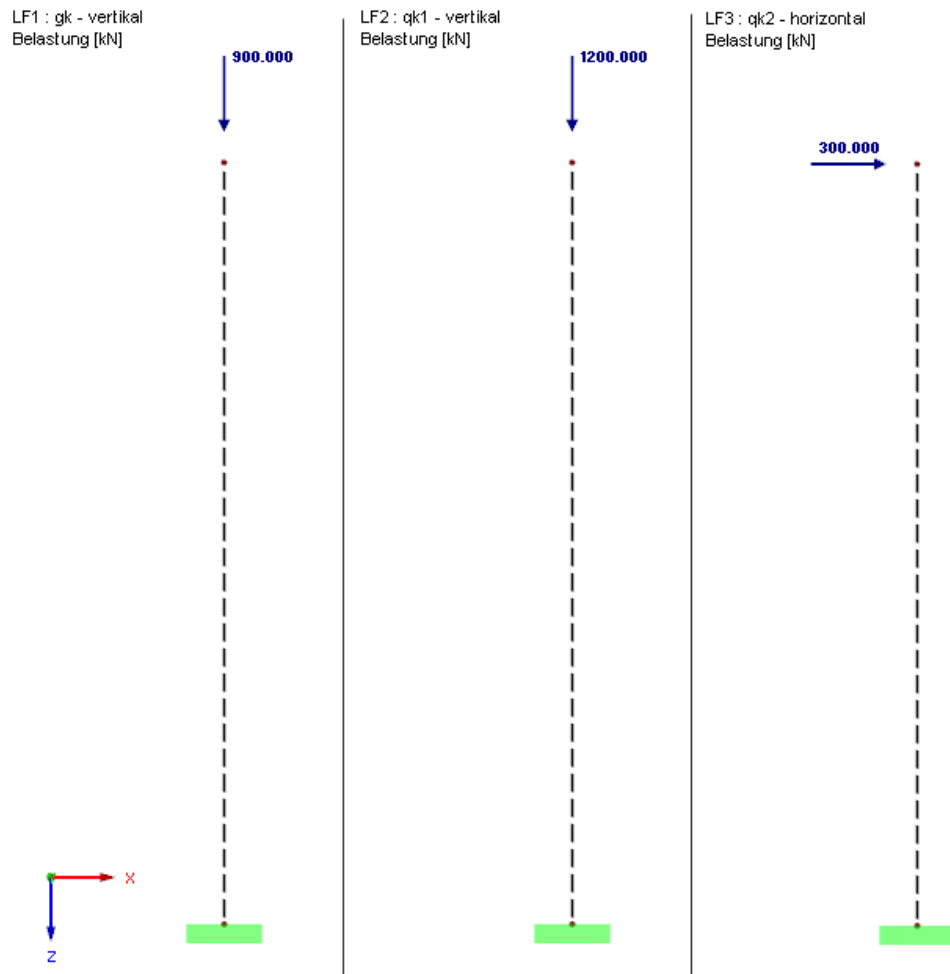


Bild 8.73: Belastung in den Lastfällen 1 bis 3

Aus den im Bild 8.73 gezeigten Lastfällen wird die Lastkombination LK1 gebildet, für die dann der Grundbruchnachweis des Fundaments durchgeführt wird.

$$\Rightarrow LK1 = 1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3$$

### 8.4.2 Fundamentabmessungen

Die Abmessungen des Plattenfundaments werden wie folgt festgelegt:

Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
<input type="checkbox"/> Stütze			
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$c_x$	0.400	m
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$c_y$	0.400	m
<input type="checkbox"/> Fundamentplatte			
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	$x$	2.500	m
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	$y$	2.500	m
<input type="checkbox"/> Plattendicke	$d$	0.800	m

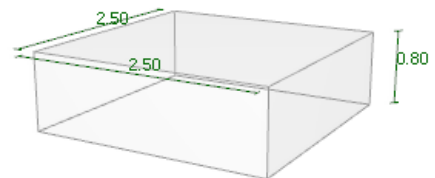


Bild 8.74: Abmessungen der Fundamentplatte

Die Abmessungen der Fundamentplatte sind in Maske 1.2 Geometrie einzugeben.

Die Abmessungen wurden im Vergleich zum Beispiel aus [3] erhöht, um eine Ausnutzung für den Grundbruchnachweis  $< 1,00$  zu ermöglichen.

## 8.4.3 Resultierende Lagerkräfte

Die Berechnung der LK1 liefert folgende Lagerkräfte:

P-x,d	315,0 kN
P-y,d	0 kN
P-z,d	3 015,0 kN
M-x,d	0 kN
M-y,d	-1 575,0 kNm
M-z,d	0 kN

Tabelle 8.2: Lagerkräfte für LK1

## 8.4.4 Bodenparameter

Für die Fundamentbemessung in RF-/FUND Pro werden folgende Bodenparameter festgesetzt:

- Konsolidierte Untergrundverhältnisse
- Wirksame Kohäsion  $c_k^i = 0,020 \text{ MN/m}^2$
- Bodenwichte über und unter der Sohle  $\gamma_{1,k} = \gamma_{2,k} = 22,0 \text{ kN/m}^3$
- Bodenreibungswinkel  $\varphi_k = 32,50^\circ$



Um diese Bodenparameter in RF-/FUND Pro einzugeben, wird zunächst ein Bodenprofil erzeugt (siehe [Kapitel 2.1.5, Seite 12](#)). Hierbei sind zwei Schichten anzulegen, für welche beliebige Böden aus der Bibliothek ausgewählt werden können. Sind die Bodenschichten mit den entsprechenden Höhenlagen und Dicken erstellt, sind in den Parametern der jeweiligen Bodenschicht die Eingangswerte für die Wichte, die Kohäsion und den Bodenreibungswinkel entsprechend der obigen Vorgaben festzulegen.

Im Dialog *Bodenprofil* sind somit folgende Einstellungen vorzunehmen:

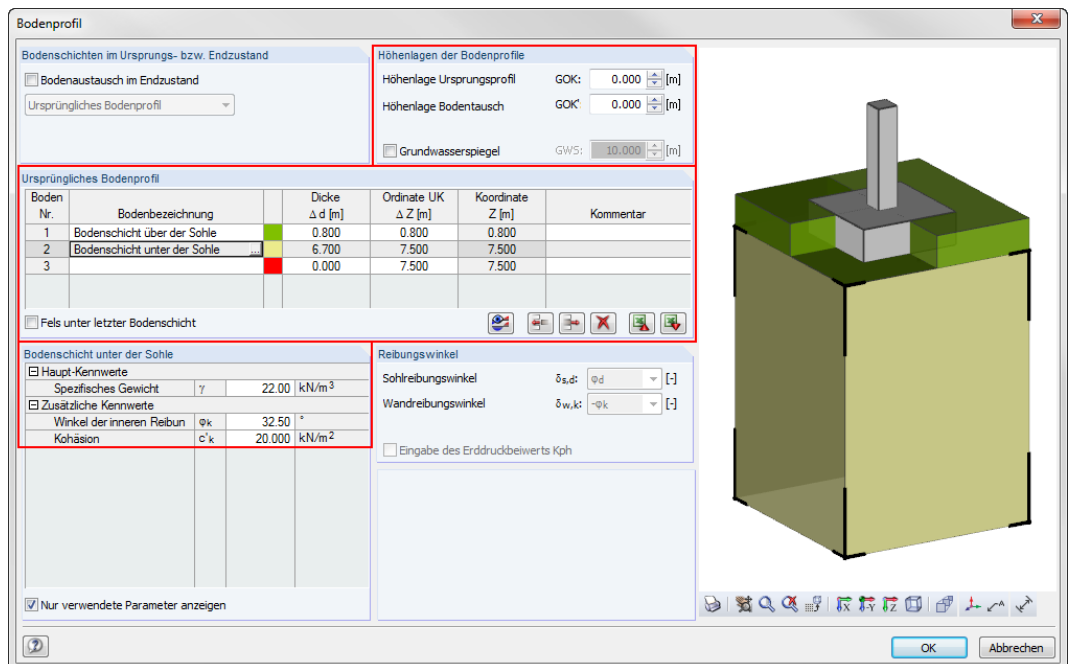


Bild 8.75: Vorgaben im Dialog *Bodenprofil*

### 8.4.5 Bemessungsdetails

Details...

Im Dialog *Details* werden folgende Einstellungen für das Beispiel getroffen:

Bild 8.76: Einstellungen im Dialog *Details*

### 8.4.6 Weitere Bemessungsvorgaben

In Maske *1.1 Basisangaben* sind folgende Einstellungen vorzunehmen:

- Nationaler Anhang: **CEN**
- Fundamenttyp: **Fundamentplatte**
- Nachweis der Bodenpressung: über **Grundbruchwiderstand nach EN 1997-1 Anhang D**
- Bodenkennwerte: **Konsolidierte Verhältnisse**

Da im Beispiel lediglich der Vergleich zwischen Verfahren 2 und Verfahren 2\* untersucht wird, sind die Eingaben in den Masken 1.2 und 1.3 hinsichtlich der Stützenabmessung, der verwendeten Betongüte etc. nicht von Bedeutung. Sie werden hier nicht weiter dokumentiert.

In Maske *1.4 Belastung* wird die LK1 für den Grundbruchnachweis ausgewählt.



#### Hinweis zur Eingabe:

In einem Bemessungsfall kann ein Knoten nur einmal für die Bemessung ausgewählt werden. Daher sollte für das Verfahren 2 der *Fall 1*, für das Verfahren 2\* der *Fall 2* angelegt werden. Hierzu bietet sich die Menüfunktion **Datei** → **Fall kopieren** an.

## 8.4.7 Maßgebende Nachweise

Nach der Berechnung wird für den **Fall 1** (Verfahren 2) folgendes Nachweiskriterium ausgegeben:

2.2 Maßgebende Nachweiskriterien

Nachweisart	Knoten	Maßgebender LF	Nachweis-Kriterium	Kommentar zur Nachweisart
Grundbruch (EC 7, 6.5.2)	1	LK1	0.839	
Biegebruchsicherheit Platte (EC 2, 6.1)	1	LK1	0.981	

Knoten Nr.: 1 | LF / LK: LK1 | Extrem: | Max: 0.981 ≤ 1

Grundbruch (EC 7, 6.5.2) | Knoten 1 | LK1

Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente		Nr.	1
Am Knoten		LF	LK1
Lastfall		BS	GR
Bemessungssituation		$P_{z,d}$	3015.00 kN
Vertikalkraft		$P_{x,d}$	315.00 kN
Horizontalkraft in x-Richtung		$P_{y,d}$	0.00 kN
Horizontalkraft in y-Richtung		$M_{x,d}$	0.00 kNm
Moment um die x-Achse		$M_{y,d}$	-1575.0 kNm
Moment um die y-Achse		$V_{d/A'}$	0.942 MN/m <sup>2</sup>
Bemessungswert der Grundbrucheinwirkung		$R_{k/A'}$	1.571 MN/m <sup>2</sup>
Grundbruchwiderstand			
Bemessungswert der Grundbrucheinwirkung		$V_{d/A'}$	0.942 MN/m <sup>2</sup>
Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes		$R_{d/A'}$	1.122 MN/m <sup>2</sup>
Grundbruchwiderstand		$R_{k/A'}$	1.571 MN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwert für Grundbruch		$\gamma_{R,v}$	1.400
Nachweiskriterium		Kriterium	0.839

Bild 8.77: Nachweiskriterium für Verfahren 2

Im **Fall 2** für das Verfahren 2\* liegen folgende Ergebniswerte vor:

2.2 Maßgebende Nachweiskriterien

Nachweisart	Knoten	Maßgebender LF	Nachweis-Kriterium	Kommentar zur Nachweisart
Grundbruch (EC 7, 6.5.2)	1	LK1	0.787	206)
Biegebruchsicherheit Platte (EC 2, 6.1)	1	LK1	0.981	

Knoten Nr.: 1 | LF / LK: LK1 | Extrem: | Max: 0.981 ≤ 1

Grundbruch (EC 7, 6.5.2) | Knoten 1 | LK1

Bemessungswert aus Auflagerkräfte und -momente		Nr.	1
Am Knoten		LF	LK1
Lastfall		BS	GR
Bemessungssituation		$P_{z,d}$	3015.00 kN
Vertikalkraft		$P_{x,d}$	315.00 kN
Horizontalkraft in x-Richtung		$P_{y,d}$	0.00 kN
Horizontalkraft in y-Richtung		$M_{x,d}$	0.00 kNm
Moment um die x-Achse		$M_{y,d}$	-1575.0 kNm
Moment um die y-Achse		$V_{d/A'}$	0.906 MN/m <sup>2</sup>
Bemessungswert der Grundbrucheinwirkung		$R_{k/A'}$	1.612 MN/m <sup>2</sup>
Grundbruchwiderstand			
Bemessungswert der Grundbrucheinwirkung		$V_{d/A'}$	0.906 MN/m <sup>2</sup>
Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes		$R_{d/A'}$	1.151 MN/m <sup>2</sup>
Grundbruchwiderstand		$R_{k/A'}$	1.612 MN/m <sup>2</sup>
Teilsicherheitsbeiwert für Grundbruch		$\gamma_{R,v}$	1.400
Nachweiskriterium		Kriterium	0.787

Bild 8.78: Nachweiskriterium für Verfahren 2\*



### 8.4.8 Vergleich der Ergebnisse

Entsprechend der zuvor genannten Vorgaben wird im *Fall 1* der Grundbruchwiderstand mit dem Verfahren 2, im *Fall 2* mit der Verfahren 2\* ermittelt.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Unterschiede:

	Verfahren 2	Verfahren 2*
Vertikale Beanspruchung V	$V_k = 900 + 125 + 1200 = 2225 \text{ kN}$	
horizontale Beansp. bei Berücksichtigung von $\varphi 0$	$V_d = 1,35 * (900 + 125) + 1,50 * 1200 = 3184 \text{ kN}$	
Lastneigung	$H_k = 0,7 * 300 = 210 \text{ kN}$	
Moment in Fundamentsohle	$H_d = 210 * 1,50 = 315 \text{ kN}$	
Exzentrizität	$315/3184 = 0,10$	$210/2225 = 0,095$
Ersatzfläche A'	$M_k = 5,8 * 210 = 1218 \text{ kNm}$	
Ersatzlänge L'	$M_d = 5,8 * 315 = 1827 \text{ kNm}$	
Ersatzbreite B'	$1827/3184 = 0,574$	$1218/2225 = 0,547$
Tragfähigkeitsbeiwerte	$A' = 3,38 \text{ m}^2$	$A' = 3,513 \text{ m}^2$
Formbeiwerte	$L' = 2,500 \text{ m}^2$	$L' = 2,500 \text{ m}^2$
Neigungsbeiwerte (Lastneigung infolge der Horizontalkraft H)	$B' = 1,352 \text{ m}^2$	$B' = 1,405 \text{ m}^2$
Grundbruchwiderstand	$N_q = 24,585$ $N_\gamma = 30,050$ $N_c = 37,020$	
Bemessungswert $R_d/A'$	$s_q = 1,291$ $s_c = 1,303$ $s_\gamma = 0,838$	$s_q = 1,302$ $s_c = 1,315$ $s_\gamma = 0,831$
Bemessungswert der Grundbrucheinwirkung	$i_q = 0,847$ $i_\gamma = 0,766$ $i_c = 0,841$ $m = 1,649$	$i_q = 0,857$ $i_\gamma = 0,780$ $i_c = 0,851$ $m = 1,640$
Nachweiskriterium	$R_k = 1570,81 \text{ kN/m}^2 * 3,38 \text{ m}^2$ $R_k = 5309,34 \text{ kN}$ $R_d = R_k/1,4 = 3792,38 \text{ kN}$ $R_d/A' = 1122,01 \text{ kN/m}^2$	$R_k = 1611,97 \text{ kN/m}^2 * 3,513 \text{ m}^2$ $R_k = 5662,86 \text{ kN}$ $R_d = R_k/1,4 = 4044,90 \text{ kN}$ $R_d/A' = 1151,41$
	$V_d/A' = 941,731 \text{ kN}$	$V_d/A' = 906,30 \text{ kN}$
	$\eta = 941,731/1122,01 = 0,839$	$\eta = 906,30/1151,41 = 0,787$

Bild 8.79: Vergleich der Zwischenergebnisse und des Nachweiskriteriums zwischen Verfahren 2 und 2\*

# Literatur

- [1] *DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN1992-1-1:2001 + AC:2010.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [2] *DIN EN 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regeln.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008.
- [3] Karl Josef Witt. *Grundbau-Taschenbuch: Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke.* Ernst & Sohn, Berlin, 7. Auflage, 2009.
- [4] Fritz Leonhardt. *Vorlesungen über Massivbau*, Band 6. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1979.
- [5] V. Steinle A.; Hohn. *Bauen mit Fertigteilen im Hochbau. Beton-Kalender 1988/2.* Ernst & Sohn, Berlin.
- [6] *EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung.* Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- [7] Emil Grasser und Gerd Thielen. *Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, 1978.

# Index

3D-Rendering .....	64	<b>D</b>	Darzustellende Bewehrung .....	65
<b>A</b>		Dauer .....	35, 36	
Abmessungen .....	23, 24, 25, 51	Deaktivieren von Lagerlasten .....	45	
Abminderungsbeiwerte .....	28	Dezimalstellen .....	74	
Anteiliges Bemessungsmoment .....	108	Durchmesser .....	60	
Auflast .....	35	Durchstanzen .....	43	
Aufschwimmen (UPL) .....	33, 41, 101	Durchstanzkegel .....	43	
Ausdruck .....	70	Durchstanznachweis .....	44, 112, 114	
Außergewöhnlich .....	34	DXF-Datei .....	79	
Auslegen .....	24, 25			
<b>B</b>		<b>E</b>		
Basisangaben .....	7	Effektive Fundamentfläche .....	102	
Baugrund (GEO) .....	33	Einbindetiefe .....	25, 37, 46, 47, 48	
Belastung .....	33	Eingabedaten .....	7	
Bemessungsdetails .....	39	Einheiten .....	74	
Bemessungsfall .....	8, 72	Einzellasten .....	36	
Bemessungsschnitt .....	40	Endzustand .....	13, 18	
Bemessungssituation .....	33, 34	Entlastende Bodenpressung .....	44	
Bemessungsverfahren .....	75	Erddruckbeiwert .....	17	
Betondeckung .....	27	Erdwiderstand .....	42	
Betongüte .....	27	Erforderliche Bewehrung .....	54	
Betonkubatur .....	62	Ergebnisauswertung .....	63	
Betonspannung .....	98	Ergebniskombination .....	33	
Betonstahllagermatten .....	29	Ergebnismasken .....	51	
Betonstahlsorte .....	27	Ergebnisse .....	51	
Bewehrung .....	29, 56, 58	Ergebniswerte .....	68	
Bewehrung anpassen .....	56	Export der Bewehrungszeichnungen .....	79	
Bewehrungsart .....	55, 65	Export Ergebnisse .....	77	
Bewehrungsbereich .....	57	Exzentrische Belastung .....	42, 103	
Bewehrungsmattenbibliothek .....	31	Exzentrizität .....	23	
Bewehrungsplan .....	67, 79	<b>F</b>		
Bewehrungsquerschnitt .....	55	Filter .....	53	
Bewehrungsrichtung .....	57	Fundament .....	8, 45	
Bewehrungsstab .....	32	Fundamentplatte .....	10, 23, 39, 47, 56	
Bewehrungsvorschlag .....	58	Fundamenttyp .....	10	
Bezeichnung der Bügelposition .....	121	Fundamentverdrehung .....	34, 42	
Biegebruchsicherheit .....	96, 105	<b>G</b>		
Blockfundament .....	10, 47, 48, 115, 118	Geometrie .....	22, 51	
Bodenkennwerte .....	12, 16, 17	Geotechnik .....	24	
Bodenpressung .....	44	Geotechnische Nachweise .....	11, 37, 40	
Bodenprofil .....	12, 19, 38	Gleiten .....	12, 25, 41, 104	
Bodenschicht .....	12, 13, 17	Gleitwiderstand .....	19	
Bodentausch .....	14	Grundbewehrung .....	56, 58	
Bügel .....	26	Grundbruch .....	41, 101	
<b>C</b>		Grundbruchwiderstand .....	11, 12	
Charakteristische Werte .....	34	Grundwasser .....	15, 37	

<b>H</b>		<b>R</b>	
Hauptbewehrung .....	57	Regelfall .....	11
Höhenlage .....	14	Reibungswinkel .....	18
Horizontale Bügel .....	26, 86, 90	Rotieren .....	64
		Rundschnitt .....	43
<b>I</b>		<b>S</b>	
Iteration .....	25	Schadensfolgeklasse .....	76
		Schnitt .....	68
<b>K</b>		Schubnachweis .....	112
Kernfläche .....	43	Sohlreibungswinkel .....	18
Klaffende Fuge .....	42	Sohlspannung .....	19
Knoten .....	8	Stabbewehrung .....	56
Köcher .....	25, 26	Stabstahl .....	32
Köcherbewehrung .....	60, 95	Ständig und vorübergehend .....	34
Köcherfundament .....	10, 27, 45, 46, 80	Staffelung .....	57, 59
Köcherinnenseite .....	10	Stahlliste .....	61
Kritischer Rundschnitt .....	48	Starten von RF/-FUND Pro .....	5
		Stütze .....	22
<b>L</b>		Stützenabmessungen übernehmen .....	22
Lagerlasten .....	45	<b>T</b>	
Lagesicherheit (EQU) .....	33, 40, 104	Teilsicherheitsbeiwert .....	28
Langzeit-Lastfaktor .....	28	Theorie II. Ordnung .....	45
Lastfall .....	33	Tragwerk (STR) .....	33
Lastkombination .....	33	<b>U</b>	
Lastposition .....	36	Übergreifungslänge .....	43, 99
Linienlast .....	36	Überschüttung .....	14, 19, 25, 37
Listenmatten .....	32	Unbewehrtes Fundament .....	39
		Untere Plattenbewehrung .....	56
<b>M</b>		Ursprungsprofil .....	14
Materialbibliothek .....	16	Ursprungszustand .....	13
Matte .....	32	<b>V</b>	
Mindestabmessungen .....	45, 46, 47, 48	Verfahren 2 .....	75
Mindestbewehrung .....	39	Verfahren 2* .....	75, 123
		Verlegebreite .....	61
<b>N</b>		Verschieben .....	64
Nachweisdetails .....	53	Verteilungszahl .....	108
Nachweiskriterium .....	52	Vertikale Köcherbügel .....	93, 95
Nachweisverfahren .....	75	Vorhandene Bodenpressung .....	102
Nationaler Anhang .....	9, 28, 34, 74	Vorlage .....	26
Nebenbewehrung .....	57	<b>W</b>	
Norm .....	9, 27	Widerstand gegen Gleiten .....	41
		<b>Z</b>	
<b>O</b>		Zoomen .....	64
Obere Plattenbewehrung .....	59	Zulässige Bodenpressung .....	11, 103
		Zusätzliche Belastung .....	35
<b>P</b>			
Parameter $\beta$ .....	44		
Passiver Erdwiderstand .....	12		
Plattenbewehrung .....	56, 59		
Position .....	55, 57		
Programmaufruf .....	5		