

Programm

FUND

für PCs unter Windows 2000/XP

**Einzelfundamente nach
DIN 1045-88, DIN 1045-01, EC 2**

Benutzer-Handbuch

Fassung August 2004

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung
Der ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH ist es nicht gestattet, dieses Benutzer-Handbuch
oder Teile daraus auf jedwede Art zu vervielfältigen.

**© ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH
Am Zellweg 2 • D-93464 Tiefenbach**

Telefon: 0 96 73 / 17 75 oder 17 76
Telefax: 0 96 73 / 17 70
E-Mail: info@dlubal.com



1.	Das Team.....	1
2.	Installation von	2
2.1	SYSTEMANFORDERUNGEN	2
2.2	INSTALLATIONSVORGANG	2
3.	Theoretische Grundlagen	4
3.1	AUFLAGERKRÄFTE.....	4
3.2	ARTEN VON KÖCHERN.....	8
3.3	BEZEICHNUNG DER KÖCHERGEOMETRIE	8
3.4	KÖCHERBEWEHRUNG.....	10
3.4.1	Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln	10
3.4.2	Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite.....	11
3.5	MINDESTABMESSUNGEN DES KÖCHERS.....	12
3.5.1	Obere Mindestdicke der Köcherwand.....	14
3.6	HORIZONTALKRAFT AUF DIE KÖCHER-WÄNDEN	18
3.6.1	Für Köcher mit glatter Köcherinnenwand	18
3.6.2	Für Köcher mit rauer Köcherinnenwand	19
3.7	NACHWEIS DES BETONS DER BIEGE- BEANSPR. KÖCHERWAND	20
3.7.1	Lastmoments M	20
3.7.2	Bruchlastmoment M_u.....	22
3.7.3	Inneres Moment M_{ui}.....	22
3.8	MAßGEBENDEN ZUGKRAFT DER OBEREN HORIZONTALEN BÜGELN.....	24
3.8.1	Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln	24
3.8.2	Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite.....	30
3.9	ERF. STAHLQUERSCHNITT HORIZONTALER BÜGEL.....	31
3.10	ERF. ANZAHL HORIZONTALER BÜGEL	31
3.11	LAGE DER OBEREN HORIZONTALEN BÜGEL	32
3.11.1	Mindestabstand von der Köcherober-seite	32
3.11.2	Maximalabstand von der Köcheroberseite.....	34
3.12	LAGE DER UNTEREN HORIZONTALEN BÜGEL	35
3.13	VERTIKALE RANDZUGKRAFT IN DEN KÖCHERWÄNDEN	35
3.13.1	Köcher mit glatter Köcherinnenwand	36
3.13.2	Köcher mit rauer Köcherinnenwand	36
3.14	ERF. STAHLQUERSCHNITT VERTIKALER BÜGEL	37
3.15	ERF. ANZAHL VERTIKALER BÜGEL	37
3.16	LAGE DER VERTIKALEN BÜGEL KÖ-CHERBEWEHRUNG.....	37
3.16.1	Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln	38
3.16.2	Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite.....	40
3.17	VERTIKALE KONSTRUKTIVE BEWEHRUNG DER KÖCHERWÄNDE.....	41
3.18	BIEGEBRUCHSICHERHEIT	42
3.18.1	Inneres Moment M_{ui}.....	42
3.18.2	Bestimmen der Biegebruchsicherheit	44
3.19	WEG DER AUSLEGUNG	44
3.20	NACHWEISE.....	44
3.20.1	Nachweis von veränderter Köchergeometrie und Bewehrung	44
3.20.2	Nachweis von Köchergeometrie und Auslegung der Bewehrung.....	45
4.	Theoretische Grundlage Blockfundament	46
4.1	ALLGEMEINES	46
4.2	BEZEICHNUNG DES BLOCKFUNDAMENTS	46
4.3	MINDESTABMESSUNGEN DES BLOCKFUNDAMENTS	48



4.3.1	Mindestlänge und -breite des Blockfundamentes	48
4.3.2	Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Block	48
4.4	MAßGEBENDES MOMENT	48
4.5	BREITE DES ERSATZBALKENS.....	49
4.6	ÜBERPRÜFUNG DES BETONS	49
4.7	ERFORDERLICHE ANZAHL AN VERTIKALEN STÄBEN	50
4.8	LAGE DER VERTIKALEN STÄBE.....	50
4.9	ERF. STAHLQUERSCHNITT DER HORIZONTALEN BÜGEL	51
4.10	ERFORDERLICHE ANZAHL AN HORIZONTALEN BÜGELN	51
4.11	LAGE DER HORIZONTALEN BÜGELN	52
4.12	MAßGEBENDE LASTFÄLLE	52
4.13	WEG DER AUSLEGUNG	52
4.14	NACHWEISE.....	53
4.14.1	Nachweis von veränderter Köchergeometrie und Bewehrung	53
4.14.2	Nachweis von Blockfundamentgeometrie und Auslegung der Bewehrung.....	53
5.	Fundamentplatte.....	54
5.1	BEZEICHNUNG FUNDAMENTPLATTEN, MINDESTABMESSUNGEN.....	54
5.2	BELASTUNG DES FUNDAMENTS.....	56
5.3	NACHWEISÜBERSICHT	57
5.3.1	Nachweise der äußeren Standsicherheit.....	57
5.3.2	Ermittlung der Bemessungsmomente	78
5.3.3	Nachweise der inneren Standsicherheit.....	87
5.3.3.1	Bewehrte Fundamente.....	87
5.3.3.2	Unbewehrte Fundamente	121
5.3.4	Behandlung von mehr als einer Gruppe von Auflagerkräften.....	122
5.3.5	Möglichkeiten dieses Programms	124
6.	Beispiele.....	127
6.1	KÖCHER MIT RAUEN KÖCHERINNENWÄNDEN	127
6.1.1	Auflagerkräfte	127
6.1.2	Weitere Vorgaben.....	127
6.1.3	Abmessung von Stütze und Köcher	128
6.1.3.1	Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Köcher.....	128
6.1.4	Horizontalkräfte auf die Köcherwände.....	129
6.1.5	Maximalen Bügelzugkräfte, Bewehrungswahl	130
6.1.6	Einwirkendes Moment M, Bruchmoment Mu und inneres Moment Mui 142	
6.1.7	Bodenmechanische Nachweise.....	144
6.1.7.1	Nachweis der Sicherheit gegen Abheben.....	147
6.1.7.2	Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch	147
6.1.7.3	Nachweis der Sicherheit gegen Kippen.....	149
6.1.7.4	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten.....	150
6.1.8	Nachweis der inneren Standsicherheit.....	151
6.1.8.1	Nachweis der Biegebruchsicherheit der Fundamentplatte	151
6.1.8.2	Nachweis der Durchstanzsicherheit der Fundament-platte	158
6.2	BLOCKFUNDAMENT MIT RAUER INNENSEITE.....	160
7.	Arbeiten mit FUND.....	163
7.1	FUND STARTEN	163
7.2	MASKEN.....	163
7.2.1	Maske 1.1 Basisangaben	164
7.2.2	Maske 1.2 Geometrie.....	171
7.2.3	Maske 1.3 Material.....	177



7.2.4 Maske 1.4 Belastung	178
7.2.5 Maske 2.1 Geometrie.....	181
7.2.6 Maske 2.2 Nachweise.....	182
7.2.7 Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung	185
7.2.8 Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung.....	186
7.2.9 Fenster für das Rendering	190
7.2.10 Maske 2.5 Obere Plattenbewehrung.....	195
7.2.11 Maske 2.6 Köcherbewehrung.....	195
7.2.12 Bewehrungspläne	206
7.2.13 Maske 2.7 Stahlliste	207
7.2.14 Maske 2.8 Betonkubatur	207
 8. Indizies	 209
 Anhang A: Literatur.....	 229



1. Das Team

Folgende Personen waren an der Entwicklung beteiligt:

- **Programmkoordinierung**
Georg Dlubal
Peter Konrad
- **Programmierung Berechnungskern**
Peter Konrad
- **Programmierung Oberfläche**
Jaroslav Krul
- **Programmkontrolle**
Frank Faulstich, Christian Röthel
- **Handbuch und Hilfesystem**
Peter Konrad



2. Installation von

2.1 Systemanforderungen

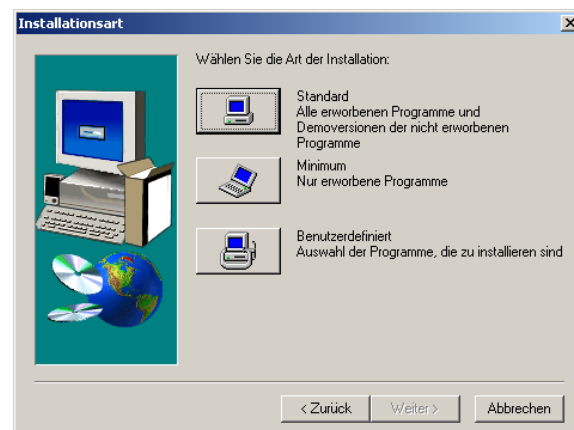
Folgende Mindestvoraussetzungen sollte Ihr Rechner für die Nutzung der Möglichkeiten von RSTAB 5 und RSIMP für Windows erfüllen:

- Benutzeroberfläche Windows 95 / 98 / ME / NT 4.0 / 2000,
- Prozessor mit 200 MHz,
- 32 Megabyte Arbeitsspeicher,
- CD-ROM- und 3,5-Zoll-Diskettenlaufwerk für die Installation,
- 2 Gigabyte Gesamtfestplattenkapazität, davon zirka 50 Megabyte für die Installation,
- Grafikkarte mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel.

Mit Ausnahme des Betriebssystems sprechen wir aber bewußt keine Produktempfehlungen aus, da RSTAB und seine Zusatzmodule grundsätzlich auf allen Systemen laufen, die vorgenannte Leistungsanforderungen erfüllen. Ebenso wenig wie Ihr Rechner unbedingt Intel Inside haben muss, ist eine exorbitant teure 3D-Grafikkarte nicht notwendig. Da RSTAB und FUND in der Regel sehr rechenintensiv genutzt werden, soll natürlich nicht verschwiegen werden, dass in einem vernünftigen Rahmen gilt: Je mehr desto besser!

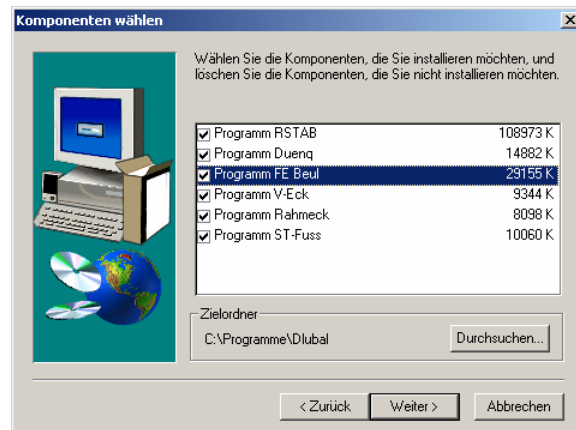
2.2 Installationsvorgang

Als lizenzierter FUND- Anwender wählen Sie an der entsprechenden Stelle des Installationsprozesses die Option [Standard], um alle für Sie zugelassenen Programme – inklusive FUND – zu installieren. Dabei werden auch alle anderen grundsätzlich verfügbaren, nicht erworbenen, Windows-Zusatzmodule als funktional eingeschränkte Demoversion installiert.



Installationsart

Alternativ könnten Sie an vorgenannter Stelle die Option [Benutzerdefiniert] aufrufen, um manuell die zu installierenden Programme auszuwählen.



Komponenten wählen

Sofern Sie Speicherplatz auf Ihrer Festplatte sparen möchten oder müssen, wählen Sie [Minimum]. Dabei werden nur die lizenzierten Vollversionen installiert. Das weitere Vorgehen inklusive Autorisierung geschieht analog der RSTAB- Installation.



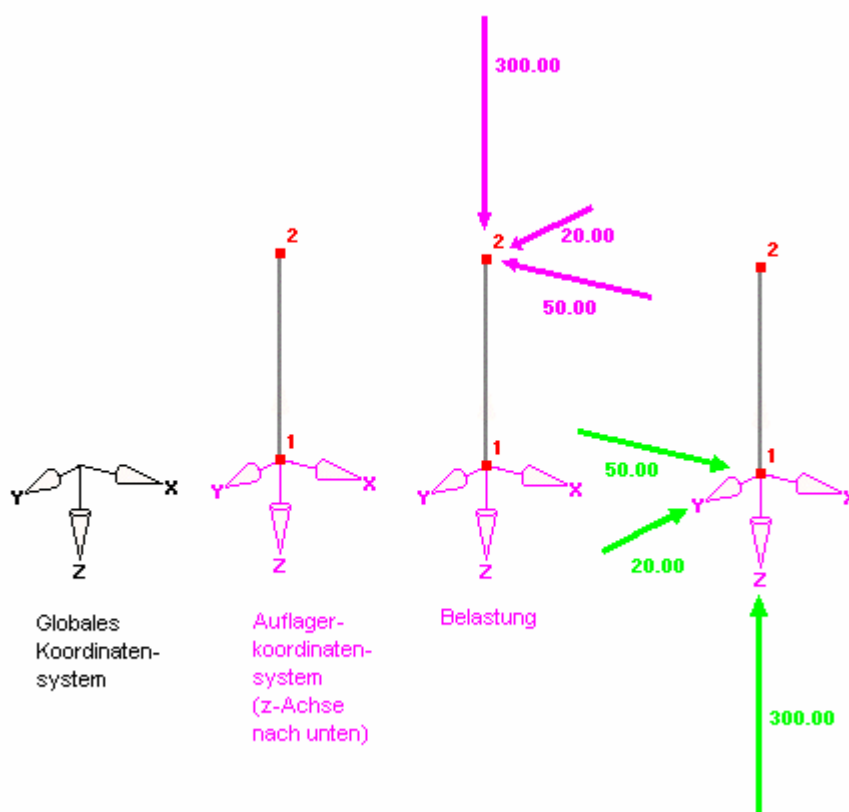
3. Theoretische Grundlagen

3.1 Auflagerkräfte

Damit Kräfte bzw. Momente als Belastung an einen Knoten in die gewünschte Richtung wirken, muss eine Vereinbarung hinsichtlich der Vorzeichen getroffen werden.. In RSTAB sieht diese Vereinbarung so aus, das :

- Eine Kraft, die in Richtung der positiven Achse des globalen Koordinatensystems gehen soll, muss ein positives Vorzeichen haben.
- Ein Moment, dessen Momentenvektor in Richtung der positiven Achse des globalen Koordinatensystems gehen soll, muss ein positives Vorzeichen haben.

Neben diesem globalem Koordinatensystem bestehen weitere lokale Koordinatensysteme. Eines davon ist das Auflagerkoordinatensystem. Diese Auflagerkoordinatensystem ist standardmäßig so ausgerichtet wie das globale Koordinatensystem. Ein kleines Beispiel soll das bisherige und das Zustandekommen der Belastungen der Fundamentplatte erläutern.



ordinatensysteme und Auflagerkräfte

Die erste Abbildung zeigt das globale Koordinatensystem. Daneben befindet sich die Struktur mit dem Auflager am Knoten 1. Dort ist auch ein Auflagerkoordinatensystem gezeichnet. Die nächste Abbildung zeigt die Belastung. Die am Knoten 2 angreifenden Kräfte werden in der Richtung dargestellt, in der sie tatsächlich wirken. Mit der oben angegebenen Vorzeichenvereinbarung wurde die Belastung numerisch folgendermaßen eingegeben:

Nr.	belasteten Punkte	Kraft [kN]		
		P-X	P-Y	P-Z
1	2	-50.000	20.000	300.000
2				

Knotenkräfte

Tabellenwert der Belastung

Nach der Berechnung mit RSTAB erhält der Benutzer die Auflagerkräfte, also die Kräfte für die es gilt ein Fundament zu finden, in folgender tabellarischer Form:

Knoten-Nr.	Auflagerkräfte [kN]			Auflagermomente [kNm]		
	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
1	-50.000	20.000	300.000	100.000	250.000	.000
Σ Lag	-50.000	20.000	300.000			

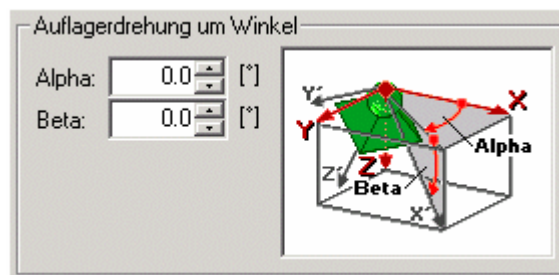
Auflagerkräfte

Tabellenwert der Auflagerkräfte

Die vom Boden und vom Fundament zu erbringenden Reaktionskräfte auf die Auflagerkräfte sind in der letzte Abbildung dargestellt. All diese Abbildungen sind mit Ausnahme des Auflagerkoordinatensystem auch im Arbeitsbereich von RSTAB zu finden.

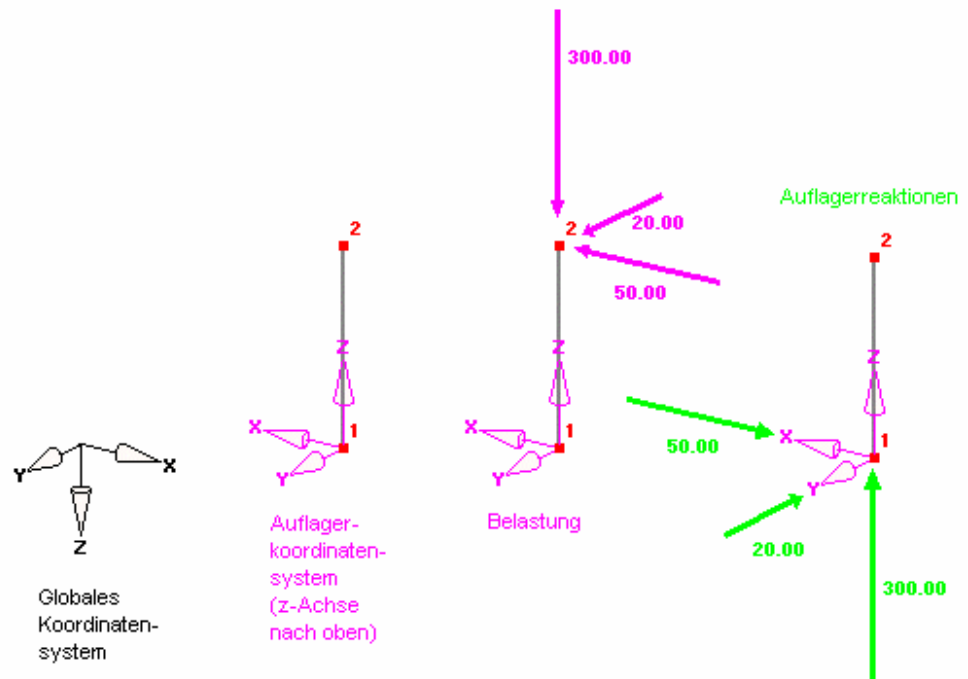
Aus den Vorzeichen dieser Auflagerkräfte bzw. dem graphischen Verlauf der Auflagerreaktionen lässt sich erkennen, dass für die Auflagerkräfte die gleiche Vorzeichenvereinbarung gilt wie für die Belastung, jedoch mit dem bedeutenden Unterschied, dass das Koordinatensystem, auf das sich bei der Vorzeichenvereinbarung bezogen wird, nicht das globale Koordinatensystem ist, sondern das Auflagerkoordinatensystem.

Dieses Auflagerkoordinatensystem kann verdreht werden.



Auflagerkoordinatensystem

Ändert man den Winkel Alpha, so bedeutet das eine Verdrehung um die z-Achse, ändert man den Winkel Beta so bedeutet das eine Verdrehung um die y-Achse. In unserem Beispiel wurde Beta auf 180° gesetzt und die Konsequenzen für die Auflagerkräfte beobachtet.



Koordinatensysteme und Auflagerkräfte

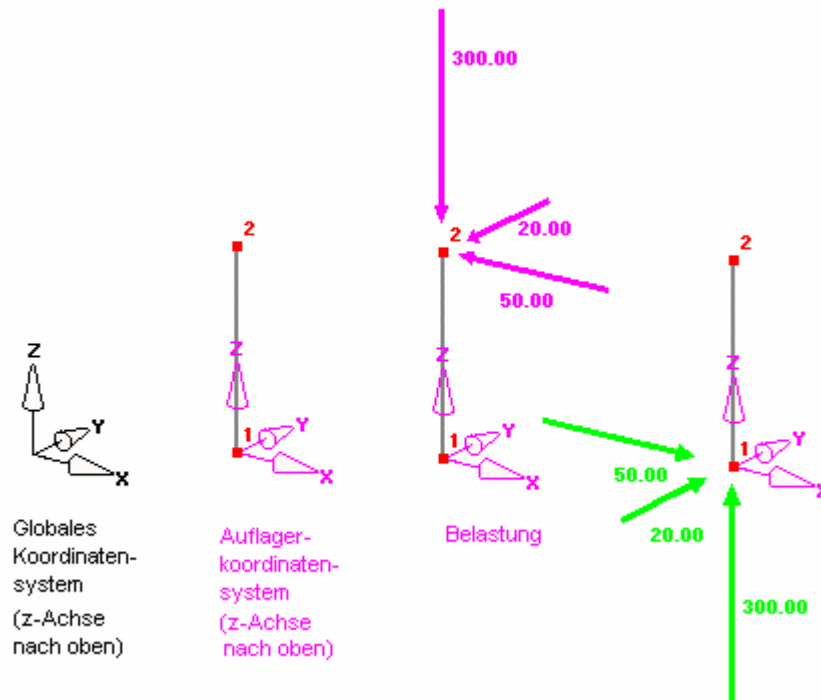
Die eingegebene Belastung bleibt gleich, so dass die Richtung der Auflagerreaktionen in der Grafik unverändert ist. Es unterscheiden sich lediglich die Tabellenwerte der Auflagerkräfte:

Knoten-Nr.	Auflagerkräfte [kN]			Auflagemomente [kNm]			
	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z	
1	50.000	20.000	-300.000	-100.000	250.000	.000	Beta = -180°
Σ Lag	-50.000	20.000	300.000				

Tabellenwert der Auflagerkräfte

Bevor darauf eingegangen wird, wie die Auflagerkräfte vom Zusatzmodul FUND vorzeichenrichtig behandelt werden, soll eben noch eine letzte Möglichkeit vorgestellt werden, wie die Vorzeichen der Auflagerkräfte zu manipulieren sind.

Beim Anlegen eines Projekts kann der Benutzer wählen, ob die z-Achse des globalen Koordinatensystem nach oben oder nach unten gehen soll.



Koordinatensysteme und Auflagerkräfte

Die dargestellte Belastung ist wieder die selbe. Ebenso die Auflagerreaktionen. Es ergeben sich folgende Vorzeichen für die Auflagerkräfte:

Knoten-Nr.	Auflagerkräfte [kN]			Auflagermomente [kNm]		
	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
1	-50.000	-20.000	-300.000	100.000	-250.000	.000
Σ Lag	-50.000	-20.000	-300.000			

Auflagerkräfte

Tabellenwert der Auflagerkräfte

In allen drei vorgestellten Fällen ist in den Abbildungen aus der vorzeichengerechten Darstellung von der erforderlichen Auflagerreaktionen zu sehen, dass für alle drei Fälle das gleiche Fundament erforderlich ist. Hätte man dem Berechnungskern von FUND jedoch nur die tabellarischen Auflagerkräfte als Belastung übergeben, so wären völlig unterschiedliche Fundamente herausgekommen. Deshalb werden von FUND die Vorzeichen folgender Auflagerkräfte – bzw. Momente vertauscht.

Globales Koordinatensystem: Z-Achse nach unten

Keine Vertauschung

Globales Koordinatensystem: Z-Achse nach oben

Auflagerkraft in z-Richtung

Auflagerkraft in y-Richtung

Auflagermoment mit Momentenvektor in y-Richtung

Auflagerkoordinatensystem: Beta = 0

Keine Vertauschung

Auflagerkoordinatensystem: Beta = 180° oder Beta = -180°

Auflagerkraft in z-Richtung

Auflagerkraft in x-Richtung

Auflagermoment mit Momentenvektor in x-Richtung



Anmerkung: Auflagerdrehwinkel Beta zwischen 0 und 180° bleiben unberücksichtigt und führen deshalb zu falschen Ergebnissen.

Gegebenenfalls wird im Falle von globaler z-Achse nach oben und Drehung des Auflagerkoordinatensystems zweimal das Vorzeichen verändert.

3.2 Arten von Köchern

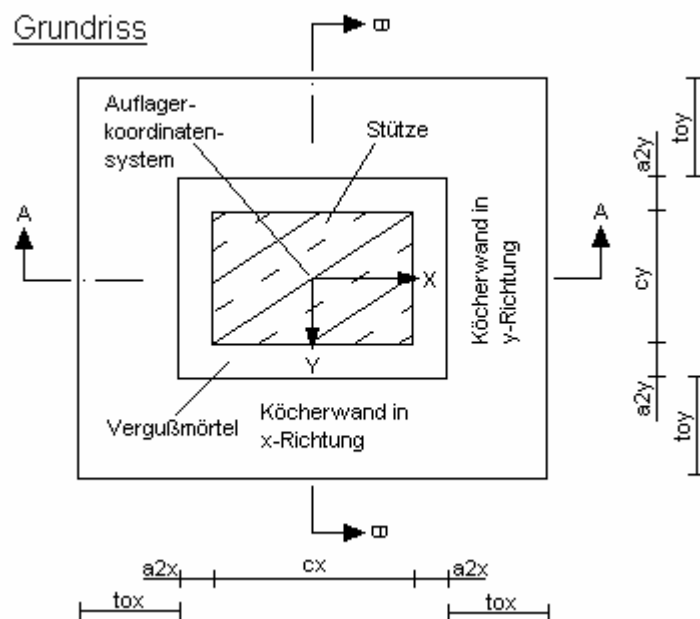
Köcher können in zwei Arten aufgeteilt werden. Dies sind

- Köcher mit glatter Köcherinnenfläche
- Köcher mit rauer Köcherinnenfläche.

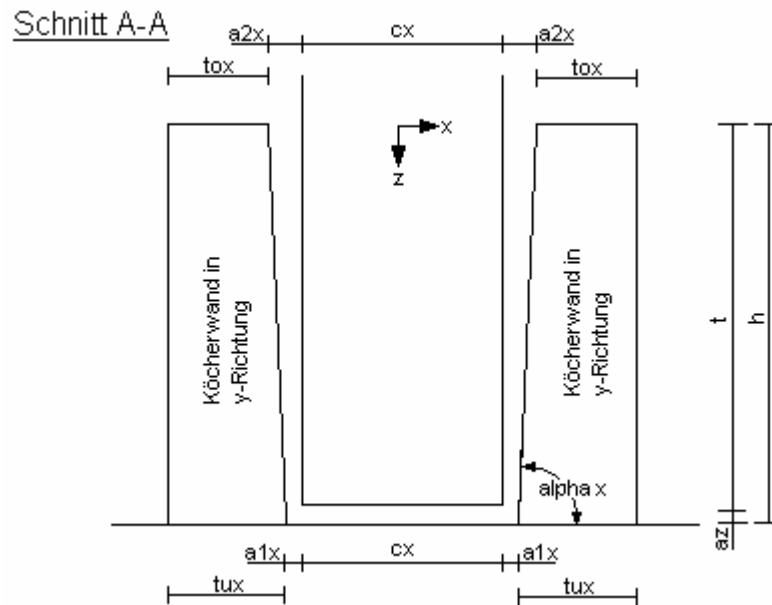
Die Beschaffung der Köcherinnenfläche beeinflusst maßgeblich den Kräfteverlauf innerhalb des Köchers und hat somit wesentlichen Einfluß auf die Bemessung.

3.3 Bezeichnung der Köchergeometrie

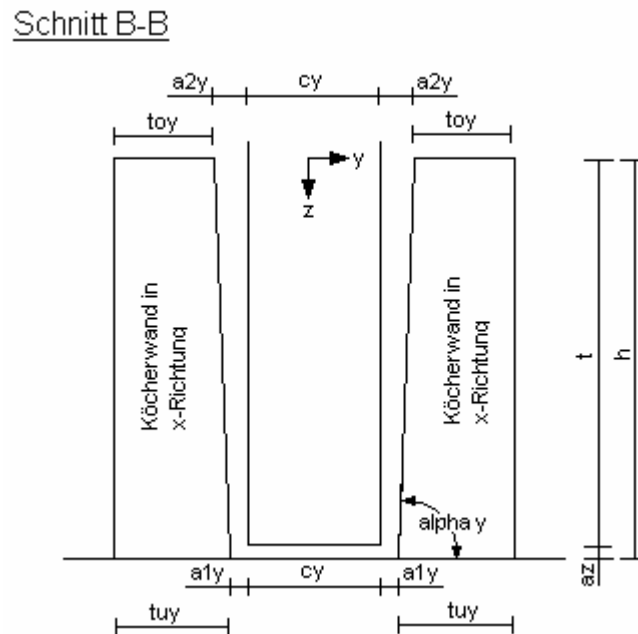
Zur Bezeichnung der Köchergeometrie werden folgende Variablen verwendet:



Grundriß



Schnitt mit Blick in y-Richtung



Schnitt mit Blick in x-Richtung

Bezeichnung	Variable
Stützensausdehnung in x-Richtung	c-x
Stützensausdehnung in y-Richtung	c-y
Obere Köcherwandstärke in x-Richtung (Obere Dicke der Köcherwand in y-Richtung)	t-ox
Obere Köcherwandstärke in y-Richtung (Obere Dicke der Köcherwand in x-Richtung)	t-oy
Untere Köcherwandstärke in x-Richtung (Untere Dicke der Köcherwand in y-Richtung)	t-ux
Obere Köcherwandstärke in y-Richtung (Untere Dicke der Köcherwand in x-Richtung)	t-uy

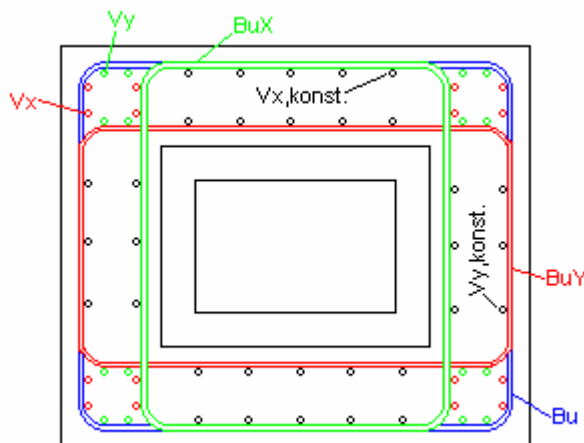


Oberes Stützenspiel in x-Richtung	$a-2x$
Oberes Stützenspiel in y-Richtung	$a-2y$
Unteres Stützenspiel in x-Richtung	$a-1x$
Unteres Stützenspiel in y-Richtung	$a-1y$
Vertikales Stützenspiel	$a-z$
Neigung der Innenseite der Köcherwand in x-Richtung	$\alpha-x$
Neigung der Innenseite der Köcherwand in y-Richtung	$\alpha-y$

3.4 Köcherbewehrung

Das Programm bietet zweierlei Möglichkeiten den Köcher zu bewehren.

3.4.1 Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln



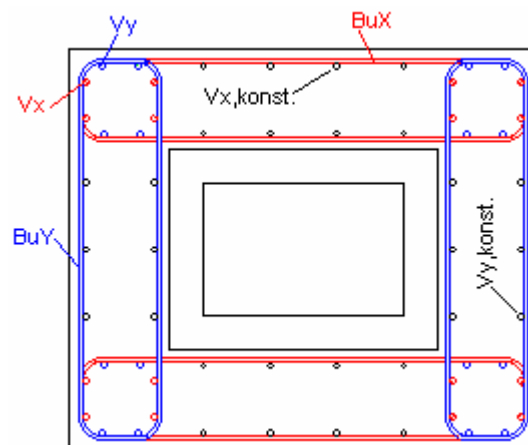
Draufsicht Köcher mit stützenumschließender Bewehrung

Die Bewehrungsgruppen (Positionen) erhalten folgende Bezeichnung:

Bezeichnung	Variable
Obere Bügelgruppe, deren Schenkel allseitig außenliegen	Bu
Obere Bügelgruppe, deren Schenkel in x-Richtung außenliegen (kurz: In x-Richtung außenliegende Bügel)	BuX
Obere Bügelgruppe, deren Schenkel in y-Richtung außenliegen (kurz: In y-Richtung außenliegende Bügel)	BuY
Untere Bügelgruppe, deren Schenkel allseitig außenliegen	Bu(unten)
Untere Bügelgruppe, deren Schenkel in x-Richtung außenliegen (kurz: In x-Richtung außenliegende Bügel)	BuX(unten)
Untere Bügelgruppe, deren Schenkel in y-Richtung außenliegen (kurz: In y-Richtung außenliegende Bügel)	BuY(unten)
Vertikale Bügelgruppe, als Randbewehrung der Wandscheibe in x-Richtung	Vx

Vertikale Bügelgruppe, als Randbewehrung der Wandscheibe in y-Richtung	V_y
Vertikale Bügelgruppe, konstruktiv innerhalb der Wandscheibe in x-Richtung	$V_{x, \text{konst.}}$
Vertikale Bügelgruppe, konstruktiv innerhalb der Wandscheibe in y-Richtung	$V_{y, \text{konst.}}$

3.4.2 Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite



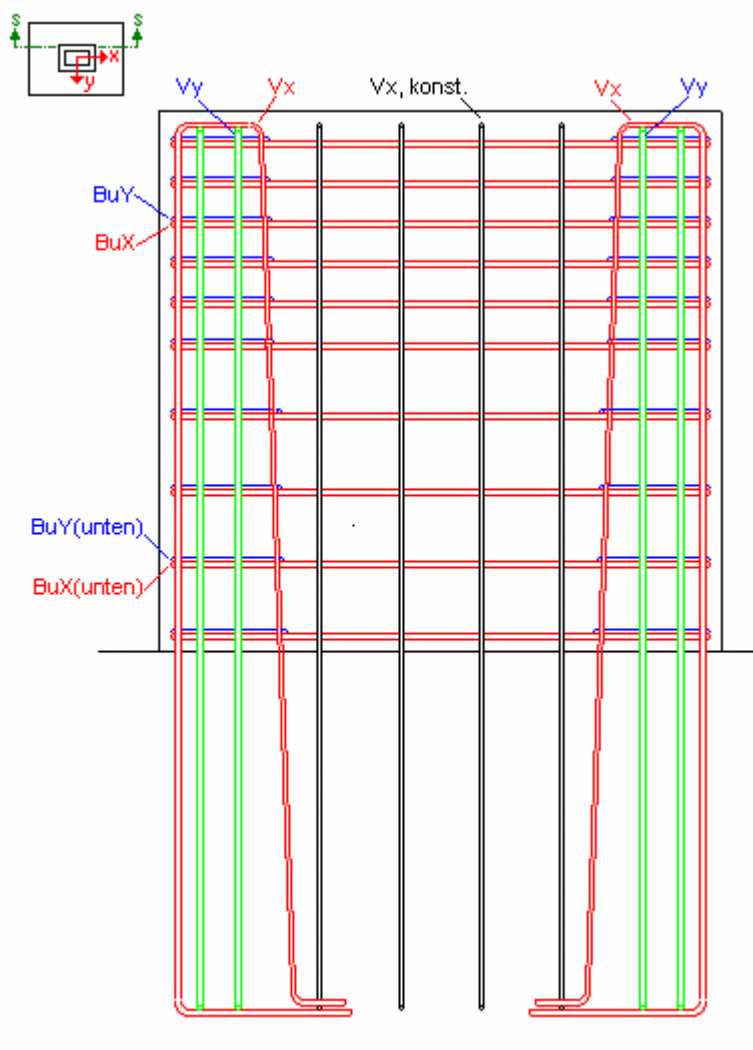
Draufsicht Köcher mit einzelnen Bügeln für jede Köcherwand

Die Bewehrungsgruppen (Positionen) erhalten folgende Bezeichnung:

Bezeichnung	Variable
Obere Bügelgruppe, die vollständig innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegt (kurz: Bügel in x-Richtung)	BuX
Obere Bügelgruppe, die vollständig innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegt (kurz: Bügel in x-Richtung)	BuY
Untere Bügelgruppe, die vollständig innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegt (kurz: Bügel in x-Richtung)	BuX(unten)
Untere Bügelgruppe, die vollständig innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegt (kurz: Bügel in x-Richtung)	BuY(unten)
Vertikale Bügelgruppe, als Randbewehrung der Wandscheibe in x-Richtung	V_x
Vertikale Bügelgruppe, als Randbewehrung der Wandscheibe in y-Richtung	V_y
Vertikale Bügelgruppe, konstruktiv innerhalb der Wandscheibe in x-Richtung	$V_{x, \text{konst.}}$
Vertikale Bügelgruppe, konstruktiv innerhalb der Wandscheibe in y-Richtung	$V_{y, \text{konst.}}$



Egal, ob die Bügel die Stütze umschließen oder in den Köcherwänden liegen, für beide Bewehrungsarten ist die vertikale Bewehrung identisch.



Vertikale Bügel

3.5 Mindestabmessungen des Köchers

Bei einem filigranem Bauteil wie einem Köcher ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Bewehrung unter Einhaltung sämtlicher Vorschriften hinsichtlich der Betondeckung, der Mindestbiegerollenradien und der Verankerungslängen untergebracht werden kann. Bei Auslegung der Bewehrung wird von folgenden Stabdurchmessern und -abständen ausgegangen.

Obere horizontale Bügel:

Bügel außenliegend:	allseitig	In x-Richtung	In y-Richtung
Stabdurchmesser d_s [mm]	8	8	8
Stababstand a [cm]	20	20	20



Statisch erforderliche vertikale Bügel:

Vertikale Bügel der Wandscheibe in:	In x-Richtung	In y-Richtung
Stabdurchmesser d_s [mm]	8	8
Stababstand a [cm]	10	10

Konstruktive vertikale Eisen:

Vertikale Eisen der Wandscheibe in:	In x-Richtung	In y-Richtung
Stabdurchmesser d_s [mm]	8	8
Stababstand a [cm]	20	20

Voraussetzung dafür, dass bei der Auslegung der Bewehrung mit einem Stabdurchmesser von 8 mm begonnen werden kann ist allerdings, dass dieser Bewehrungsstab in der Maske „1.3 Material“ dem Programm durch Abhacken zur Verfügung gestellt wurde. Ist dies nicht der Fall, wird die Auslegung der Bewehrung mit dem nächst größeren, verfügbaren Stabdurchmesser begonnen. Hat dieser nächst größere, verfügbare Stabdurchmesser einen größeren Durchmesser als 16 mm oder ist gar kein Stabdurchmesser ausgewählt worden, so wird der Benutzer durch eine Meldung darauf hingewiesen, dass eine Auslegung nur für Eisen mit einem Durchmesser von 8 – 16 mm stattfindet. Bei genauerer Betrachtung der oben aufgeführten Tabelle fällt auf, dass die horizontalen Bügel der ersten Tabelle zu Iterationsbeginn alle den gleichen Durchmesser und Abstand besitzen. Auch im Laufe der Auslegung werden sich Durchmesser und Abstand der verschieden ausgerichteten horizontalen Bügel nicht unterscheiden, weil so der rechnerische und konstruktive Aufwand vertretbar bleibt. Ebenfalls identisch sind immer die Stabdurchmesser der statisch erforderlichen vertikalen Bügel, für jeweils die Wandscheibe in gleicher Richtung. Die Stababstände aller Bügelgruppen bewegen sich im Bereich von 10 - 20 cm in Schritten von 2.50 cm.

Die Betondeckung kann vom Benutzer in der Maske „1.3 Material“ frei gewählt werden, sollte aber bei einem maximalen Bewehrungsstabdurchmesser von $d_s = 16$ mm den Wert von $\text{nom } c = 3$ cm nicht unterschreiten.

In Abhängigkeit vom gewählten Stabdurchmesser ergeben sich für die einzelnen Bewehrungsstabgruppen (Positionen) folgende Mindestbiegerollenradien:

Horizontale Bügel:

$$d_{br} = 10 \cdot d_s$$

Formel 3.1

Vertikale Bügel:

$$d_s \leq 16 \text{ mm} : d_{br} = 4 \cdot d_s$$

$$d_s \geq 20 \text{ mm} : d_{br} = 7 \cdot d_s$$

Formel 3.2

Mit diesen Informationen über die gewählten Bewehrungsstäbe lassen sich nun die Mindestabmessungen des Köchers bestimmen.

3.5.1 Obere Mindestdicke der Köcherwand

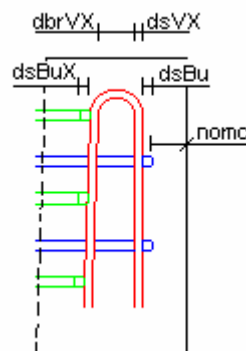
Für Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln

Exemplarisch wird zunächst die obere Mindestdicke der Köcherwand in y-Richtung ermittelt. Ihr Dicke ergibt sich aus der größten von sechs Minimaldicken:

Minimaldicke 1: Die Köcherwand in y-Richtung muss mindestens in x-Richtung so dick sein, das in ihr der gebogene, statisch erforderliche, vertikale Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung, sowie der Durchmesser des in y-Richtung innenliegenden Horizontalbügels, sowie der Durchmesser des in y-Richtung außenliegenden Horizontalbügels sowie die zu diesen Bügeln gehörenden Betondeckungen untergebracht werden können. Dies lässt sich in folgender Formel zusammenfassen:

$$\min t_{ox1} = d_{brVX} + 2 \cdot d_{sVX} + d_{sBuX} + d_{sBu} + 2 \cdot nomc$$

Formel 3.3



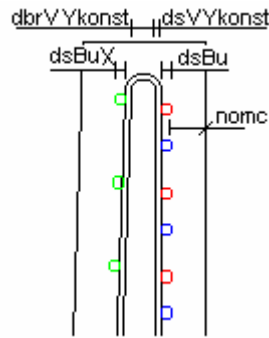
Erste Mindestdicke

- | | | |
|------------|---|---|
| d_{brVX} | = | Mindestbiegerolldurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung |
| d_{sVX} | = | Stabdurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung |
| d_{sBuX} | = | Stabdurchmesser der in y-Richtung innenliegenden, horizontalen Bügel |
| d_{sBu} | = | Stabdurchmesser der in y-Richtung außenliegenden, horizontalen Bügel |
| $nomc$ | = | Betondeckung an der Innen- und der Außenseite der Köcherwand |

Minimaldicke 2: Die Köcherwand in y-Richtung muss mindestens in x-Richtung so dick sein, das in ihr die gebogenen, konstruktiven, vertikalen Bügel der Köcherwandscheibe in y-Richtung, sowie der Durchmesser des in y-Richtung innenliegenden Horizontalbügels, sowie der Durchmesser des in y-Richtung außenliegenden Horizontalbügels sowie die zu diesen Bügeln gehörenden Betondeckungen untergebracht werden können. Dies lässt sich in folgender Formel zusammenfassen:

$$\min t_{ox2} = d_{brVY, konst} + 2 \cdot d_{sVY, konst} + d_{sBuX} + d_{sBu} + 2 \cdot nomc$$

Formel 3.4



Zweite Mindestdicke

- $dbrVY_{konst}$ = Mindestbiegerollendurchmesser der vertikalen, konstruktiven Bügel der KÖCHERwandscheibe in y-Richtung
- $dsVY_{konst}$ = Stabdurchmesser der vertikalen, konstruktiven Bügel der KÖCHERwandscheibe in y-Richtung
- $dsBuX$ = Stabdurchmesser der in y-Richtung innenliegenden, horizontalen Bügel
- $dsBu$ = Stabdurchmesser der in y-Richtung außenliegenden, horizontalen Bügel
- $nomc$ = Betondeckung an der Innen- und der Außenseite der KÖCHERwand

Minimaldicke 3: Die Minimaldicke 3 ergibt sich aus folgender Formel.

$$\min t_{ox3} = \frac{((2 \cdot a2x + cx) + (2 \cdot a1x + cx))}{6}$$

Formel 3.5

- $a2x$ = Unteres Stützenspiel
- cx = Dicke der Stütze in x-Richtung
- $a1x$ = Oberes Stützenspiel

Minimaldicke 4: Die Minimaldicke 4 ergibt sich aus folgender Formel

$$\min t_{ox4} = \frac{(cx + 15)}{3}$$

Formel 3.6

- cx = Dicke der Stütze in x-Richtung

Minimaldicke 5: Die Minimaldicke 5 ergibt sich aus folgender Formel

$$\min t_{ox5} = 10$$

Formel 3.7

Minimaldicke 6: Dies ist jene Dicke, die der Benutzer vor Beginn der Auslegung in der Maske „Geometrie“ vorgeben kann.



Für Köcherbewehrung aus einzelnen Bügeln für jede Seite

Auch bei dieser Art der Köcherbewehrung ergeben sich die Mindestdicken der oberen Köcherwände aus konstruktiven Zwängen, sowie den aufgeführten Faustformeln.

3.4.2 Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Köcher

Für Köcher mit glatter Köcherinnenwand

Es gilt aus drei Minimaleinspanntiefen die größte zu bestimmen. Die erste Minimaltiefe errechnet sich aus der bezogenen Lastausmitte, die zunächst über folgende Formel gefunden werden kann:

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

Formel 3.8

M = Einspannmoment der Stütze an der Oberseite des Köchers

P_z = Normalkraft der Stütze

c = Längenausdehnung senkrecht zum Momentenvektor des Einspannmoments

Die erste Minimaleinbindetiefe t der Stütze in den Köcher, die sich für die verschiedenen Richtungen ergeben, kann nun mit folgender Formel bestimmt werden:

0,15 < e < 2,00:

$$\min T_1 = \text{Fak} \cdot \left(1,2 + \frac{2,0 - 1,2}{2,0 - 1,5} \cdot (e - 0,15) \right) \cdot c$$

Formel 3.9

Fak = 1.4

e ≤ 0,15 :

$$\min T_1 = 1,2 \cdot c$$

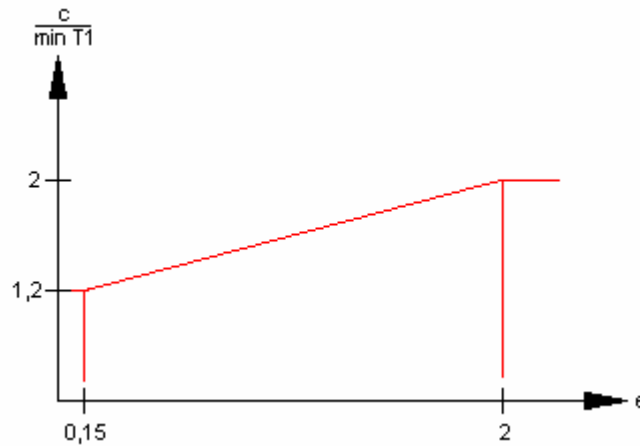
Formel 3.10

e ≥ 2 :

$$\min T_1 = 2 \cdot c$$

Formel 3.11

Grafisch läßt sich die Ermittlung der minimalen Einspanntiefe so darstellen.



Graph zur Ermittlung der minimalen Einspanntiefe

Die zweite Minimaleinspanntiefe kann durch folgende Formel bestimmt werden

$$\min T_2 = 1,5 \cdot c$$

Formel 3.12

C = Ist die Längenausdehnung der Stütze senkrecht zum Momentenvektor des betrachteten Einspannmoments

Die dritte Minimaleinspanntiefe ist die vom Benutzer vorgegebene Einspanntiefe.

Für Köcher mit rauer Köcherinnenwand

Auch hier ist die kleinste aus drei Minimaleinspanntiefen zu ermitteln. Minimaleinspanntiefe T_2 und T_3 sind identisch zu Köcher mit glatter Schalung. Minimaltiefe T_1 ermittelt sich nach folgender veränderter Formel:

$$\min T_1 = \text{Fak} \cdot \left(1,2 + \frac{2,0 - 1,2}{2,0 - 1,5} \cdot (e - 0,15) \right) \cdot c$$

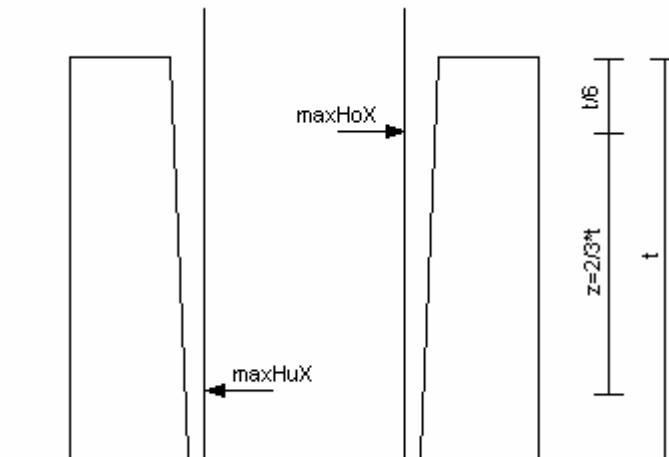
Formel 3.13

Fak = 1.0 (Unterschied zu Köcher mit glatter Köcherinnenwand)

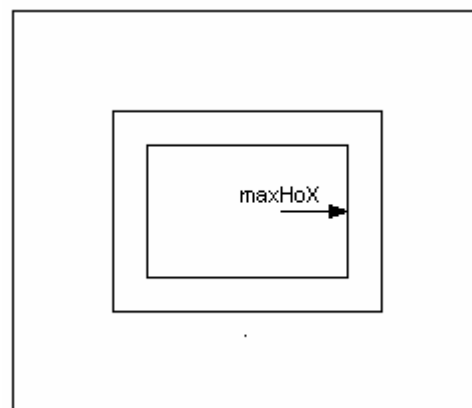


3.6 Horizontalkraft auf die Köcherwänden

3.6.1 Für Köcher mit glatter Köcherinnenwand



Horizontalkräfte auf glatte Köcherwand (Blick in y-Richtung)



Horizontalkräfte auf glatte Köcherwand (Draufsicht)

Die obere Horizontalkraft errechnen sich nach folgender Formel:

$$H_o = \left| \frac{3 \cdot M}{2 \cdot t} + \frac{5}{4} \cdot P \right|$$

Formel 3.14

- M = Einspannmoment an der Oberkante des Köchers. Momentenvektor steht senkrecht zum Richtungsvektor der gesuchten Horizontalkraft.
- P = Querkraft am Ende der Stütze. Kraftvektor ist richtungsidentisch mit dem Richtungsvektor der gesuchten Horizontalkraft.
- t = Einbindetiefe der Stütze in den Köcher

Die untere Horizontalkraft errechnen sich nach folgender Formel:

$$Hu = \left| \frac{3 \cdot M}{2 \cdot t} - \frac{1}{4} \cdot P \right|$$

Formel 3.15

Eine Bemessung findet ausschließlich für die obere Horizontalkraft statt, obwohl die untere Horizontalkraft größer sein kann. Dafür lassen sich mehrere Gründe anführen:

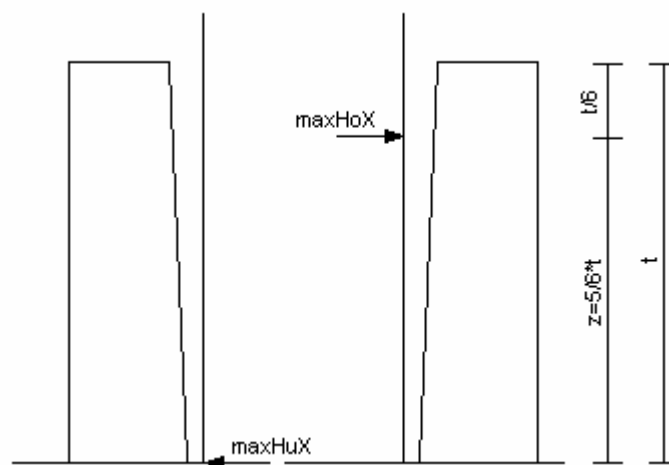
- Im unteren Teil der Köcherwand trägt das Modell, dass die Horizontalkraft über Biegung der Stirnwand in die Flankenwände abgetragen wird, nicht mehr, da die Stirnwand auf Grund ihrer vertikalen, nicht weit aus der Fundamentplatte auskragenden, konstruktiven Bewehrung und eines eventuellen Reibverbunds zwischen Fundamentplatte und Köcherwandunterseite mindestens als teileingespannt zu betrachten ist.
- In den meisten Fällen wird der Köcher so konstruiert, dass er im unteren Bereich dicker wird. Dadurch ergeben sich eine Reihe von positiven Einflüssen auf die Bemessung, so dass die größere Horizontalkraft im unteren Bereich des Köchers nicht von vorne herein als ausschlaggebend angesehen werden kann.
- Der Beton wird für eine willkürlich gewählte Teilbreite (1/3 der Höhe der biegebeanspruchten Köcherwand) bemessen. Diese Teilbreite wird völlig losgelöst zur restlichen Köcherhöhe betrachtet. Diese Vereinfachung bedeutet weitere ungenutzte Reserven auf der Materialseite.

Des weiteren wird empfohlen, die Stütze teilweise in die Fundamentplatte einzulassen, um die untere Köcherwand zu entlasten.

Aus der Lage der oberen und unteren Horizontalkraft ergibt sich die Verteilung der oberen und unteren horizontalen Bügelgruppen. Die obere horizontale Bügelgruppe wird zur Aufnahme sämtlicher Zugkräfte, die sich aus den oberen Horizontalkräften ergeben, auf die obere Hälfte der Köcherhöhe verteilt. Die untere Köcherhöhe wird konstruktiv identisch wie die obere Köcherhälfte bewehrt.

3.6.2 Für Köcher mit rauer Köcherinnenwand

Durch die raue Schalungsfläche der Köcherinnenwände wirkt, der sich daraus ergebende Scherverbund günstig auf die Köcherschnittgrößen aus. Der Hebelarm der inneren Kräfte vergrößert sich.



Horizontalkräfte auf rauer Köcherwand (Blick in y-Richtung)

Die obere Horizontalkraft errechnen sich nach folgender Formel:



$$H_o = \left| \frac{6 \cdot M}{5 \cdot t} + \frac{6}{5} \cdot P \right|$$

Formel 3.16

M = Einspannmoment an der Oberkante des Kőchers. Momentenvektor steht senkrecht zum Richtungsvektor der gesuchten Horizontalkraft.

P = Querkraft am Ende der Stütze. Kraftvektor ist richtungsidentisch mit dem Richtungsvektor der gesuchten Horizontalkraft.

t = Einbindetiefe der Stütze in den Köcher

Die untere Horizontalkraft errechnen sich nach folgender Formel:

$$Hu = \left| \frac{6 \cdot M}{5 \cdot t} - \frac{1}{5} \cdot P \right|$$

Formel 3.17

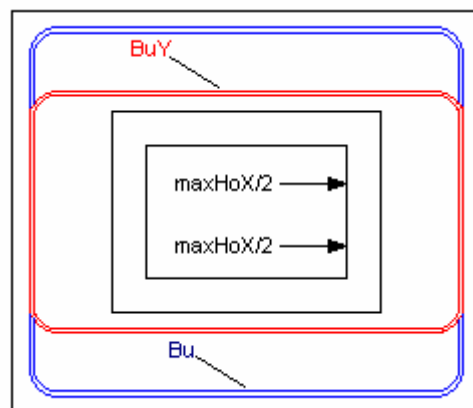
Aus der Lage der oberen und unteren Horizontalkraft ergibt sich die Verteilung der oberen und unteren horizontalen Bügelgruppen. Die obere horizontale Bügelgruppe wird zur Aufnahme sämtlicher Zugkräfte, die sich aus den oberen Horizontalkräften ergeben, auf die obere Hälfte der Köcherhöhe verteilt. Die restliche Köcherhöhe wird konstruktiv mit horizontalen Bügel im Abstand von 15 cm bewehrt.

3.7 Nachweis des Betons der biegebeanspr. Köcherwand

3.7.1 Lastmoments M

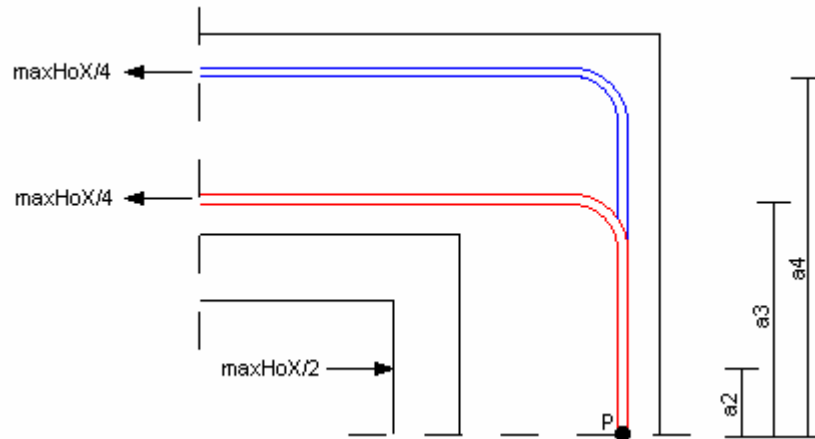
Exemplarisch soll der Nachweis des Betons für die Köcherwand in y-Richtung erfolgen, die durch eine obere Horizontalkraft $\max H_oX$ in x-Richtung gebogen wird. Als Bewehrung werden umschließende Bügel verwendet. Die Art der Bewehrung spielt beim Nachweis des Betons keine Rolle.

Die obere Horizontalkraft $\max H_oX$ kann so aufgeteilt werden, dass jeweils die Hälfte in den Viertelpunkten der Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung angreift. Dargestellt wird zudem die dieser Belastung zugeordnete Bewehrung



Aufteilung der oberen Horizontalkraft

Betrachtet man nun beispielsweise die obere, rechte Ecke für sich alleine, so muss diese sich im Kräftegleichgewicht befinden.



Gedankenansatz zur Ermittlung der Biegebeanspruchung

Zuerst sind die horizontalen inneren Kräfte mit den äußeren, belastenden Horizontalkraft ins Gleichgewicht zu bringen. Dem Grundprinzip des Konstruierens im Stahlbetonbau folgend, dass Zugkräfte ausschließlich dem Stahl zugewiesen werden und Druckkräfte vorzugsweise dem Beton überlassen werden sollen, wird auf die Höhe der Lage der beiden Bügel Bu und BuY jeweils die Hälfte der halben, horizontalen Zugkraft $maxHoX$ aufgeteilt. Da in dem hier betrachteten Ausschnitt keine vertikalen, äußeren Kräfte angreifen, muss jetzt nur noch ein Momentengleichgewicht gefunden werden. Es wird zunächst die Summe der Momente um den Punkt P gebildet. Dazu werden die Hebelarme a_2 , a_3 und a_4 berechnet :

$$a_2 = \frac{c}{4}$$

Formel 3.18

c = Längenausdehnung der Stütze senkrecht zum Richtungsvektor der horizontalen Kraft

$$a_3 = \frac{c}{2} + a_2 + nomc + \frac{ds}{2}$$

Formel 3.19

a_2 = Oberes Stützenspiel senkrecht zum Richtungsvektor der horizontalen Kraft

$nomc$ = Betondeckung des in Richtung der horizontalen Kraft an der Innenseite des Köchers liegenden Bügels

ds = Durchmesser des in Richtung der horizontalen Kraft an der Innenseite des Köchers liegenden Bügels

$$a_4 = \frac{c}{2} + a_2 + to - nomc - \frac{ds}{2}$$

Formel 3.20

Kritiker mögen hier einwerfen, daß der Abstand des in Richtung der Horizontalkraft (hier die x-Richtung) innenliegenden Bügels bei geneigten Innenwänden des Köchers abnimmt und so der Hebelarm a_3 beginnend vom obersten Bügel immer kleiner werden müsste. Kleiner heißt in diesem Fall auch für jeden der eingelegten Bügel verschieden. Da diese jedoch in ihrer Lage und Anzahl nicht bekannt sind, wird im Hinblick auf die Größe des Moments auf der sicheren Seite liegend, der Hebelarm a_3 wie oben angegeben berechnet.



Das Moment um den Punkt P errechnet sich demnach zu:

$$M = \frac{H_o}{4} \cdot (a_3 + a_4) - \frac{H_o}{2} \cdot a_2$$

Formel 3.21

3.7.2 Bruchlastmoment Mu

Das Lastmoment wird im Falle der Bemessung nach DIN 1045-88 mit dem Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1.75$ für Biegebruch multipliziert. Man erhält somit aus den Gebrauchslastschnittgrößen die Bruchlastschnittgrößen für die Stahlbetonbemessung.

$$M_u = \gamma \cdot M$$

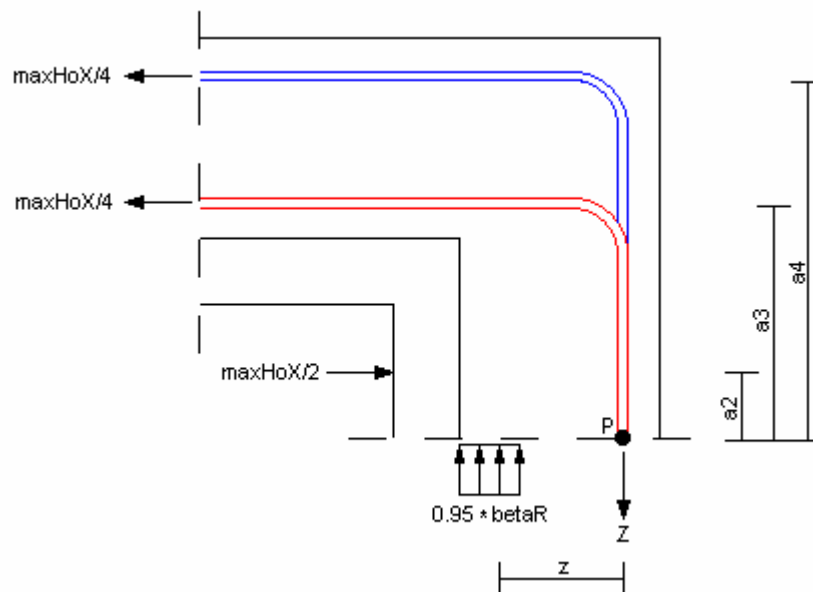
Formel 3.22

$$M = \text{Lastmoment}$$

Wird nach der DIN 1045-1 bemessen, so stecken in den Auflagerkräften bereits die durch den Benutzer definierten Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen mit drin.

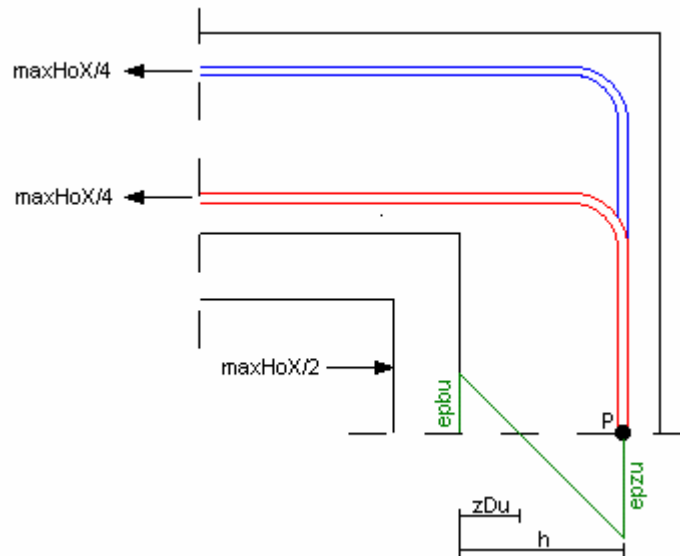
3.7.3 Inneres Moment Mui

Das Bruchlastmoment M_u muss durch ein entgegengerichtetes Moment, dass durch die resultierende Betondruckkraft, der gestauchten Innenseite der Köcherwand in y-Richtung im Abstand z zum Drehpunkt „P“ entsteht, ausgeglichen werden.



Ermittlung des inneren Moments

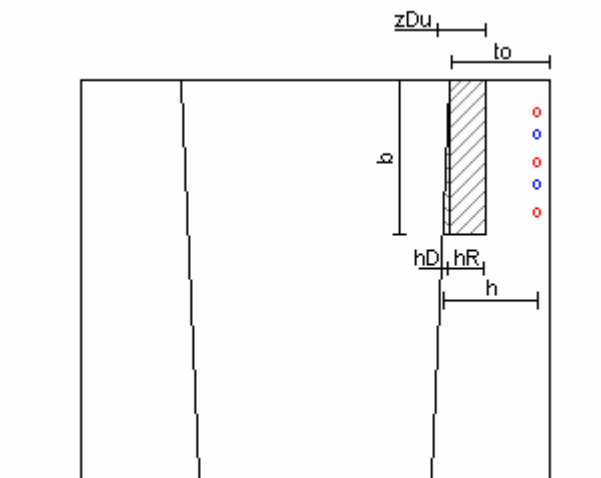
Um nun die exakte Stauchung des Betons zu finden, bei dem die Resultierende der, vereinfacht als gleichmäßig über die Betondruckzone verteilten, Betonspannung zusammen mit ihrem Abstand ein inneres Moment M_{ui} ergibt, das mit dem Bruchlastmoment im Gleichgewicht steht, wird beginnend bei $ep_{bu} = 0.0$ Promille die Betonstauchung sukzessive erhöht. Dabei wird die Dehnung des, an der Außenseite der Köcherwand eingelegten, Stahls zunächst mit ihrer zulässigen Maximaldehnung $ep_{zu} = 5.0$ Promille (DIN 1045-88) bzw. $ep_{zu} = 25.0$ Promille (DIN 1045-1) angenommen.



Dehnungszustand zur Ermittlung des inneren Moments

Von dieser Betonstauchung ep_{bu} hängen folgende Größen ab:

- Höhe der Betondruckzone z_{Du}
- Höhe h_R des rechteckförmigen Anteils der Betondruckzone
- Höhe h_D des dreieckförmigen Anteils der Betondruckzone (nur bei sehr kleinen Stauchungen, die zu keinem rechteckigen Teil der Betondruckzone führen)



Parameter des inneren Moments

Von dieser Betonstauchung ep_{bu} hängen folgende Größen nicht ab:

- Statische Höhe h der Köcherwand in y-Richtung
- Breite b der Betondruckzone
- Höhe h_D des dreieckförmigen Anteils der Betondruckzone bei größeren Dehnungen

Die Betonstauchung wird also beginnend von 0.0 Promille mit einer Iterationsfeinheit von 0.01 Promille erhöht. Dabei wird innerhalb jedes Iterationsschrittes erneut das innere Moment M_{ui} berechnet.



$$M_{ui} = z \cdot D_{bu}$$

Formel 3.23

z = Abstand der Lage der Biegebewehrung in der Köcherwand zum Flächenschwerpunkt der Betondruckzone

D_{bu} = Resultierende Betondruckkraft der gleichmäßig über die Betondruckzone verteilten Betondruckspannung

Angemerkt sei, dass bei der Ermittlung des inneren Moments mit der vereinfachten Annahme einer gleichmäßig über die Betondruckzone verteilten Betondruckspannung zwei Zugeständnis gemacht werden müssen:

1. Die rechnerische Betonfestigkeit ist um 5% abzumindern.
2. Die ansetzbare Betondruckzonenhöhe darf nur 80% der Betondruckzonenhöhe sein, die sich aus den Dehnungszuständen von Köcherinnenseite und Stahllage ergibt.

Sobald dieses innere Moment M_{ui} größer als die Bruchlastschnittgröße M_u ist, wird die Iteration beendet und der Beton der auf Biegung nachzuweisenden Köcherwand wurde nachgewiesen.

Die maximale Stauchung des Betons kann höchstens 3.50 Promille betragen. Ist sie erreicht so kann die Höhe der Betondruckzone und damit die resultierende Betondruckkraft und damit das innere Moment M_{ui} nur noch dadurch gesteigert werden, indem die Dehnung des eingelegten Betonstahls zurückgenommen wird. Dabei ist die minimale Dehnung des Betonstahls auf 2 Promille begrenzt, um einen ausgewogen bewehrten Stahlbetonquerschnitt zu erhalten.

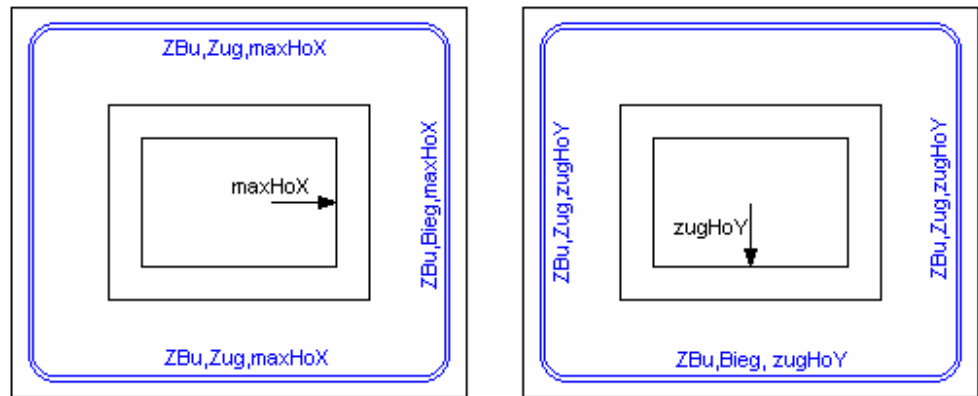
3.8 Maßgebenden Zugkraft der oberen horizontalen Bügel

3.8.1 Köcherbewehrung mit umschließenden Bügel

Bevor die horizontale Bügelbewehrung bestimmt werden kann, müssen die maximalen Zugkräfte in den einzelnen Bügelgruppen bekannt sein. Bei der Bemessung des Köchers werden immer zwei Lastfälle untersucht. Der erste Lastfall ist jener Lastfall, dessen Schnittgrößen zu einer maximalen oberen Horizontalkraft in x-Richtung führt. Er wird mit Lastfall „maxHoX“ bezeichnet. Der zweite Lastfall ist jener Lastfall, dessen Schnittgrößen zu einer maximalen oberen Horizontalkraft in y-Richtung führt. Er wird mit Lastfall „max-HoY“ bezeichnet.

Exemplarisch werden nun die Zugkräfte in den Bügel aus den oberen Horizontalkräften maxHoX und zugHoY, die sich aus den Schnittgrößen des Lastfalles „maxHoX“ ergeben, ermittelt.

Für den allseitig außenliegenden Bügel:



Ermittlung der Zugkräfte in den allseitig außen liegenden Bügeln

Dieser Bügel erhält aus zweierlei Beanspruchungen Zugkräfte. Zum einen aus Biegung der Wand die senkrecht zur gerade betrachteten Horizontalkraft läuft und zum anderen aus Zug der Wand die parallel zur gerade betrachteten Horizontalkraft läuft. Daraus ergibt sich folgende Bezeichnung der Zugkraft in den einzelnen Bügeln:

$$Z_{\text{Bügelname, Beanspruchung, Ursache}}$$

Bügelname = Als Bügelname kommen nur die verwendeten Bügel zur Auswahl (Bu, BuX, BuY)

Beanspruchung = Für Beanspruchung kommen entweder „Bieg“ für Biegung oder „Zug“ für Zug in Frage

Ursache = Ursächlich für die Beanspruchung ist entweder die Kraft „maxHoX“, die Kraft „zugHoY“, die Kraft „maxHoY“ oder die Kraft „zugHoX“

Auf dem Weg zur maximalen Zugbeanspruchung der Bügel müssen die Zugkräfte aus Biegung und Zug addiert werden, da ihre Ursachen (Horizontalkraft „maxHoX“ und zugHoY“) für die Schnittgrößen eines Lastfalles gleichzeitig wirken. Für unser Beispiel ergeben sich aus Lastfall „maxHoX“ folgende Zugkräfte im allseitig außenliegenden Bügel:

LF „maxHoX“

$$Z_{\text{Bu, Summe1}} = Z_{\text{Bu, Bieg, maxHoX}} + Z_{\text{Bu, Zug, zugHoY}}$$

$$Z_{\text{Bu, Summe2}} = Z_{\text{Bu, Bieg, zugHoY}} + Z_{\text{Bu, Zug, maxHoX}}$$

Formel 3.24

Aus den beiden Summen von Zugkräften gilt es nun die größere als die maßgebenden des Lastfalls „maxHoX“ festzuhalten.

maß $Z_{\text{Bu, LF maxHoX}}$

In genau der gleichen Weise wird für den Lastfall „maxHoY“ die größere der beiden Summen bestimmt:

LF „maxHoY“

$$Z_{\text{Bu, Summe1}} = Z_{\text{Bu, Bieg, zugHoX}} + Z_{\text{Bu, Zug, maxHoY}}$$

$$Z_{\text{Bu, Summe2}} = Z_{\text{Bu, Bieg, maxHoY}} + Z_{\text{Bu, Zug, zugHoX}}$$

Formel 3.25

Wieder gilt es aus den beiden Summen von Zugkräften die größere des Lastfalls „maxHoY“ festzuhalten.

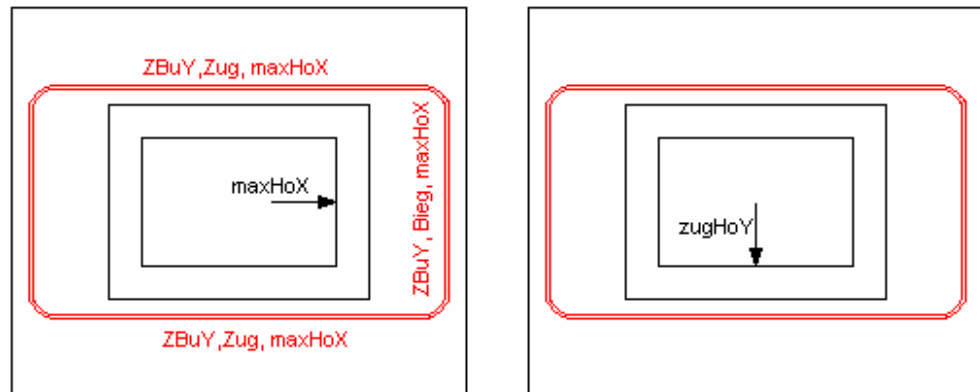
Maßg ZBu, LF maxHoY

Nachdem nun die jeweils maßgebenden Zugkraftsumme in dem allseitig außenliegenden Bügeln des jeweiligen Lastfalles klar ist, kann die für alle Lastfälle maßgebende Zugkraftsumme bestimmt werden.

Alle LF

Maßg ZBu

Genau diese maßgebende Zugkraft muss für die anderen beiden horizontalen Bügel bestimmt werden. Dazu wird zunächst der horizontalen Bügel betrachtet, der in y-Richtung an der Außenseite der Köcherwand liegt.



Ermittlung der Zugkräfte in y-Richtung außenliegende Bügel

Aus der oben dargestellten Abbildung ist zu entnehmen, dass davon ausgegangen wird, dass nur Horizontalkräfte in x-Richtung zu Zugkräften in diesem Bügel führen. Warum die Horizontalkraft $zugHoY$ für den hier betrachteten Fall keine Zugkraft verursacht hat zwei Gründe:

1. Keine Zugkraft aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung entsteht, weil der Bügelschenkel in x-Richtung sich innerhalb der Druckzone der, durch die Horizontalkraft $zugHoY$ gebogenen, Wand befindet. Angemerkt sei hierzu, dass die günstige Wirkung dieses Bügels als eine Art Druckbewehrung außer Acht gelassen wird.
2. Die zur Horizontalkraft $zugHoY$ parallelen Bügelschenkel erhalten keinen Zugkraftanteil aus dieser Horizontalkraft, da sie sich über diagonale Druckstreben bis zur Köcheraußenseite hin ausbreitet. Dort wird der vertikale Kraftanteil der Druckstrebe in die dort vorhandenen vertikalen Bügelschenkelenden eingeleitet. Das vertikale Bügelschenkelende des in y-Richtung außenliegenden Bügels befindet sich jedoch oberhalb dieser Stelle, so dass in diesen Bügel kein vertikaler Kraftanteil der Druckstrebe eingeleitet werden kann.

Mit diesem Hintergrundwissen kann nun die Zugkraft im in y-Richtung liegenden Bügel eindeutig ermittelt werden.

LF „maxHoX“

$$Z_{BuY,Bieg,maxHoX}$$

$$Z_{BuY,Zug,maxHoX}$$

Die maßgebende Zugkraft des Lastfalles „maxHoX“ ist zu ermitteln.

maßg $Z_{BuY,LF \max HoX}$

LF „maxHoY“

$Z_{BuY,Bieg,zugHoY}$

$Z_{BuY,Zug,zugHoX}$

Die maßgebende Zugkraft des Lastfalles „zugHoX“ ist zu ermitteln:

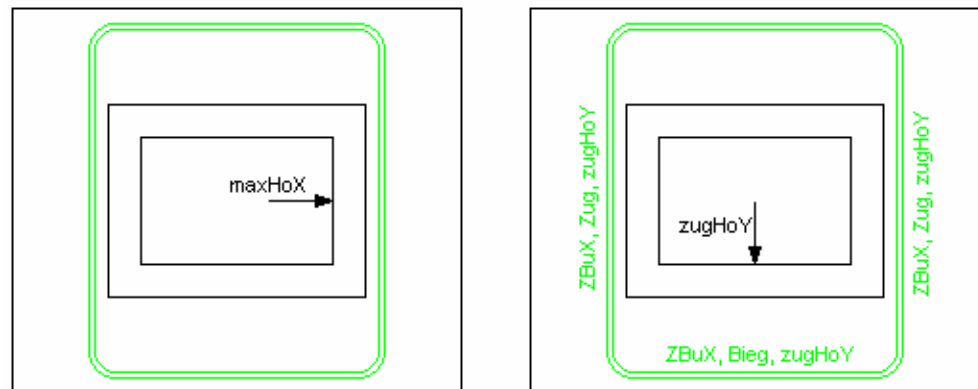
maßg $Z_{BuY,LF \max HoX}$

Daraus ist die maßgebenden Zugkraft aller Lastfälle zu ermitteln:

Alle LF

Maßg Z_{BuY}

Schließlich muss noch die Zugkraft im Bügel betrachtet werden, der in x-Richtung außen liegt.



Ermittlung der Zugkräfte in x-Richtung außenliegende Bügel

Auch hier gilt wieder die zuvor aufgestellte Regel: Nur jene Horizontalkräfte führen zu einer Bügelzugkraft, deren Richtung senkrecht zur Richtung des außenliegenden Bügelstängels ist.

LF „maxHoX“

$Z_{BuX,Bieg,maxHoX}$

$Z_{BuX,Zug,maxHoX}$

Die maßgebende Zugkraft des Lastfalles „maxHoX“ ist zu ermitteln:

maßg $Z_{BuX,LF \max HoX}$

LF „maxHoY“

$Z_{BuX,Bieg,zugHoY}$

$Z_{BuX,Zug,zugHoX}$

Die maßgebende Zugkraft des Lastfalles „zugHoX“ ist zu ermitteln:

maßg $Z_{BuX,LF \max HoX}$

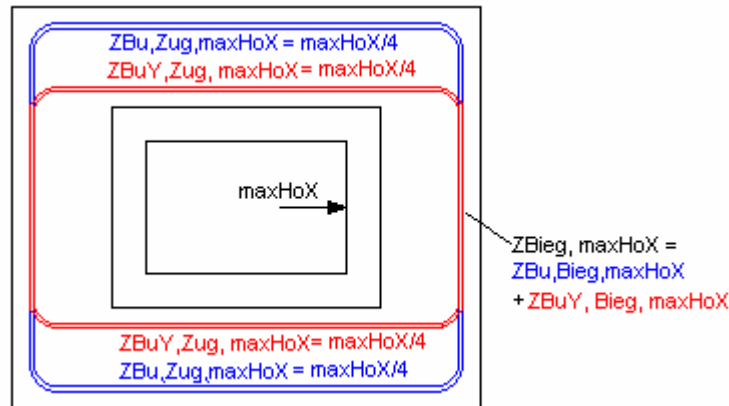
Daraus ist die maßgebenden Zugkraft aller Lastfälle zu ermitteln:



Alle LF

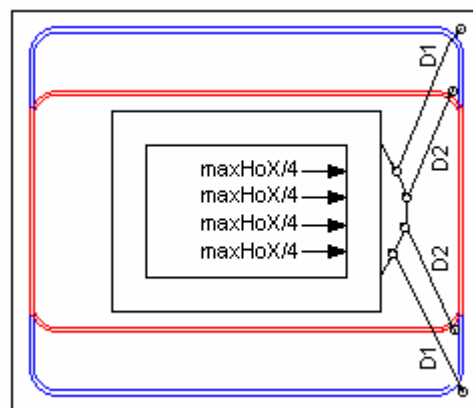
Maßg Z_{BuX}

Es muss noch erklärt werden, wie die jeweiligen Zugkräfte in den Bügeln, die dann zur maßgebenden Zugkraft überlagert worden sind, überhaupt aus den jeweiligen Horizontalkräften zustande gekommen ist. Exemplarisch soll dies für die Horizontalkraft $maxHoX$ geschehen.



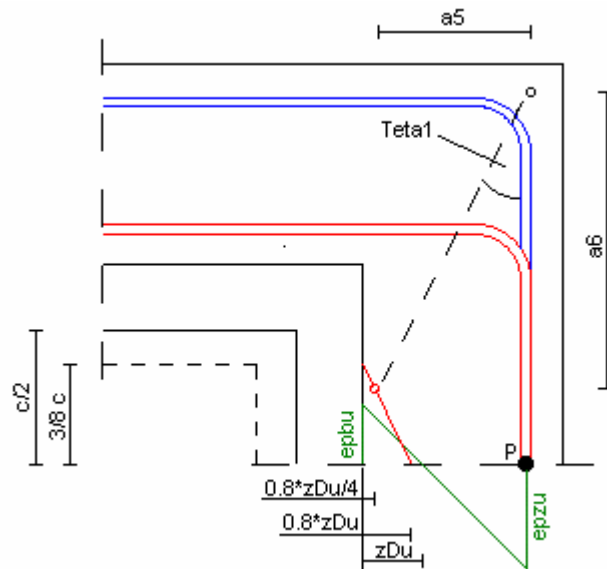
Zugkräfte in den Bügeln

Die Horizontalkraft $maxHoX$ wird gleichmäßig auf die richtungspallelen Schenkel der ihr zugeteilten Bügel aufgeteilt. Jeder dieser Bügelschenkel erhält ein Viertel dieser Horizontalkraft. Diese Horizontalkraft erzeugt zusätzlich eine Biegung der Köcherwand in y-Richtung. Bei der Bemessung des Betons dieser Köcherwand wurde die resultierende Betondruckkraft bestimmt. Diese muss aus Gleichgewichtsgründen identisch mit der Zugkraft $Z_{Bieg,maxHoX}$ sämtlicher innerhalb der Köcherwand außenliegender Bügelschenkel sein. Diese Zugkraft $Z_{Bieg,maxHoX}$ teilt sich jedoch nicht zu gleichen Teilen auf die beiden Bügelgruppen auf, sondern es entfallen auf den allseitig außen liegenden Bügel Bu der Kraftanteil $Z_{Bu,Bieg,maxHoX}$ der Druckstrebe, die sich unter dem Winkel θ_1 ausbreitet.



Druckstrebe

Auch hier ist eine genauere Betrachtung der rechten, oberen Ecke hilfreich.



Lastausbreitungswinkel Teta1

Um nun den Zugkraftanteil zu bekommen, der aus Biegung der Köcherwand entsteht empfiehlt sich nach folgenden Schritten vorzugehen:

1. Lastausbreitungswinkel θ_1 bestimmen

$$\theta_1 = \arctan \frac{a_5}{a_6}$$

Formel 3.26

mit:

$$a_5 = t_o - n_{mc} - \frac{d_s}{2} - \frac{0.8 \cdot z_{Du}}{4}$$

Formel 3.27

- t_o = obere Köcherwanddicke der Wand senkrecht zur Kraft
- n_{mc} = Seitliche Betondeckung des Köchers
- d_s = Bügeldurchmesser
- z_{Du} = Höhe der Betondruckzone im Bruchzustand

$$a_6 = \frac{c}{8} + a_2 + t_o - n_{mc} - \frac{d_s}{2}$$

Formel 3.28

- c = Längenausdehnung der Stütze senkrecht zur Kraft
- a_2 = Oberes Stützenspiel senkrecht zur Kraft
- t_o = Obere Köcherwanddicke der Wand parallel zur Kraft
- n_{mc} = Seitliche Betondeckung des Köchers
- d_s = Bügeldurchmesser

2. Größe der Druckstrebenkraft D1 bestimmen

$$D1 = \frac{\max HoX}{4 \cdot \sin 91}$$

Formel 3.29

maxHoX = Obere Horizontalkraft in x-Richtung

91 = Neigung der Druckstrebe D1

3. Bestimmen des Zugkraftanteils ZBu,Bieg

$$Z_{Bu, Bieg} = D1 \cdot \cos 91$$

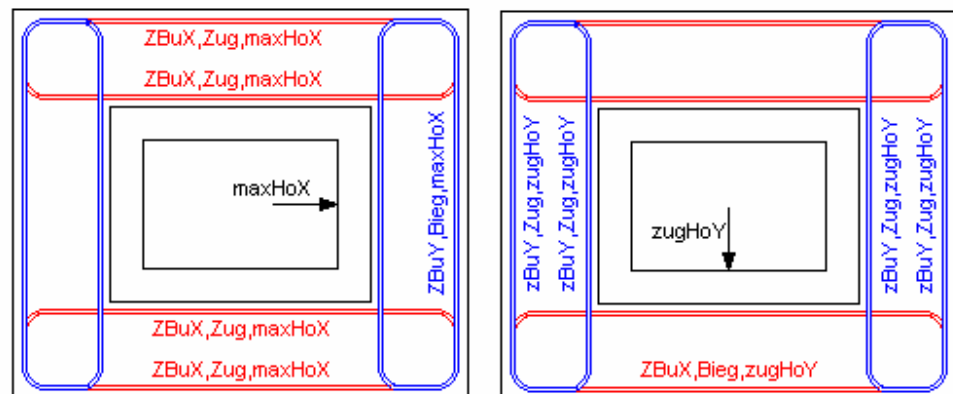
Formel 3.30

D1 = Druckstrebenkraft D1

91 = Neigung der Druckstrebe D1

3.8.2 Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite

Nachfolge Abbildung zeigt das Zustandekommen der Zugkräfte in Bügelschenkeln der Bügel der einzelnen Bügelgruppen für den Lastfall „maxHoX“.



Aufteilung der Kräfte bei innenliegenden Bügeln

Lastfall „maxHoX“

Die Zugkraft des Bügels der Köcherwand in x-Richtung errechnet sich zu:

$$Z_{BuX, LF \max HoX} = Z_{BuX, Zug, \max HoX} + Z_{BuX, Bieg, zugHoY}$$

Formel 3.31

$Z_{BuX, Zug, \max HoX}$ = Zugkraftanteil pro Bügelschenkel
= maxHoX/4

$Z_{BuX, Bieg, zugHoY}$ = Zugkraft aus Biegung der Köcherwand in x-Richtung

Die Zugkraft des Bügels der Köcherwand in y-Richtung errechnet sich zu:

$$Z_{BuY, LF \max HoX} = Z_{BuY, Bieg, \max HoX} + Z_{BuY, Zug, zugHoY}$$

Formel 3.32



$$\begin{aligned}
Z_{\text{BuY,Bieg, max HoX}} &= \text{Zugkraft aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung} \\
Z_{\text{BuX, Bieg, zugHoY}} &= \text{Zugkraftanteil pro Bügelschenkel} \\
&= \text{zugHoY}/4
\end{aligned}$$

Analog gilt für den Lastfall „maxHoY“

Lastfall „maxHoY“

Die Zugkraft des Bügels der Köcherwand in x-Richtung errechnet sich zu:

$$Z_{\text{BuX, LF max HoY}} = Z_{\text{BuX, Zug, zugHoX}} + Z_{\text{BuX, Bieg, max HoY}}$$

Formel 3.33

Die Zugkraft des Bügels der Köcherwand in y-Richtung errechnet sich zu:

$$Z_{\text{BuY, LF max HoY}} = Z_{\text{BuY, Bieg, zugHoX}} + Z_{\text{BuY, Zug, max HoY}}$$

Formel 3.34

Alle Lastfälle

Vereinfacht wird jetzt nicht nach der größten Zugkraft in einer Bügelgruppe aus den verschiedenen Lastfällen gesucht, sondern es wird einfach die größte Zugkraft in allen Bügeln genommen und für die Bemessung herangezogen.

3.9 Erf. Stahlquerschnitt horizontaler Bügel

Nachdem nun das Zustandekommen der Zugkräfte in den einzelnen Bügeln geklärt wurde, kann darauf eingegangen werden, wie diese Zugkraft aufgenommen werden kann. Teilt man die Zugkraft durch die zulässige Spannung β_s des Bewehrungsstahls erhält man die Gesamtbewehrungsquerschnitt einer Bügelgruppe:

$$\text{erfAs} = \frac{\text{Maßg Z}}{\beta_s}$$

Formel 3.35

Maßg Z = Maximale Zugkraft, die von der jeweiligen Bügelgruppe aufgenommen werden muss

β_s = 42 kN/cm² oder 50 kN/cm²

3.10 Erf. Anzahl horizontaler Bügel

Teilt man diesen erforderlichen Gesamtbewehrungsquerschnitt durch die Querschnittsfläche eines Bügels erhält man die Anzahl der Bügel:

$$\text{erf n} = \frac{\text{erfAs}}{A_{\text{Bügel}}}$$

Formel 3.36

erfAs = Erforderlicher Gesamtbewehrungsquerschnitt einer Bügelgruppe

$A_{\text{Bügel}}$ = Querschnittsfläche eines Bügels



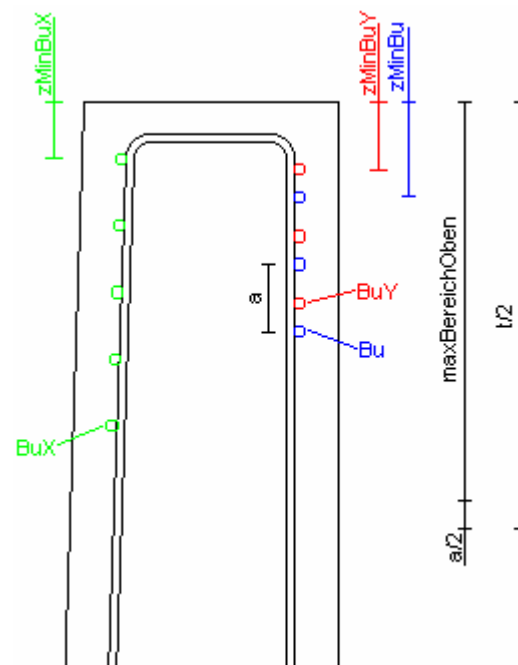
3.11 Lage der oberen horizontalen Bügel

3.11.1 Mindestabstand von der Köcheroberseite

Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln

Die einzelnen Bügelgruppen werden von oben betrachtet in folgender Reihenfolge angeordnet:

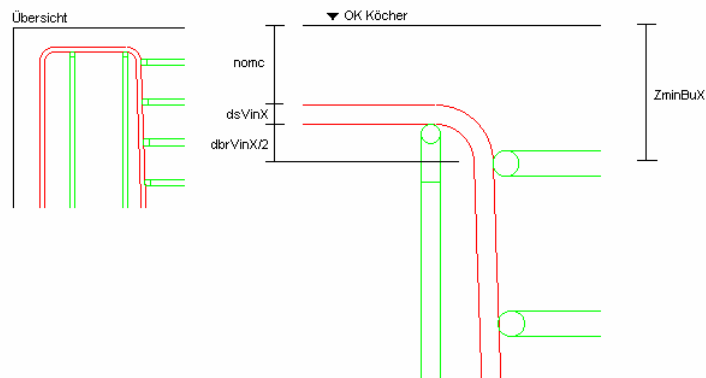
1. Bügelgruppe deren Schenkel in x-Richtung an der Köcheraußenwand liegen (genannt BuX)
2. Bügelgruppe deren Schenkel in y-Richtung an der Köcheraußenwand liegen (genannt BuY)
3. Bügelgruppe deren Schenkel allseitig außen liegen (genannt Bu)



Anordnung der horizontalen Bügel

Die Bügel der Bügelgruppen, die nur in einer Richtung außen liegen (BuY und BuX), liegen jeweils direkt paarweise übereinander. Der nächste allseitig außenliegende Bügel ist um einen halben Abstand zu dieser Bügellage versetzt. Der oberste Bügel einer jeden Bügelgruppe muss mindestens einen so großen Abstand von der Oberkante des Köchers haben, damit er an einem vertikalen Bügel nach dessen Krümmung befestigt werden kann. Dabei beeinflussen die Bügel sich mit ihren Mindestabständen teilweise gegenseitig, da der Abstand der Bügel der einzelnen Bügelgruppen zueinander stets der gleiche ist. Dies bedeutet, dass sich die Abstände der anderen Bügel aus dem größten Mindestabstand eines Bügels unter Berücksichtigung der vorgegebenen Bügelabstände zueinander ergeben. Der Mindestabstand des jeweils ersten Bügels einer Bügelgruppe vom oberen Köcherrand wird mit z_{min} bezeichnet.

Zmin für die Bügel BuX



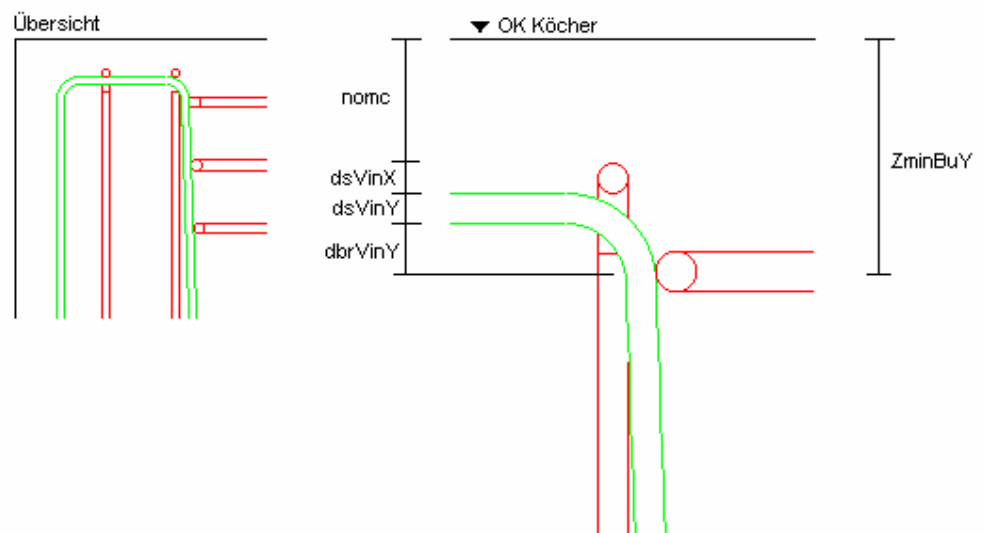
Mindestabstand für Bügel, die in x-Richtung außen liegen

$$Z_{\min BuX} = \frac{d_{brVX}}{2} + ds_{VX} + nmc$$

Formel 3.37

- d_{brVX} = Mindestbiegerollendurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
- ds_{VX} = Stabdurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
- nmc = Obere Betondeckung der Köcherbewehrung

Zmin für die Bügel BuY



Mindestabstand für Bügel, die in y-Richtung außen liegen

$$Z_{\min BuY} = \frac{d_{brVY}}{2} + ds_{VY} + ds_{VX} + nmc$$

Formel 3.38



dbrVY	=	Mindestbiegerolldurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in y-Richtung
dsVY	=	Stabdurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in y-Richtung
dsVX	=	Stabdurchmesser der vertikalen, statisch erforderlichen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
nomc	=	Obere Betondeckung der Köcherbewehrung

Die Veränderung des Durchmessers der vertikalen Bügel kann also den Mindestabstand der Horizontalbügel von der Köcheroberseite erhöhen und damit jenem Teil der Köcherhöhe verringern in dem die horizontalen Bügel untergebracht werden müssen. Ist dies der Fall wird die Köcherhöhe erneut vergrößert und die ganze Berechnung beginnt von vorne.

Zmin für die Bügel Bu

Der Mindestabstand der allseitig außenliegenden Bügel berechnet sich aus dem Mindestabstand des darüber befindlichen Bügels zu:

$$Z_{\min Bu} = Z_{\min BuY} - \frac{ds_{BuY}}{2} + \frac{a}{2}$$

Formel 3.39

ZminBuY	=	Mindestabstand des in y-Richtung außen liegenden Bügels von der Köcheroberseite
dsBuY	=	Bügeldurchmesser der horizontalen Bügel
a	=	gewählter Abstand zwischen den Bügeln

Nachdem der Mindestabstand der horizontalen Bügel von der Köcheroberkante fest steht, soll auch noch der Maximalabstand des letzten Bügels der jeweiligen Bügelgruppe bestimmt werden.

Köcherbewehrung einzelnen Bügeln für jede Seite

Die vertikalen Mindestabstände der beiden Bügelgruppen BuX und BuY ergeben sich aus den gleichen konstruktiven Zwängen.

3.11.2 Maximalabstand von der Köcheroberseite

Köcher mit glatter Köcherinnenwand

Zmax für alle Bügelgruppen

Dieser ist für alle Bügelgruppen gleich und errechnet sich zu:

$$Z_{\max} = \frac{h}{2} - \frac{a}{2}$$

Formel 3.40

h	=	Köcherhöhe
a	=	Abstand der horizontalen Bügel

Das unterste Bügel egal zu welcher Bügelgruppe er gehört muss mindestens einen halben Bügelabstand über der Mitte der Köcherwand liegen. Diese Überlegung ist aus zwei Gründen sinnvoll:

1. Die unteren horizontalen Bügel halten genau den gleichen Abstand von der Köcherhöhenmitte ein, so dass eine Konzentration oder gar eine Überschneidung zwischen oberen und unteren horizontalen Bügeln ausgeschlossen ist.

2. Die Druckzone der auf Biegung beanspruchten Köcherwand befindet sich im oberen und im unteren Drittel der Köcherhöhe und auf dieser Höhe sollte sich auch der korrespondierende Stahl befinden.

Köcher mit rauer Köcherinnenwand

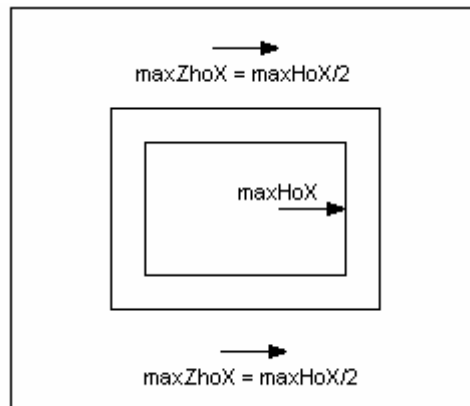
Die horizontalen Bügel für diese Köcherart sind im oberen Drittel des Köcher zu verteilen.

3.12 Lage der unteren horizontalen Bügel

Die unteren horizontalen Bügel werden auf die verbleibende Köcherhöhe verteilt.

3.13 Vertikale Randzugkraft in den Köcherwänden

In der untenstehenden Abbildung ist noch einmal veranschaulicht, dass sich jede Horizontalkraft sich gleichmäßig auf ihre richtungsparallelen Wandscheiben neben sich verteilt.



Aufteilung der Horizontalkraft auf die Köcherwände

Im weiteren wird jeweils nur der Kräfteverlauf in einer Wandscheibe betrachtet. Der auf sie entfallende Kraftanteil der dazugehörigen Horizontalkraft wird mit Zho bezeichnet. Er errechnet sich zu:

$$Zho = \frac{Ho}{2}$$

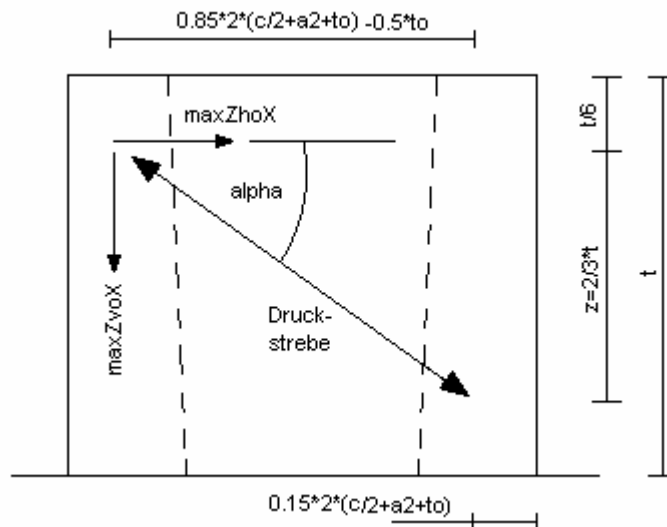
Formel 3.41

Ho = Obere Horizontalkraft

Die Kraft Zho wandert durch die Bügel von der biegebeanspruchten Stirnwand zur Rückwand. Dort wird sie von der horizontalen Komponente der diagonal über die Köcherwandscheibe verlaufenden Druckstrebe kompensiert.



3.13.1 Köcher mit glatter Köcherinnenwand



Kräftemodell zur Ermittlung der vertikalen Randzugkraft

Den vertikalen, nach oben gerichteten Kraftanteil dieser Druckstrebe muss eine vertikale Randzugbewehrung aufnehmen. Die gesamte beanspruchende Zugkraft dieser vertikalen Randzugbewehrung soll nun ermittelt werden. Es empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Bestimmen des Tangens der Druckstrebenneigung α

$$\tan \alpha = \frac{z}{0,85 \cdot 2 \cdot \left(\frac{c}{2} + a2 + to \right)}$$

Formel 3.42

- z = Zwei Drittel der Einbindetiefe der Stütze in den Köcher
- c = Längenausdehnung der Stütze in Richtung der Zugkraft
- $a2$ = Oberes Stützenspiel in Richtung der Zugkraft
- to = Obere Köcherwanddicke senkrecht zur Zugkraft

2. Bestimmen der vertikalen oberen Randzugkraft Z_{vo}

$$Z_{vo} = \tan \alpha \cdot Z_{ho}$$

Formel 3.43

- $\tan \alpha$ = Tangens der Neigung α der Druckstrebe
- Z_{ho} = Obere horizontale Zugkraft in der Köcherwandscheibe

3.13.2 Köcher mit rauer Köcherinnenwand

Die Ermittlung der Randzugkräfte erfolgt identisch. Zu Beachten ist, dass die diagonale Druckstrebe eine andere Neigung hat, da der Hebelarm z zwischen oberer und unterer Horizontalkraft bei Köchern mit rauer Köcherinnenwand größer ist.



$$z = \frac{5}{6} \cdot t$$

Formel 3.44

3.14 Erf. Stahlquerschnitt vertikaler Bügel

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

$$\text{erfAs} = \frac{\text{Maßg Z}}{\beta_s}$$

Formel 3.45

Maßg Z = Maximale Zugkraft, die von der jeweiligen Bügelgruppe aufgenommen werden muss

β_s = 42 kN/cm² oder 50 kN/cm²

3.15 Erf. Anzahl vertikaler Bügel

Teilt man diesen Gesamtbewehrungsquerschnitt durch die doppelte Querschnittsfläche eines vertikalen Bügels erhält man die erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel:

$$\text{erf n} = \frac{\text{erfAs}}{2 \cdot \text{As}_{\text{Bügel}}}$$

Formel 3.46

erfAs = Erforderlicher Gesamtbewehrungsquerschnitt einer Bügelgruppe

As_{Bügel} = Querschnittsfläche eines Bügels

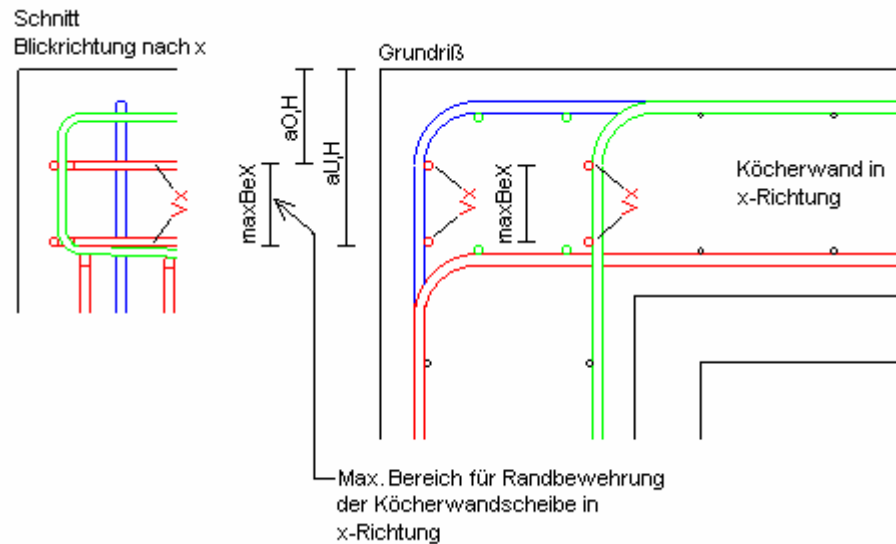
Es wird durch die doppelte Querschnittsfläche geteilt, weil der Bügel zweiseitig beansprucht wird.

3.16 Lage der vertikalen Bügel Köcherbewehrung

Wie die horizontalen Bügel, so haben auch die vertikalen Bügel eine Lage in der, der erste Bügel zu liegen hat und eine Lage in der, der letzte Bügel höchstens liegen kann. Zwischen diesen Punkten liegt der maximale Bewehrungsbereich, der mit maxBe bezeichnet wird.

3.16.1 Köcherbewehrung mit umschließenden Bügeln

maxBeVx (Maximaler Bewehrungsbereich für Bügel der Köcherwand in x-Richtung)



Bewehrungsbereich für die Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung

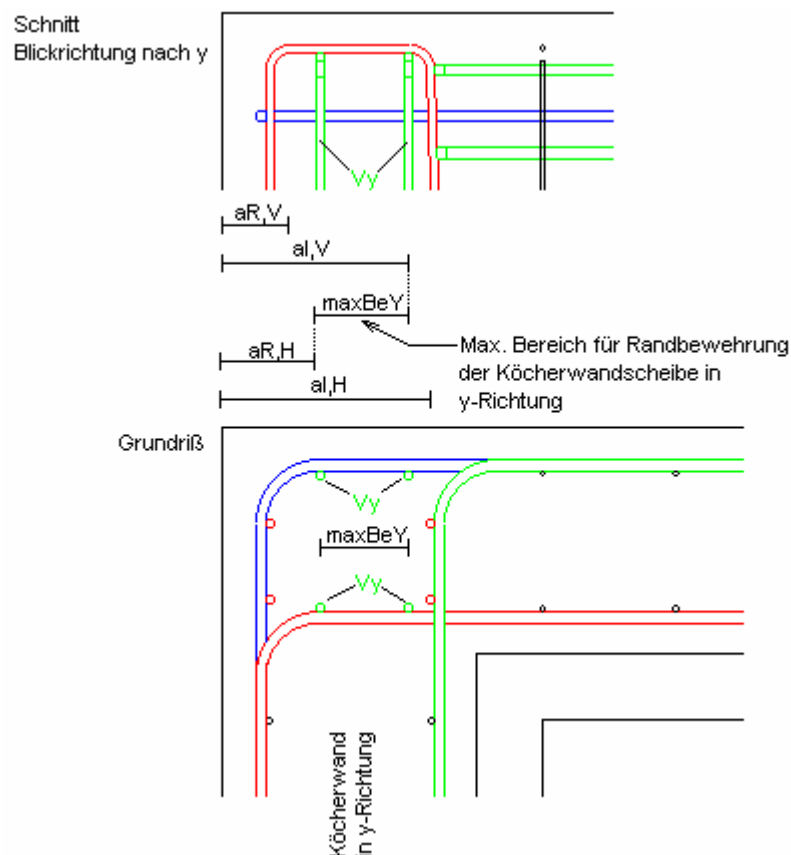
Die Lage des vertikalen Bügels wird durch folgende Abstände von der Köcheraußenwand in x-Richtung bestimmt:

$a_{O,H}$ = Krümmungsmittelpunkt des allseitig außenliegenden, horizontalen Bügels

$a_{U,H}$ = Lage des in y-Richtung außenliegenden Bügels

Hierbei gilt es anzumerken, dass die Bewehrung im Köcher so angeordnet wird, dass sie vorzugsweise dazu geeignet ist, das Auflagermoment M_y (Momentenvektor in y-Richtung) als das größere der beiden Auflagermomente aufzunehmen. Daher sollte das Auflagerkoordinatensystem so ausgerichtet sein, damit das größere der beiden Momente als beanspruchendes Moment M_y der Köcherbemessung übergeben wird.

maxBeVy (Maximaler Bewehrungsbereich für Bügel der Köcherwand in y-Richtung)



Bewehrungsbereich für die Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung

Die Lage des vertikalen Bügels wird durch folgende Abstände von der Köcheraußenwand bestimmt:

In unserer Skizze auf der linken Seite

- $a_{R,V}$ = Linker Krümmungsmittelpunkt des darüber befindlichen vertikalen Bügels für die Köcherwand in x-Richtung.
- $a_{R,H}$ = Krümmungsmittelpunkt des allseitig außenliegenden, horizontalen Bügels

Der größere der beiden Abstände bestimmt die Lage des ersten außenliegenden vertikalen Bügels für die Köcherwand in y-Richtung.

In unserer Skizze auf der rechten Seite

- $a_{l,V}$ = Rechter Krümmungsmittelpunkt des darüber befindlichen vertikalen Bügels für die Köcherwand in x-Richtung
- $a_{R,V}$ = Lage des in x-Richtung außenliegenden Bügels

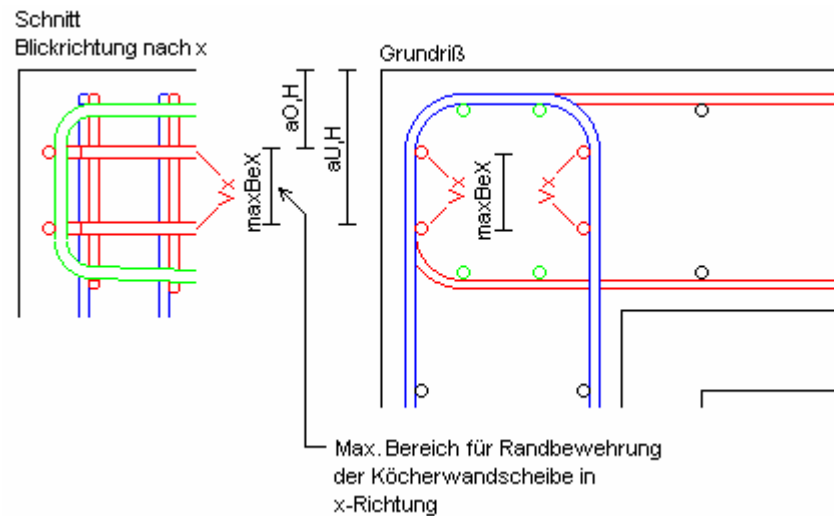
Der kleinere dieser beiden Abstände bestimmt die Lage des ersten innenliegenden vertikalen Bügels für die Köcherwand in y-Richtung.

Sollten mehr als zwei vertikale Bügel V_y erforderlich sein so werden diese, falls der Mindestabstand es zulässt, gleichmäßig zwischen der Lage des ersten außenliegenden Bügels und der Lage des ersten innenliegenden Bügels aufgeteilt.



3.16.2 Köcherbewehrung mit einzelnen Bügeln für jede Seite

maxBeVx (Maximaler Bewehrungsbereich für Bügel der Köcherwand in x-Richtung)

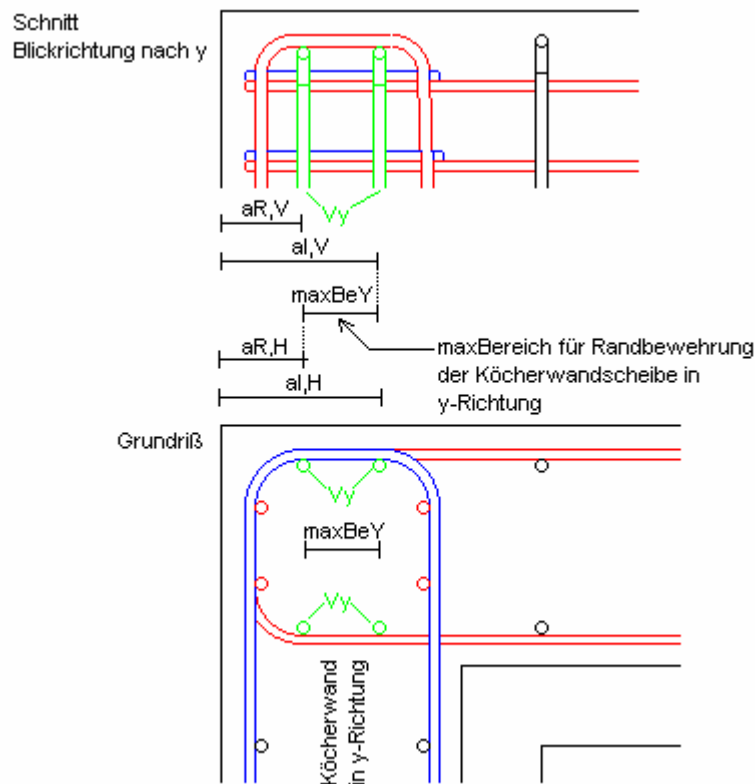


Bewehrungsbereich für die Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung

Die Lage des vertikalen Bügels wird durch folgende Abstände von der Köcheraußenwand in x-Richtung bestimmt:

- $a_{O,H}$ = Krümmungsmittelpunkt des horizontalen Bügels der Köcherwand in x-Richtung
- $a_{U,H}$ = Krümmungsmittelpunkt des horizontalen Bügels der Köcherwand in y-Richtung

maxBeVy (Maximaler Bewehrungsbereich für Bügel der Köcherwand in y-Richtung)



Bewehrungsbereich für die Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung

Die Lage des vertikalen Bügels wird durch folgende Abstände von der Köcheraußenwand bestimmt:

In unserer Skizze auf der linken Seite

- $a_{R,V}$ = Linker Krümmungsmittelpunkt des darüber befindlichen vertikalen Bügels für die Köcherwand in x-Richtung.
- $a_{R,H}$ = Krümmungsmittelpunkt des horizontalen Bügels der Köcherwand in y-Richtung (oder Köcherwand in x-Richtung).

Der größere der beiden Abstände bestimmt die Lage des ersten außenliegenden vertikalen Bügels für die Köcherwand in y-Richtung.

In unserer Skizze auf der rechten Seite

- $a_{l,V}$ = Rechter Krümmungsmittelpunkt des darüber befindlichen vertikalen Bügels für die Köcherwand in x-Richtung
- $a_{R,V}$ = Krümmungsmittelpunkt des horizontalen Bügels der Köcherwand in y-Richtung

Der kleinere dieser beiden Abstände bestimmt die Lage des ersten innenliegenden vertikalen Bügels für die Köcherwand in y-Richtung.

3.17 Vertikale konstruktive Bewehrung der Köcherwände

Die Köcherwände werden konstruktiv durch vertikale Bügel im Abstand von 20 cm bewehrt.

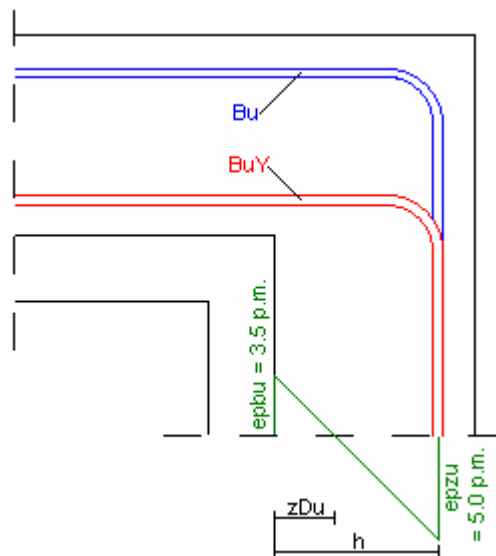


3.18 Biegebruchsicherheit

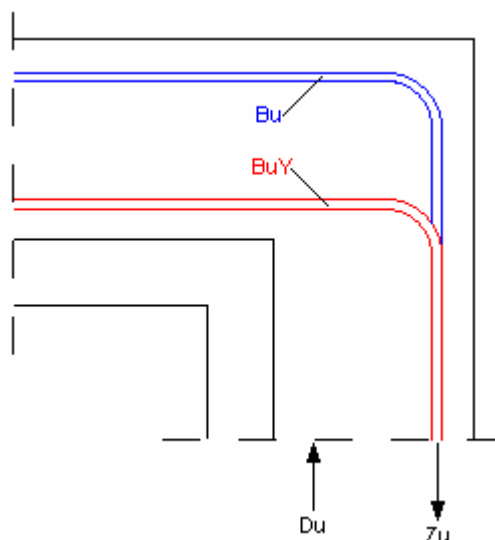
3.18.1 Inneres Moment M_{ui}

Es verbleibt, die vorhandene Biegebruchsicherheit der Köcherwand quantitativ zu erfassen. Dabei wird gleichzeitig kontrolliert, ob die gewählte Bewehrung nicht zu einem unausgewogenem Verhältnis zwischen Stahl und Beton geführt hat. Exemplarisch wird die Biegebruchsicherheit für die Köcherwand in y-Richtung ermittelt.

Um herauszufinden, welche Art der Bewehrung eines Stahlbetonquerschnitts vorliegt, werden die im eingelegten Stahl und der Betondruckzone resultierenden Kräfte bestimmt, die sich bei einer Bruchdehnung vom $\epsilon_{pu} = 3.5$ Promille und $\epsilon_{zu} = 5.0$ Promille ergeben.



Bruchdehnung



Kräfte

Zugkraft im Stahl

Die Zugkraft im Stahl errechnet sich aus Summe des eingelegten Bewehrungsstahlquerschnitts sämtlicher vorhandener Bügelgruppen mal der sich bei dieser Bruchdehnung einstellenden Stahlspannung.

$$Z_u = \text{vorh}\Sigma A_s \cdot \beta_s$$

Formel 3.47

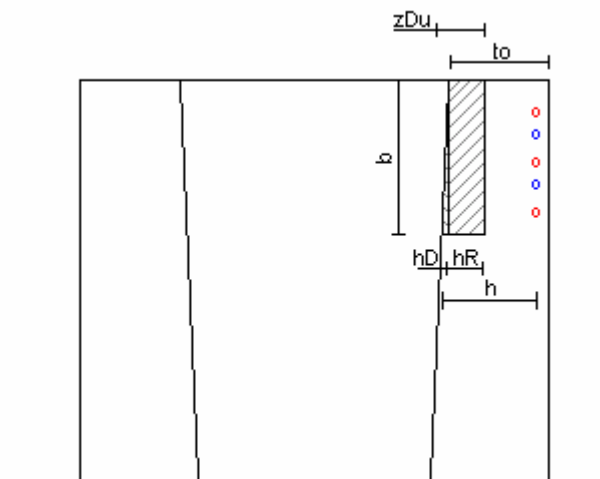
$\text{vorh}\Sigma A_s$ = Summe der Querschnitte aller an dieser Köcherwand außenliegenden Bügel

β_s = 42 kN/cm² oder 50 kN/cm²

Die Summe der Bügelquerschnitte als Biegebewehrung ist bei einer Bewehrung mit umschließenden Bügeln die Summe der Bügel der Bügelgruppe Bu und die Summe der Bügel der Bügelgruppe BuY, bei einer Bewehrung mit Bügeln innerhalb der Köcherwand der vorhandene Stahlquerschnitt dieser Bügelgruppe.

Druckkraft im Beton

Die Druckkraft im Beton errechnet sich aus der Resultierenden der gleichmäßig über die verkürzte Betondruckzone verteilten Betondruckspannung.



Geometrie der Betondruckzone

Ist die Kraft im Stahl größer als im Beton so handelt es sich um einen mittleren bis stark bewehrten Betonquerschnitt handelt. Bei einem solchem Querschnitt lässt sich ein Gleichgewicht der zwischen Druckkraft im Beton und Zugkraft im Stahl finden, indem die Stahldehnung sukzessive zurückgenommen wird, bis Kräftegleichgewicht herrscht.

Ist die Kraft im Stahl geringer als im Beton so handelt es sich um einen schwach bewehrten Querschnitt. Bei einem solchem Querschnitt lässt sich ein Gleichgewicht der zwischen Druckkraft im Beton und Zugkraft im Stahl finden, indem die Betondehnung sukzessive zurückgenommen wird, bis Kräftegleichgewicht herrscht.

Mit der kleineren der beiden inneren Kräfte und dem Hebelarm z wird das innere Moment gebildet.

$$M_{ui} = z \cdot D_{bu} \text{ oder } Z_u$$

Formel 3.48

z = Hebelarm der inneren Kräfte

D_{bu} = Resultierende Betondruckkraft

Z_u = Resultierende Stahlzugkraft



3.18.2 Bestimmen der Biegebruchsicherheit

Die Biegebruchsicherheit γ der Köcherwand in y-Richtung wird mit folgender Formel ermittelt:

$$\gamma = \frac{M_{ui}}{M}$$

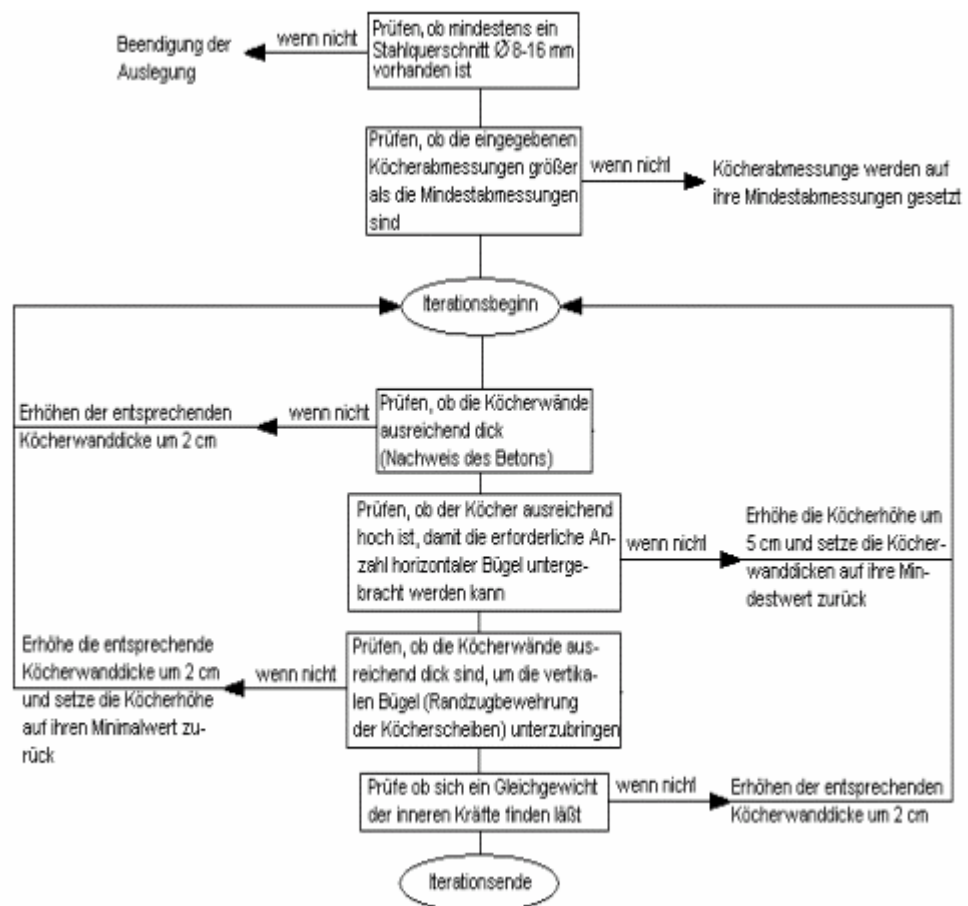
Formel 3.49

M_{ui} = Inneres Moment

M = Bemessungsmoment

3.19 Weg der Auslegung

Im unten abgebildetem Diagramm ist der Weg der Auslegung übersichtlich dargestellt:



Ablauf der Auslegung des Köchers

3.20 Nachweise

3.20.1 Nachweis von veränderter Köchergeometrie und Bewehrung

Die gefundenen Köcherabmessungen werden in der Maske 1.2 Geometrie, die gewählte Bewehrung in der Maske 2.6 Köcherbewehrung ausgegeben. Die Köchergeometrie sowie

die Anzahl, der Durchmesser und der Abstand der gewählten Eisen können dann komplett verändert werden. Um die, durch die Veränderungen quantitativ veränderten Nachweise und ihre Zwischenergebnisse zu erhalten, muss der Köcher nach den Veränderungen abermals nachgewiesen werden. Dabei werden folgende Nachweise in der aufgeführten Reihenfolge ausgeführt:

1. Prüfen, ob die Mindestdicken der Köcherwände noch eingehalten sind
2. Prüfen, ob die Einbindetiefe der Stütze noch eingehalten ist
3. Prüfen, ob die Köcherwände noch in der Lage sind die Biegebeanspruchung aufzunehmen.
4. Prüfen, ob die durch den Benutzer vorgegebene Anzahl an Bügel größer ist, als die statisch erforderliche Anzahl, die sich aus den vom Benutzer vorgegebenen Bügeldurchmesser ergibt
5. Prüfen, ob die vom Benutzer vorgegebenen Bügelanzahl mit ihrem Abstand in den eventuell verringerten Köcherabmessungen noch untergebracht werden kann.
6. Prüfen, ob durch den Benutzer nicht zuviel horizontale Bewehrung in einem zu geringem Abstand eingelegt wurde, so dass sich ein inneres Kräftegleichgewicht mit einer Mindestdehnung des Stahls von 2 Promille nicht mehr finden lässt.

Ist einer dieser Nachweise nicht erfüllt, so bricht das Programm an dieser Stelle ab und der Grund des Abbruchs erscheint in einem Meldungsfeld auf der Maske 2.6 Köcherbewehrung.

3.20.2 Nachweis von Köchergeometrie und Auslegung der Bewehrung

Neben den beiden Möglichkeiten, nämlich sich zum einen Köcherabmessungen sowie erforderliche Bewehrung komplett auslegen zu lassen und zum anderen die Köcherabmessungen und die Bewehrung nur nachzuweisen, besteht noch eine dritte Möglichkeit. Diese dritte Möglichkeit besteht darin, in Maske 1.3 Geometrie die Köcherabmessungen vorzugeben und sich die dazugehörige Bewehrung auslegen zu lassen. Dabei werden sämtliche Nachweise in der oben stehenden Reihenfolge abgeprüft, mit dem einzigen Unterschied, dass versucht wird einen Bügeldurchmesser in einem Abstand zu finden, so dass er in der vorgegebenen Köchergeometrie untergebracht werden kann. Sollte dies, sowie ein anderer Nachweis nicht gelingen, ist der Köcher mit seinen vorgegebenen Abmessungen nicht nachweisbar und der Nachweis wird an dieser Stelle abgebrochen. Es erscheint die entsprechende Nachricht im Meldungsfeld.

4. Theoretische Grundlage Blockfundament

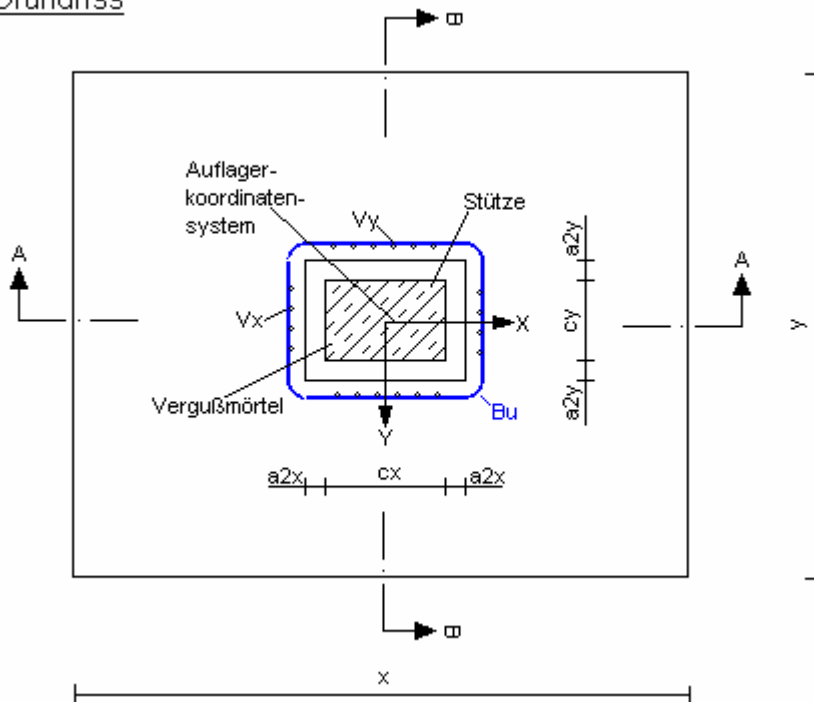
4.1 Allgemeines

Mit Blockfundamenten dienen zur Verankerung von Fertigteilstützen. Dabei ist besonders auf die konstruktive Ausbildung einer rauen Oberfläche der innenliegenden Fundamentseiten zu achten, da sie die theoretische Grundlage für die Bemessung mit diesem Programm liefert.

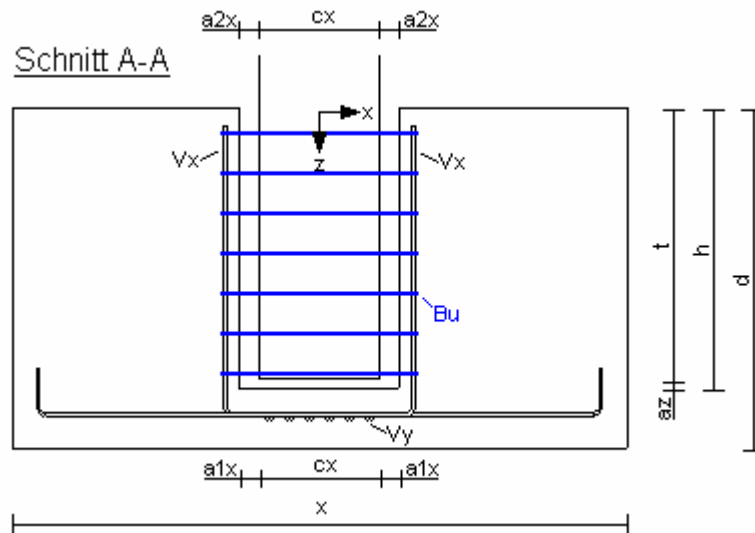
4.2 Bezeichnung des Blockfundaments

Zur Bezeichnung der Blockfundamentgeometrie werden folgende Variablen verwendet:

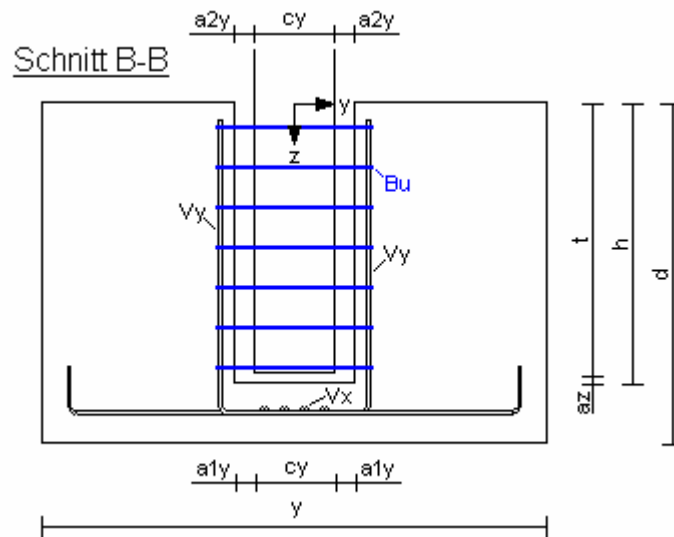
Grundriss



Grundriss



Schnitt mit Blick in y-Richtung



Schnitt mit Blick in x-Richtung

Bezeichnung	Variable
Stützensausdehnung in x-Richtung	c-x
Stützensausdehnung in y-Richtung	c-y
Oberes Stützenspiel in x-Richtung	a-2x
Oberes Stützenspiel in y-Richtung	a-2y
Unteres Stützenspiel in x-Richtung	a-1x
Unteres Stützenspiel in y-Richtung	a-1y
Neigung der Innenseite des Blockfundaments in x-Richtung	α -x
Neigung der Innenseite des Blockfundaments in y-Richtung	α -y



Die Bewehrungsgruppen erhalten folgende Bezeichnung:

Bezeichnung	Variable
Horizontale Bügel	Bu
Vertikale Eisengruppe auslaufend in x-Richtung	Vx
Vertikale Eisengruppe auslaufend in y-Richtung	Vy

Hinsichtlich der Eisendurchmesser, ihres Abstandes und den Biegerollendurchmessern gilt für die Auslegung der Bewehrung das gleiche wie bei den Köcherfundamenten.

4.3 Mindestabmessungen des Blockfundaments

4.3.1 Mindestlänge und -breite des Blockfundamentes

Diese Abmessungen ergeben sich aus den bodenmechanischen Nachweisen der Fundamentplatte.

4.3.2 Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Block

Die größere von zwei Mindesteinspanntiefe ist die maßgebende. Die erste Mindesteinspanntiefe errechnet sich zu:

$$\min T_2 = 1,5 \cdot c$$

Formel 4.1

c = Ist die Längenausdehnung der Stütze senkrecht zum Momentenvektor des betrachteten Einspannmoments

Die zweite Minimaleinspanntiefe ist die vom Benutzer vorgegebene Einspanntiefe.

4.4 Maßgebendes Moment

Das maßgebende Moment für die Bemessung der vertikalen Eisen ermittelt sich nach folgender Formel:

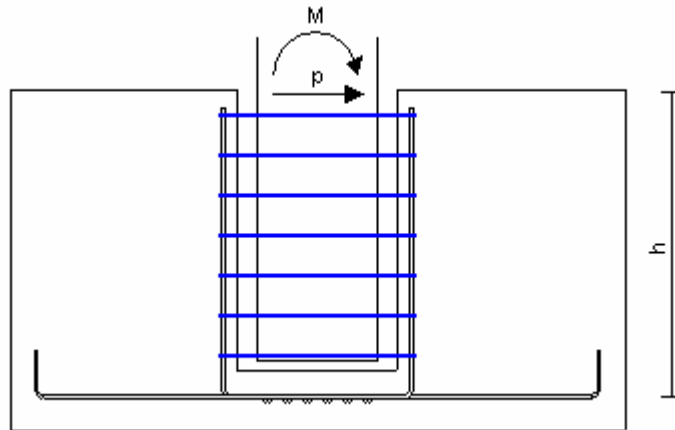
$$\text{maßgM} = M + h \cdot P$$

Formel 4.2

M = Betrachtetes Einspannmoment

h = Abstand zwischen Oberkante Blockfundament und horizontalen Bügelschenkel der vertikalen Bewehrung (Statische Höhe)

P = Querkraft, deren Richtungsvektor senkrecht auf dem Richtungsvektor des betrachteten Moments steht



Ermittlung des maßgebenden Moments zur Bemessung

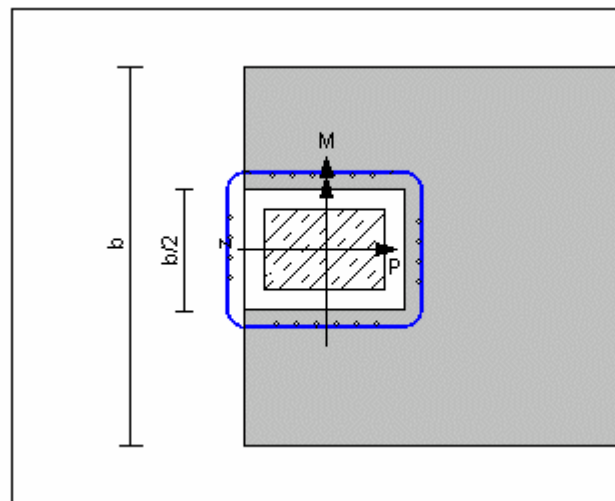
4.5 Breite des Ersatzbalkens

Zur Bemessung des erforderlichen Stahlquerschnitts der vertikalen Bewehrung wird die Breite eines Ersatzbalkens benötigt. Sie errechnet sich zu:

$$b = c + z$$

Formel 4.3

- c = Längenausdehnung der Stütze in Richtung des Momentenvektors des betrachteten Moments
- h = Abstand zwischen Oberkante Blockfundament und horizontalen Bügelschenkel der vertikalen Bewehrung



Ermittlung des Ersatzbalkens

4.6 Überprüfung des Betons

Mit dem oben bereits beschriebenen Verfahren wird zunächst von der maximalen Dehnung des Stahls ausgegangen und die Betonstauchung so lange erhöht, bis sich ein inneres Moment M_{ui} ergibt, dass größer als das Bruchmoment ist. Lässt sich selbst im selbstbestimmten Grenzdehnungszustand von Stahl und Beton dieses innere Moment M_{ui} nicht finden, so wird die Einbindetiefe der Stütze erhöht, da dies zu einer Vergrößerung der statischen Höhe



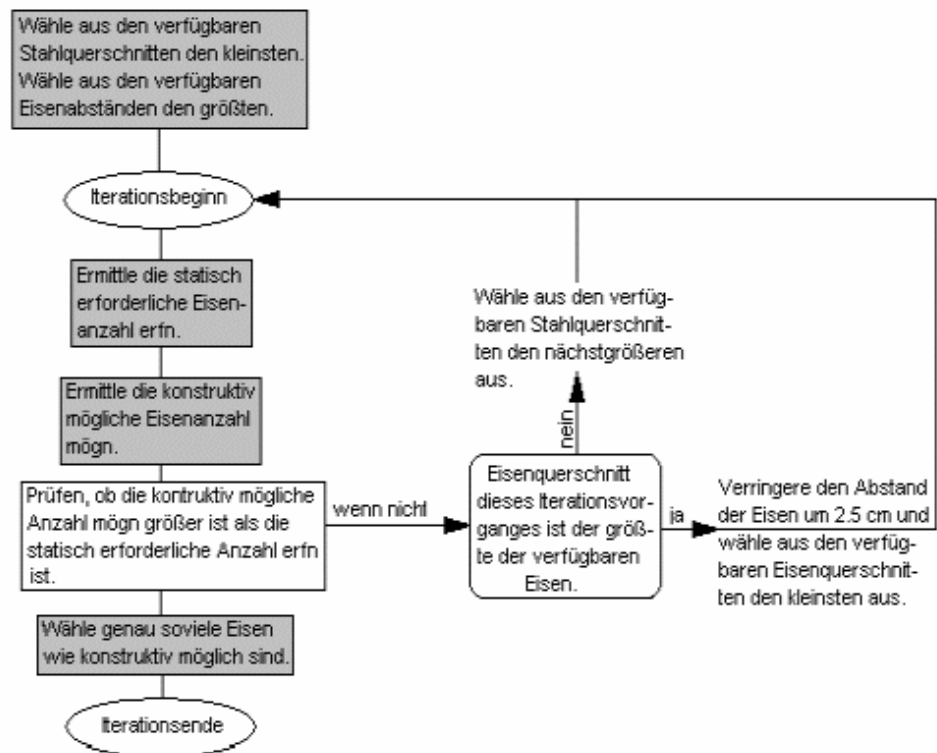
führt. Dies kann bedeuten, dass die Dicke der Fundamentplatte vergrößert werden muss, damit die vergrößerte Einbindetiefe auch untergebracht werden kann. Bei Köcherfundamenten, werden die Köcher vor Berechnung der Fundamentplatte ermittelt, damit ihr Eigengewicht richtig für die bodenmechanischen Nachweise und die Bemessung der Fundamentplatte angesetzt werden kann. Bei einem Blockfundament ist es genau umgekehrt: Zuerst wird die Fundamentplatte bestimmt, in die dann die Stütze eingebunden wird. Lässt sich die Stütze also nur in eine dickere Fundamentplatte einbinden, als sie sich aus ihrer Auslegung ergibt, so muss die Fundamentplatte nach der erfolgreichen Auslegung zur Einbindung der Stütze abermals für sämtliche Nachweise der inneren Standsicherheit (Biegebruch, Durchstanzen) und der äußeren Standsicherheit (Abheben, Grundbruch, Kippen, Gleiten) ausgelegt werden. Ausgangsgrößen dieser Auslegung sind dann, die Höhe der Fundamentplatte, die sich zur Einspannung der Stütze ergab und die sich aus ihr ergebenden Mindestabmessungen der Fundamentplatte.

4.7 Erforderliche Anzahl an vertikalen Stäben

Wieder ergibt sich die erforderliche Anzahl indem zunächst der erforderliche Stahlquerschnitt bestimmt wird, indem die erforderliche Zugkraft im Stahl durch die sich einstellende Stahlspannung geteilt und anschließend dieser erforderliche Stahlquerschnitt durch den Querschnitt eines Bügels dividiert wird.

4.8 Lage der vertikalen Stäbe

Die vertikalen Eisen sind auf der halben Breite des Ersatzbalkens in Höhe der Stütze zu verteilen. Dabei wird so vorgegangen, dass zunächst ermittelt wird, wie viele Eisen eines ganz bestimmten Durchmesser mit einem ganz bestimmten Abstand sich auf der halben Breite des Ersatzbalkens unterbringen lassen. Ist diese mögliche Anzahl an Eisen größer als die statisch erforderliche, so werden diese Eisen mit ihren Durchmessern und ihren Abständen in der möglichen Anzahl (nicht in der statisch erforderlichen) zur Bewehrung genommen. Ist die mögliche Anzahl an Eisen geringer als die statisch erforderliche, so wird der Abstand der Eisen beibehalten und aus der Gruppe der vom Benutzer zur Verfügung gestellten Stahlquerschnitten der nächstgrößere genommen und es wird untersucht, ob die sich damit veränderte statisch erforderliche Anzahl an Eisen untergebracht werden kann. Gelingt dies selbst beim größten verfügbaren Stahlquerschnitt nicht, so wird nun der Abstand zwischen den Eisen um 2.5 cm reduziert und es wird mit dem kleinsten beginnend bis hin zum größten der verfügbaren Eisenquerschnitte getestet, ob die statisch erforderliche Eisenanzahl geringer ist als die konstruktiv mögliche. Übersichtlich dargestellt in einem Flussdiagramm sieht das dann so aus:



Ablaufplan zur Ermittlung der optimalen vertikalen Bewehrung

4.9 Erf. Stahlquerschnitt der horizontalen Bügel

Unter der Annahme einer Druckstrebenausbildung zwischen der rauen Oberfläche der Stütze und der Blockfundamentinnenwand unter 45° wird der erforderliche Stahlquerschnitt der horizontalen Bügel gleich dem der vertikalen Bügel angenommen.

$$\text{erf}A_{\text{Bu}} = \text{erf}A_{\text{V}}$$

Formel 4.4

4.10 Erforderliche Anzahl an horizontalen Bügeln

Teilt man diesen Gesamtbewehrungsquerschnitt durch die doppelte Querschnittsfläche eines horizontalen Bügels erhält man die erforderliche Anzahl der horizontalen Bügel:

$$\text{erf } n_{\text{Bu}} = \frac{\text{erf}A_{\text{Bu}}}{2 \cdot A_{\text{SBügel}}}$$

Formel 4.5

$\text{erf}A_{\text{Bu}}$ = Erforderlicher Gesamtbewehrungsquerschnitt der horizontalen Bügelgruppe

$A_{\text{SBügel}}$ = Querschnittsfläche eines Bügels



Es wird durch die doppelte Querschnittsfläche geteilt, weil der Bügel zweischnittig beansprucht wird.

4.11 Lage der horizontalen Bügeln

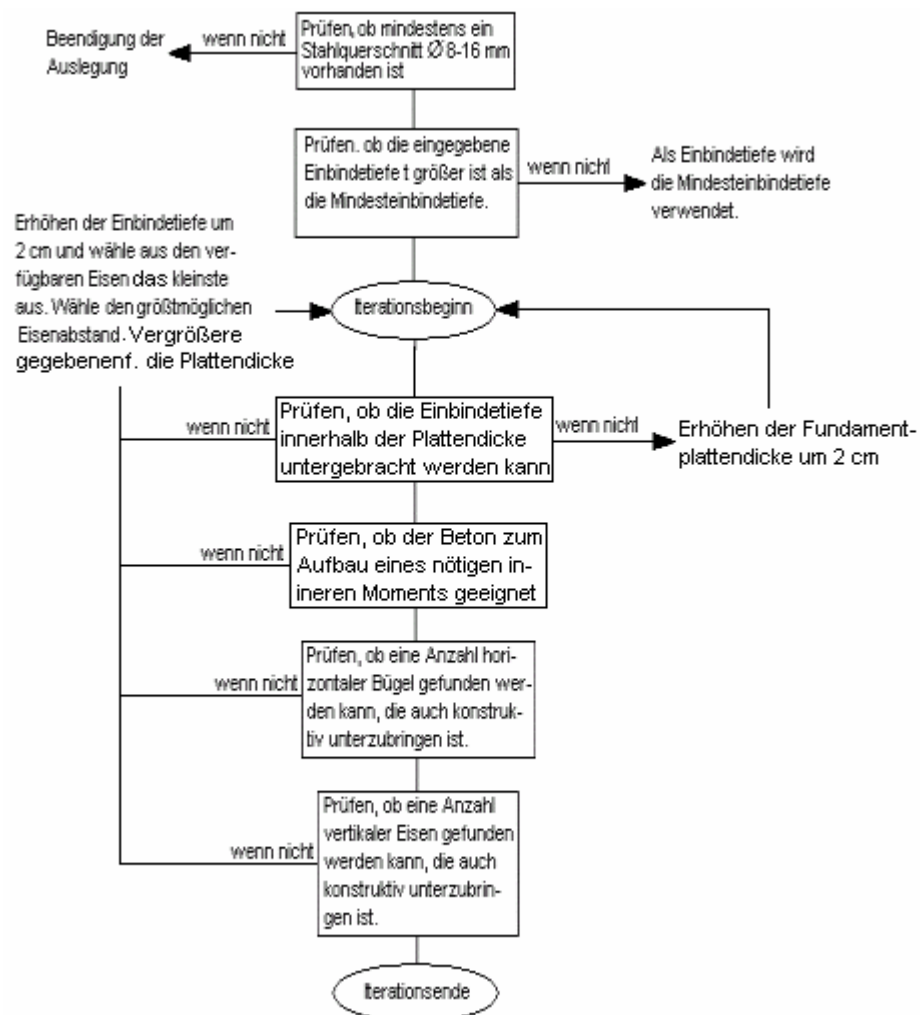
Die horizontalen Bügel werden gleichmäßig über die Einbindetiefe der Stütze verteilt. Die Ablauf zur Findung von Bügelquerschnitt und Bügelabstand ist der gleiche wie für die vertikalen Bügel.

4.12 Maßgebende Lastfälle

Aus der Summe der von RSTAB übergebenen Schnittgrößen werden für jede Richtung jene als maßgebend ermittelt, die zum größten maßgebenden Moment gemäß 4.4 führen.

4.13 Weg der Auslegung

Im unten abgebildeten Diagramm ist der Weg der Auslegung übersichtlich dargestellt:



Ablauf der Auslegung

4.14 Nachweise

4.14.1 Nachweis von veränderter Köchergeometrie und Bewehrung

Die gefundenen Blockfundamentabmessungen werden in der Maske 1.2 Geometrie, die gewählte Bewehrung in der Maske 2.6 Blockfundamentbewehrung ausgegeben. Die Blockfundamentgeometrie sowie die Anzahl, der Durchmesser und der Abstand der gewählten Eisen können dann komplett verändert werden. Um die, durch die Veränderungen quantitativ veränderten Nachweise und ihre Zwischenergebnisse zu erhalten, muss der Köcher nach den Veränderungen abermals nachgewiesen werden. Dabei werden folgende Nachweise in der aufgeführten Reihenfolge ausgeführt:

1. Prüfen, ob die Einbindetiefe der Stütze noch eingehalten ist
2. Prüfen, ob der Beton in der Lage ist, das erforderliche innere Moment zu liefern.
3. Prüfen, ob die durch den Benutzer vorgegebene Anzahl an Bügel/Eisen größer ist, als die statisch erforderliche Anzahl, die sich aus den vom Benutzer vorgegebenen Bügeldurchmesser ergibt, ist
4. Prüfen, ob die vom Benutzer vorgegebenen Bügel-/Eisenanzahl mit ihrem Abstand in den eventuell verringerten Blockfundamentabmessungen noch untergebracht werden kann.
5. Ob sich mit dem vom Benutzer gewählten Stahlquerschnitt, überhaupt noch ein Gleichgewicht zur Bezifferung der Biegebruchsicherheit finden lässt.

Ist einer dieser Nachweise nicht erfüllt, so bricht das Programm an dieser Stelle ab und der Grund des Abbruchs erscheint in einem Meldungsfeld auf der Maske 2.6 Köcherbewehrung.

4.14.2 Nachweis von Blockfundamentgeometrie und Auslegung der Bewehrung

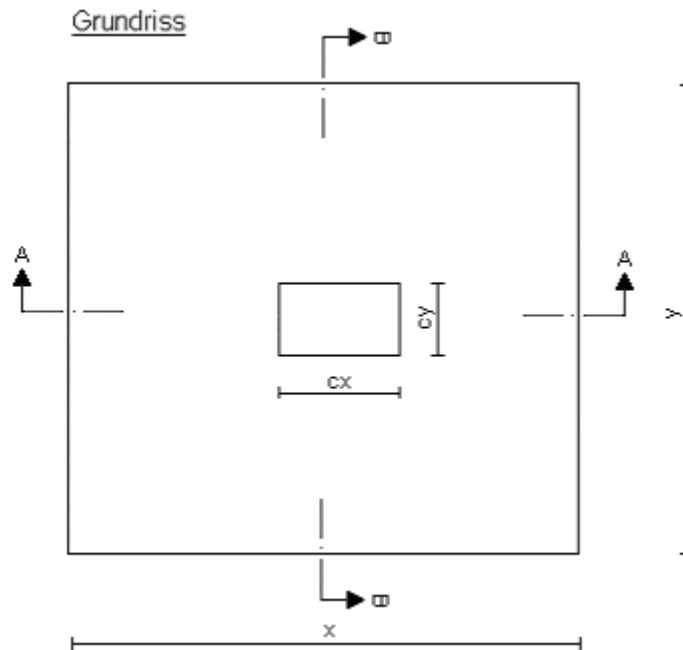
Diese letzte Möglichkeit unterscheidet sich von der kompletten Auslegung alleine dadurch, dass während des Iterationsprozesses die vom Benutzer vorgegebenen Einbindetiefe nicht vergrößert wird, um die Anzahl der horizontalen Bügel unterzubringen. Der Beton wird wieder überprüft. Ist auch hier der Nachweis nicht erfüllt bricht das Programm hier bereits ab. Im weiteren wird kontrolliert, ob aus den durch den Benutzer zur Verfügung gestellten Eisen eine statisch erforderliche Anzahl gefunden werden kann, die dann auch geometrisch unterzubringen ist. Ist dies nicht der Fall erscheint ebenso wie bei allen anderen fehlgeschlagenen Nachweisen, die Ursache zusammen mit den wesentlichen konstruktiven Verbesserungsvorschlägen in der Maske 2.6 Blockfundamentbewehrung.



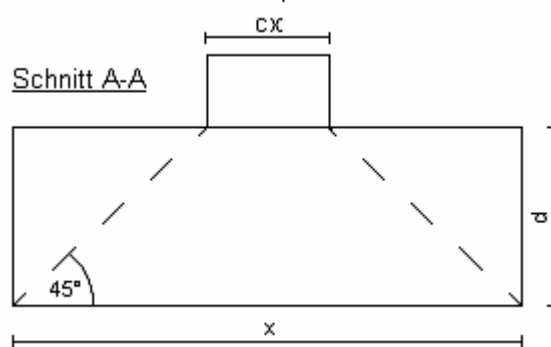
5. Fundamentplatte

5.1 Bezeichnung Fundamentplatten, Mindestabmessungen

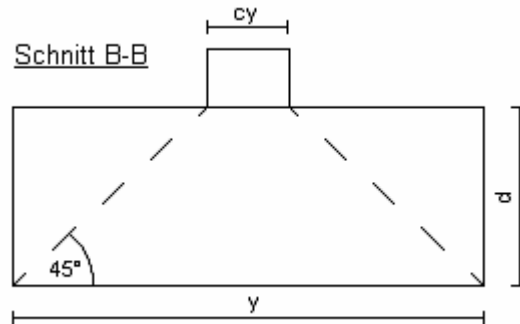
Zur Bezeichnung der Fundamentplattengeometrie werden folgende Variablen verwendet:



Grundriss Fundamentplatte



Schnitt Fundamentplatte (Blick in y-Richtung)



Schnitt Fundamentplatte (Blick in x-Richtung)

Bezeichnung	Variable
Stützensausdehnung in x-Richtung	cx
Stützensausdehnung in y-Richtung	cy
Fundamentplattenausdehnung in x-Richtung	x
Fundamentplattenausdehnung in y-Richtung	y
Fundamentplattendicke	d

Die Mindestdicke der Fundamentplatte wird auf 20 cm festgesetzt. Die rechteckige Aufstandsfläche der Stütze wird in eine flächengleiche, runde Aufstandsfläche umgewandelt (sh. Durchstanzen). Ihr Durchmesser wird mit d_s bezeichnet. Legt man eine Lastausbreitung von 45° zu Grunde, wie sie nach DIN 1045-88 anzunehmen ist, ergeben sich Seitenlängen für ein köcherloses Fundament zu:

$$x = d_s + 2 \cdot d + 2 \cdot |e_x|$$

$$y = d_s + 2 \cdot d + 2 \cdot |e_y|$$

Formel 5.1

cx	= Stützensausdehnung in x-Richtung
cy	= Stützensausdehnung in y-Richtung
d	= Fundamentplattendicke
e	= Exzentrizität der Stütze

Für ein Köcherfundament mit rauer Köcherinnenwand ergeben sich größere Mindestabmessungen, da sich der Durchmesser einer flächengleichen, runden Aufstandsfläche aus den Abmessungen des Köchers errechnet.

Für ein Köcherfundament mit glatter Köcherinnenwand und für ein Blockfundament ergeben sich die Mindestseitenlänge aus den selben Formeln wie für ein köcherloses Fundament.

Natürlich können die Mindestseitenlängen, sowie die Dicke der Fundamentplatte wieder durch den Benutzer vorgegeben werden. Sie müssen jedoch größer als die vom Programm errechneten Mindestseitenlängen sein, falls der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen geführt werden soll. Schließt der Benutzer diesen Nachweis jedoch aus, so können die Mindestabmessungen bei köcherlosem Fundament die Abmessungen der Stütze sein, bei Fundamenten mit Köcher die Köcherabmessungen und bei Blockfundament die Stützenabmessungen plus das obere Stützenspiel und 25 cm Mindestbetonstärke.



5.2 Belastung des Fundaments

Neben den bereits im Zusammenhang mit dem Köcher erwähnten RstabSchnittgrößen können auf die Fundamentplatte noch zusätzliche Lasten aufgebracht werden:

- Erste zusätzliche Gleichflächenlast beispielsweise aus Überschüttung
- Zweite zusätzliche Gleichflächenlast beispielsweise aus Verkehr
- Zusätzliche Einzellasten mit beliebiger Position auf der Fundamentplatte
- Zusätzliche Gleichstreckenlasten mit beliebigem Verlauf über die Fundamentplatte
- Auftrieb der Fundamentplatte durch Eintauchen in das Grundwasser

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, dass zusammen bis zu 100 zusätzliche Einzel- und Gleichstreckenlasten auf die Fundamentplatte gestellt werden können. Der Auftrieb wird aus den Fundamentplattenabmessungen und der Eintauchtiefe des Fundaments ermittelt. Diese zusätzlichen Belastungen zu den RSTAB-Auflagerkräften werden als ständig wirkend angesetzt, mit Ausnahme der zusätzlichen Gleichflächenlast aus Verkehr und des Auftriebes. Es ergeben sich somit zwei verschiedene Kombinationen von Belastungen aus RstabSchnittgrößen und zusätzlichen Belastung. Die erste Kombination führt zur kleinsten resultierenden Vertikalkraft V_{\min} in der Bodenfuge und die zweite zur größten resultierenden Vertikalkraft V_{\max} . Diese errechnen sich zu:

$$\text{res}V_{\min} = P_z + G_P + G_K + V_{\text{auf}} + \ddot{U} + \Sigma P + \Sigma S$$

$$\text{res}V_{\max} = P_z + G_P + G_K + V + \ddot{U} + \Sigma P + \Sigma S$$

Formel 5.2

mit:

P_z	= Normalkraft der Stütze
G_P	= Eigengewicht der Fundamentplatte
G_F	= Eigengewicht des Köchers
V_{auf}	= Auftriebskraft des verdrängten Wassers

$$V_{\text{auf}} = -10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} x \cdot y \cdot d_{\text{auf}}$$

Formel 5.3

x	= Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung
y	= Längenausdehnung der Fundamentplatte in y- Richtung
d_{auf}	= Eintauchtiefe des Fundamentes in das Grundwasser
\ddot{U}	= Resultierende Kraft aus Überschüttung
ΣP	= Summe der zusätzlichen Einzellasten
ΣS	= Summe der zusätzlichen Gleichstreckenlasten
V	= Resultierende Kraft aus Verkehrsgleich flächenlast

Die kleinere der resultierenden Vertikallasten wird immer dann angesetzt, wenn sich eine geringere Vertikallast ungünstig auf die Erfüllung des Nachweises auswirkt. Die größere sobald eine größere Vertikallast sich ungünstig auf die Erfüllung des Nachweises auswirkt (sh. einzelne Nachweise).

5.3 Nachweisübersicht

Um die Auflagerkräfte sicher in den Baugrund ableiten zu können, muss ein Fundament die Nachweise der äußeren Standsicherheit und der inneren Standsicherheit erfüllen.

Äußere Standsicherheit

Unter äußerer Standsicherheit sind alle bodenmechanischen Nachweise zu verstehen. Dies sind im einzelnen:

- Nachweis der Sicherheit gegen Abheben
- Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch
- Nachweis der Sicherheit gegen Kippen
- Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

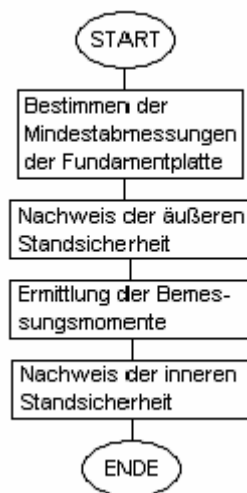
Innere Standsicherheit

Hier muß unterschieden werden zwischen bewehrten und unbewehrtem Fundament. Unter innerer Standsicherheit sind beim bewehrten Fundament alle Nachweise der verwendeten Materialien Stahl und Beton in ihrem Zusammenspiel als Verbundwerkstoff zu verstehen. Dies sind im einzelnen:

- Nachweis der Sicherheit gegen Biegebruch der Fundamentplatte
- Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen der Fundamentplatte

Beim unbewehrten Fundament hingegen, entscheidet alleine die Form in Abhängigkeit von der gewählten Betongüte, ob die innere Standsicherheit gegeben ist.

Ein erster grober Ablaufplan soll die Anordnung der Nachweise verdeutlichen:



Grober Ablaufplan

Im weiteren werden detailliertere Ablaufpläne den Prozeß der Auslegung und die Abhängigkeiten der Nachweisen von äußerer und innerer Standsicherheit erläutern.

5.3.1 Nachweise der äußeren Standsicherheit

Nachweis der Sicherheit gegen Abheben

Der Nachweis der Sicherheit gegen Abheben gemäß DIN 1054 – Abs. 4.1.3.4 ist dann erbracht, wenn die vorhandene Sicherheit gegen Abheben größer bzw. gleich wie die erforderliche ist:



$$\text{vorh } \eta_a \geq \text{erf } \eta_a$$

Formel 5.4

vorh η_a = vorhanden Sicherheit gegen Abheben

erf η_a = erforderliche Sicherheit gegen Abheben

Die vorhandene Sicherheit gegen Abheben des Fundamentes errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{vorh } \eta_a = \frac{|\text{res}V_{\text{auf}}|}{\text{res}V_{\text{min}} + |\text{res}V_{\text{auf}}|}$$

Formel 5.5

mit:

$$\text{res}V_{\text{auf}} = P_z + V_{\text{auf}}$$

Formel 5.6

resVauf = Summe aller abhebend wirkenden Kräfte

P_z = Normalkraft der Stütze (falls abhebende Wirkung)

V_{auf} = Auftriebskraft des verdrängten Wassers

Im Nenner stehen die Kräfte, die das Abheben verhindern.

Die erforderliche Sicherheit gegen Abheben hängt laut DIN 1054 von den unter 2.2 Lasten definierten Lastfällen ab. Durch die Wahl einer Gleitsicherheit η_g hat der Benutzer auch indirekt bei der Eingabe den Lastfall bestimmt und somit aus folgenden drei erforderlichen Sicherheiten gegen Abheben des Fundaments gewählt:

Lastfall	1	2	3
η_a	1,1	1,1	1,05

Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch

Der Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch wird unter der Annahme des Vorliegens eines einfachen Regelfalles mit Hilfe eines Sohldrucknachweises gemäß DIN 1054 – Abs. 4.2 geführt. Dieser vereinfachte Nachweis ersetzt folgende Nachweise:

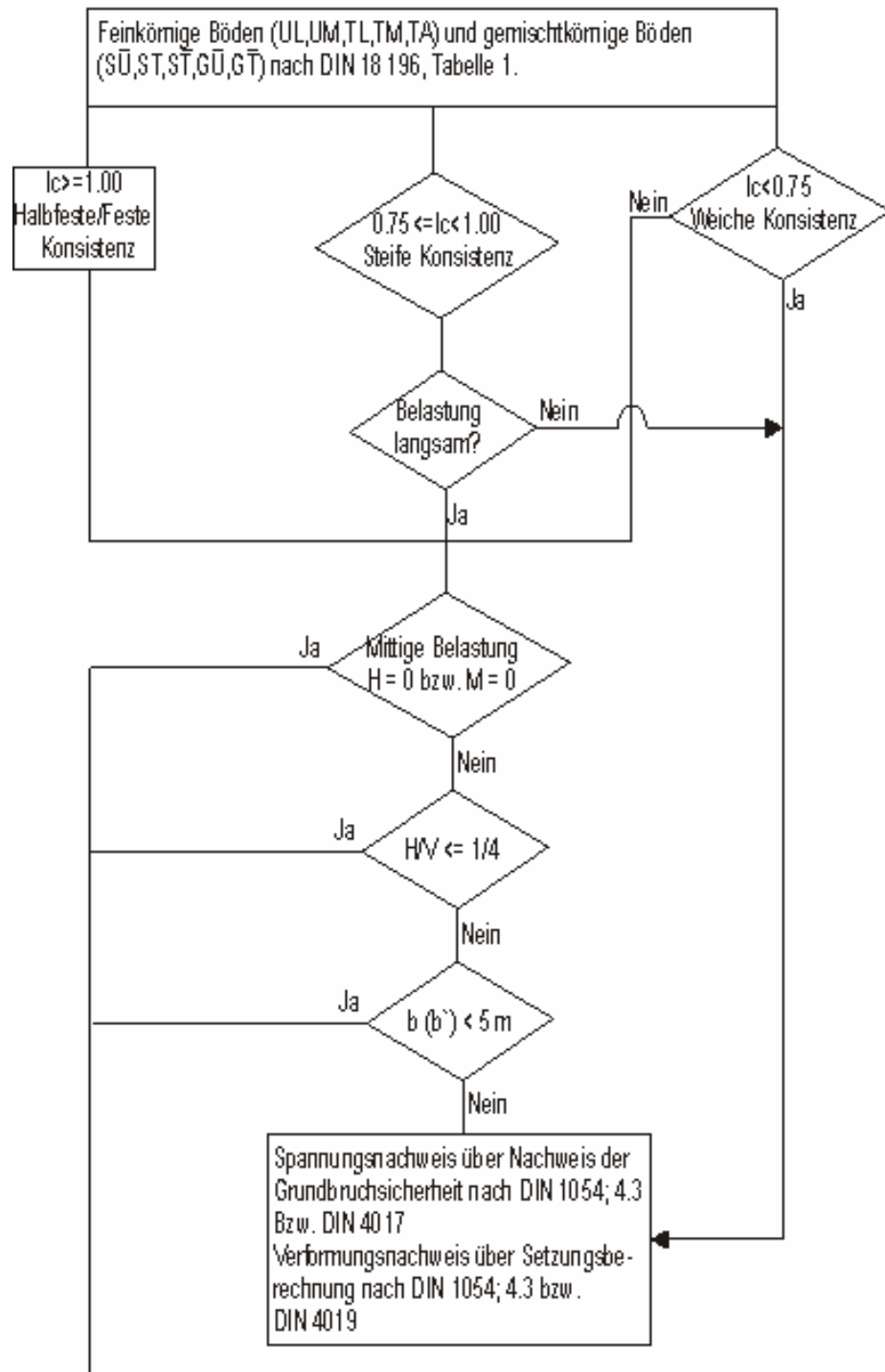
- Spannungsnachweis über Nachweis der Grundbruchsicherheit DIN 1054, Abs. 4.3 bzw. DIN 4017;
- Verformungsnachweis über Setzungsberechnung DIN 1054, Abs. 4.3 bzw. DIN 4019;

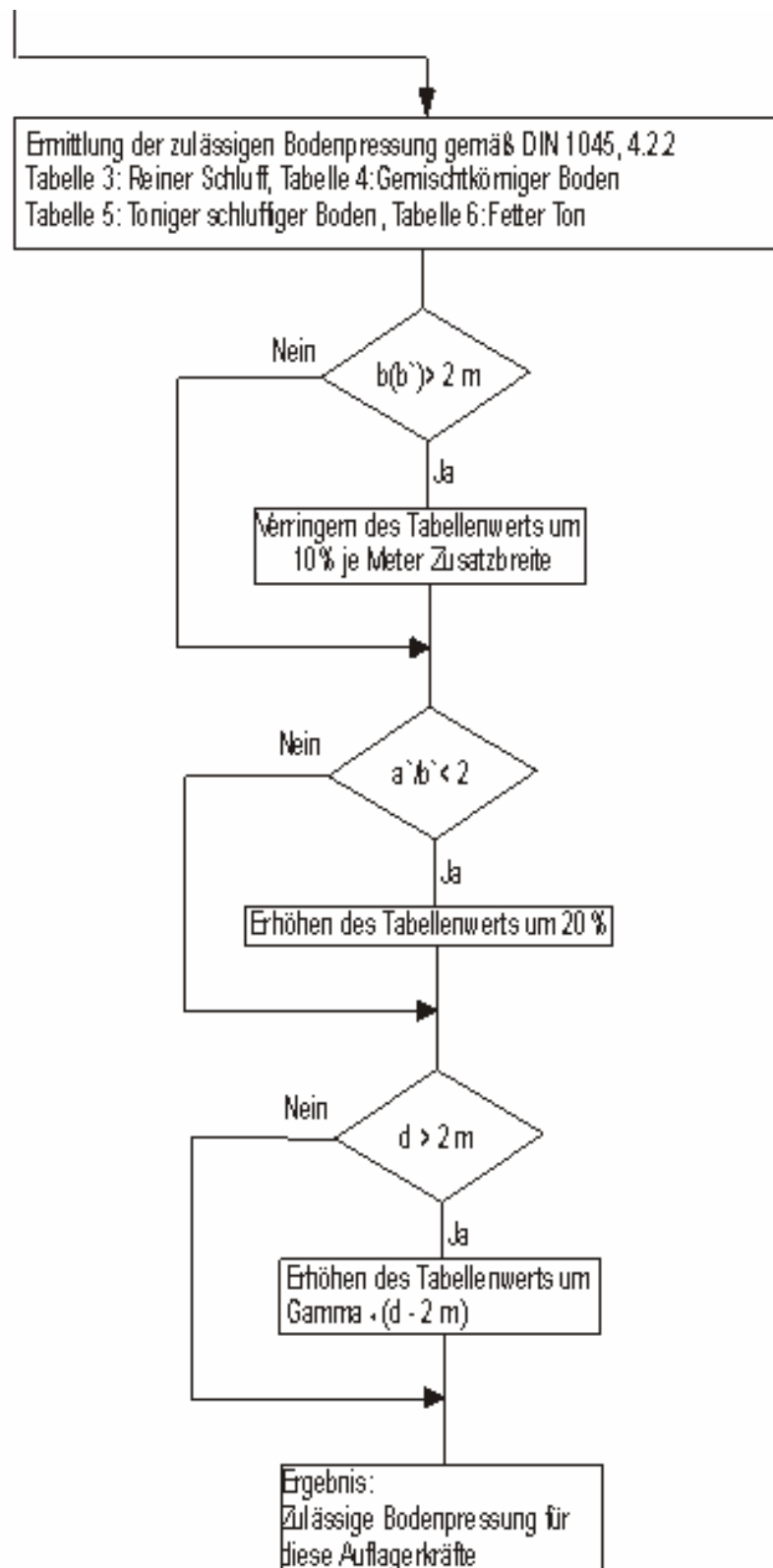
Die zulässigen Bodenpressungen sind für nicht bindige Böden den Tabellen 1 und 2 und für bindige Böden den Tabellen 3, 4, 5 und 6 der DIN 1054 zu entnehmen. Diese zulässigen Bodenpressungen hängen unter anderem von der Einbindetiefe d und der effektiven Breite b' des Fundamentes ab. Diese effektive Breite b' entspricht der kleineren der beiden effektiven Fundamentseitenlängen $\text{eff } x$ bzw. $\text{eff } y$ (Ermittlung sh. weiter unten). Diese effektiven Fundamentseitenlängen hängen von den Auflagerkräften des jeweiligen Lastfalls ab. Dies bedeutet, dass die zulässige Bodenpressung bei jeder Belastung automatisch neu ermittelt werden muß. Bevor näher auf die Ermittlung der zulässigen Bodenpressung eingegangen wird, soll noch einmal auf die Voraussetzung ihrer Verwendung eingegangen werden.

Ein einfacher Regelfall liegt dann vor, wenn:

- Die effektive Fundamentbreite b' darf nicht größer als 5 m sein (DIN 1054, Abs. 4.2.1 bzw. 4.2.2)
- Die Baugrundverhältnisse müssen mindestens bis in eine Tiefe der doppelten effektiven Fundamentbreite b' annähernd gleichmäßig sein und die Geländeoberfläche und die Schichtgrenzen müssen annähernd waagrecht verlaufen (DIN 1054, Abs. 4.2 a)
- Das Fundament wird nicht überwiegend oder regelmäßig dynamisch beansprucht
- Bindige Böden müssen mindestens steife Konsistenz haben (DIN 1054, Abs. 4.2.2) und bei steifer Konsistenz muß die Belastung langsam aufgebracht werden
- Bei bindigen Böden ist dieser Nachweis unzulässig, wenn ein plötzlicher Zusammenbruch des Korngerüsts zu befürchten ist.
- Für nicht bindige Böden sind die Bodenkennwerte gemäß DIN 1054, Abs. 4.2.1 einzuhalten.
- Falls die resultierende Kraft bei nicht bindigen Böden nicht lotrecht zur Fundamentsohle wirkt, darf der vereinfachte Nachweis über die zulässige Bodenpressung nur dann geführt werden, wenn das Verhältnis der resultierenden Horizontalkraft zur Vertikalkraft von $H/V \leq 0.25$ eingehalten ist. Zusätzlich muß eine Einbindetiefe $t \geq 1.4 \cdot b' \cdot H/V$ vorhanden sein (DIN 1054, Abs. 4.2.1).
- Bei nicht bindigen Böden, darf der maßgebende Grundwasserspiegel nur dann höher als die Fundamentsohle liegen, wenn die Einbindetiefe t größer als 0.8 m bzw. b' ist.

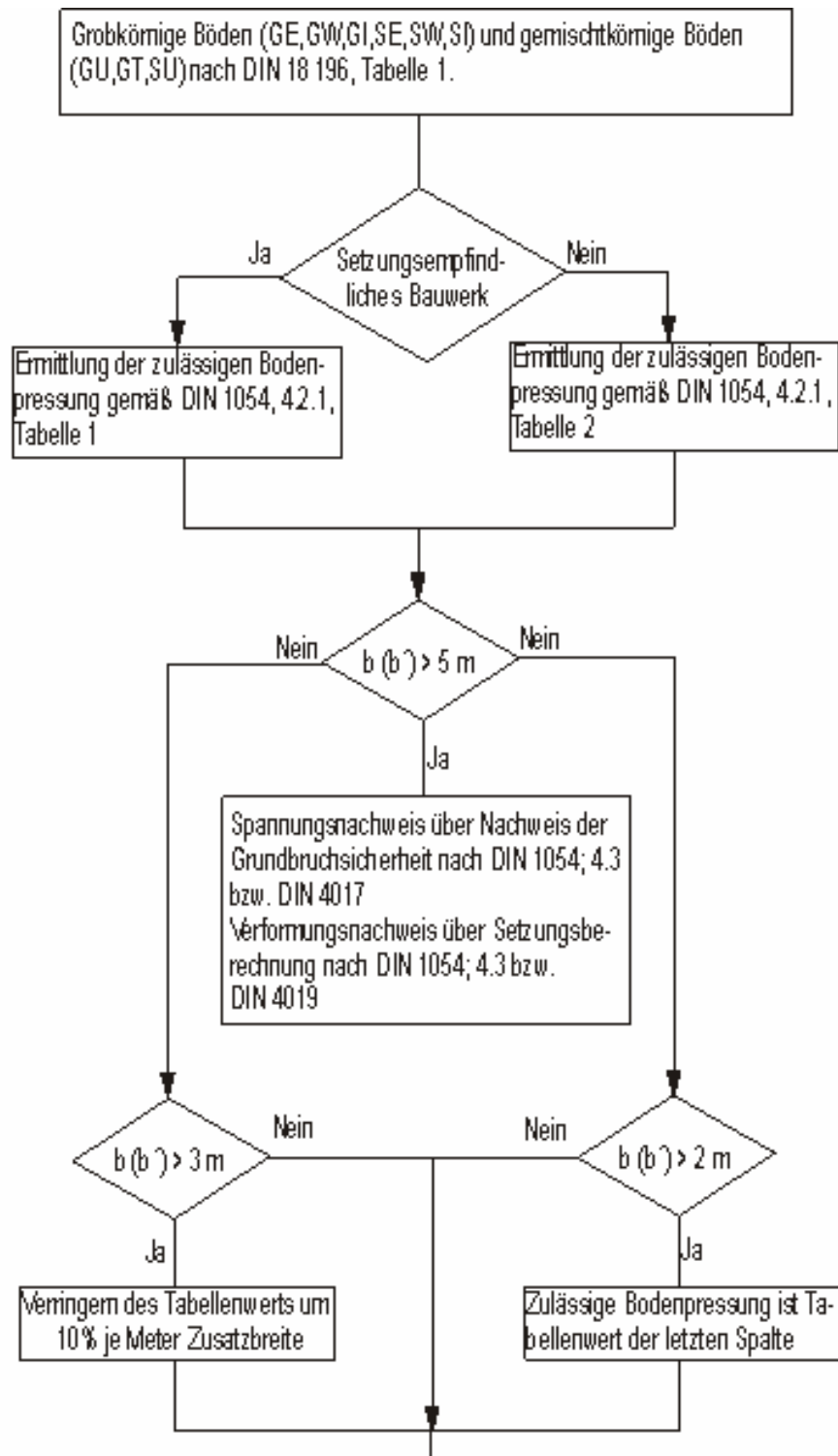
Das folgenden Ablaufdiagramm ist für die Ermittlung der zulässigen Bodenpressung für bindige Böden. Werden die in den Tabellen 3 bis 6 angegebenen Bodenpressungen eingehalten, so ist bei mittiger Belastung mit Setzungen in der Größenordnung von 2 bis 4 cm zu rechnen. Bei außermittigen belasteten Fundamenten treten Verkantungen auf, deren Betrag erforderlichenfalls nachgewiesen werden muß. Bei wesentlicher gegenseitiger Beeinflussung benachbarter Fundamente können sich für die Setzungen größere Werte ergeben.

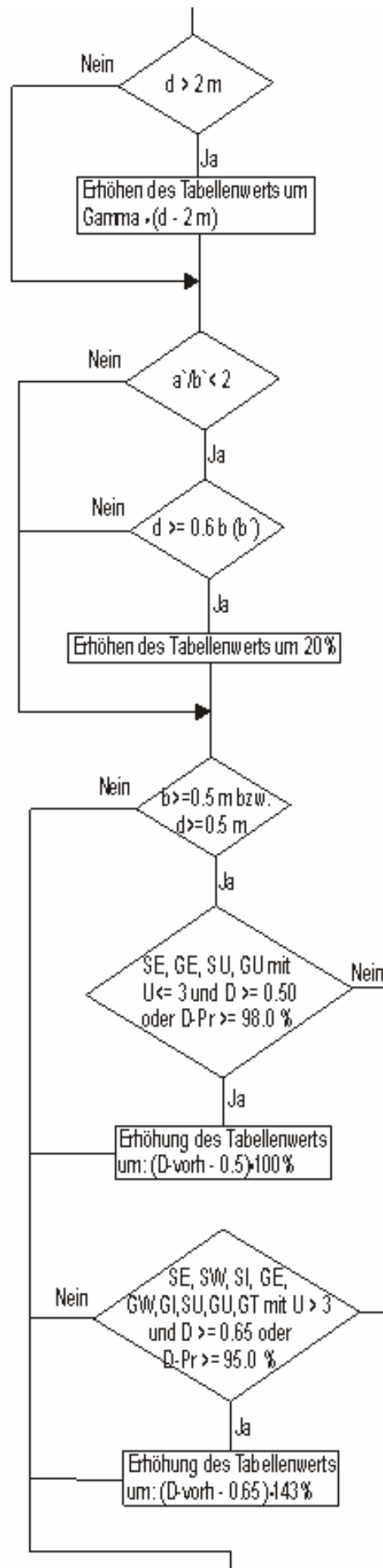


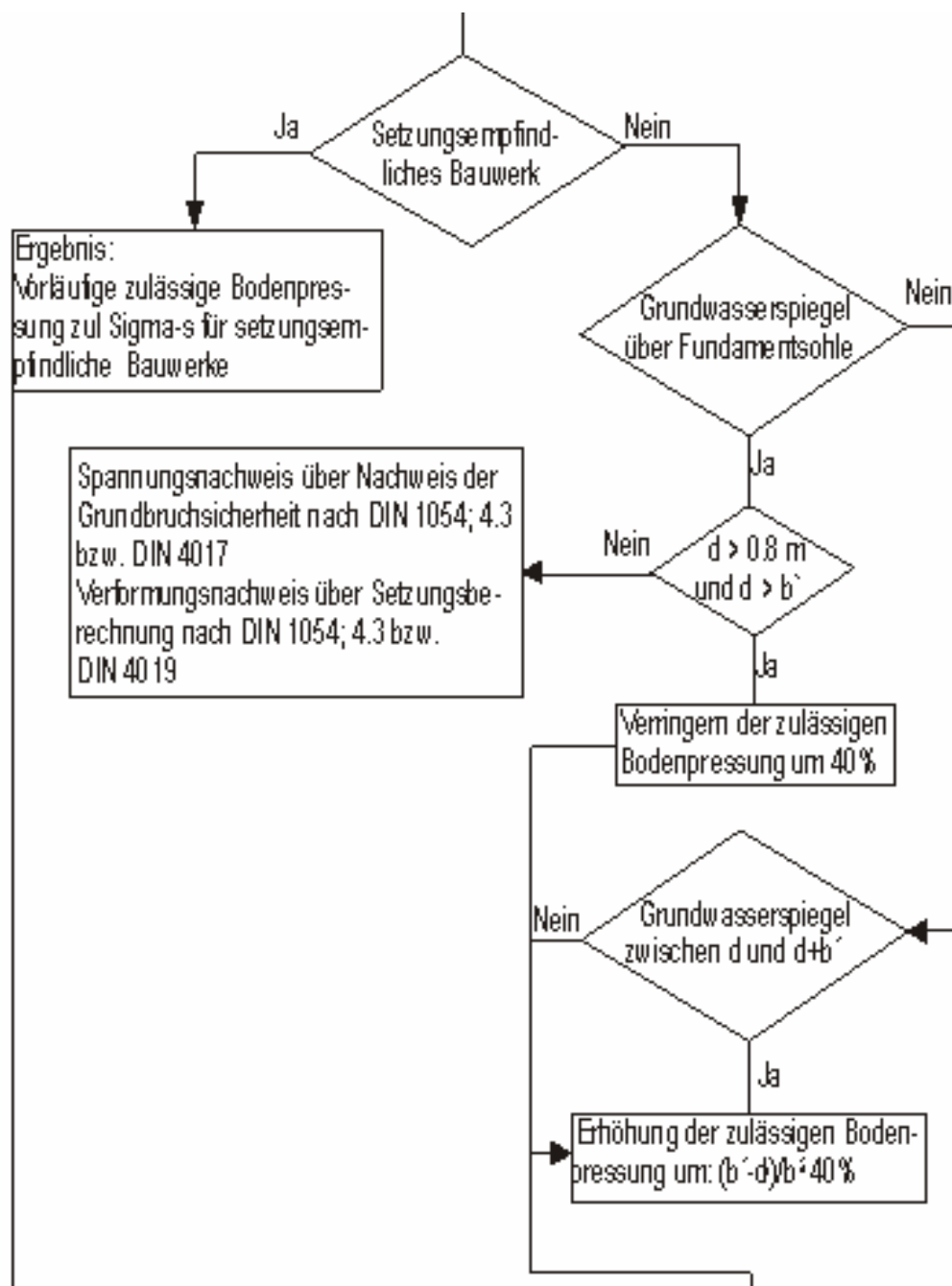


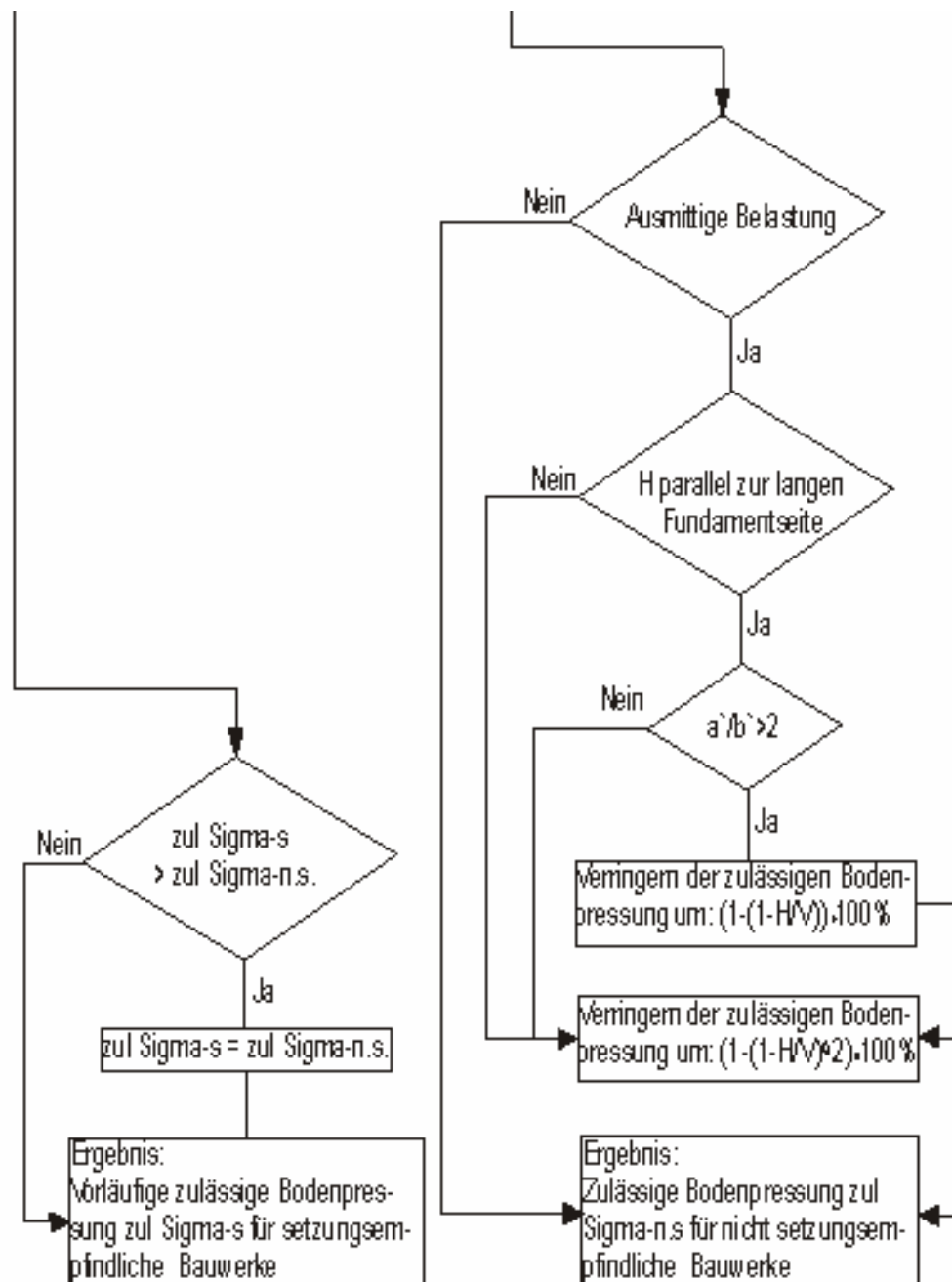


Das nachfolgende Ablaufdiagramm ist für die Ermittlung der zulässigen Bodenpressung für nicht bindige Böden. Zwischenwerte der Tabellen werden hier bei der Ermittlung geradlinig eingeschaltet. Ist die effektive Fundamentbreite b' kleiner als 0.5 m werden die Tabellenwerte hierfür geradlinig extrapoliert. Die in der Tabelle 1 für setzungsempfindliche Bauwerke angegebenen Bodenpressungen können bei Fundamentbreiten bis 1.5 m zu Setzungen von bis zu 1 cm führen. Bei breiteren Fundamenten sind mit Setzungen bis zu 2 cm zu erwarten. Die in der Tabelle 2 für setzungsunempfindliche Bauwerke angegebenen Bodenpressungen können bei Fundamentbreiten bis zu 1.5 m zu Setzungen von circa 2 cm führen, bei breiteren Fundamenten muß mit wesentlich größeren Setzungen gerechnet werden.









Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn die vorhandene Sohldruckspannung auf einer um die doppelte Exzentrizität der Vertikallast verringerten Fundamentaufstandsfläche geringer ist als die zulässige:

$$\sigma_{\text{vorh}} \leq \sigma_{\text{zul}}$$

Formel 5.7



mit:

σ_{vorh} = Vorhandene Sohlnormalspannung

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{\text{res}V_{\text{max}}}{\text{eff}x \cdot \text{eff}y}$$

Formel 5.8

mit:

$$\text{eff}x = x - 2 \cdot |ex|$$

Formel 5.9

$\text{eff}x$ = Effektive Fundamentseitenlänge in x-Richtung

x = Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung

ex = Exzentrizität der maximalen Vertikalkraft in der Sohlfuge in x-Richtung

$$\text{eff}y = y - 2 \cdot |ey|$$

Formel 5.10

$\text{eff}y$ = Effektive Fundamentseitenlänge in y-Richtung

y = Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung

ey = Exzentrizität der maximalen Vertikalkraft in der Sohlfuge in y-Richtung

Die Exzentrizität der maximalen Vertikalkraft errechnet sich nach folgender Formel:

$$e = \frac{\text{res}Ms}{\text{res}V_{\text{max}}}$$

Formel 5.11

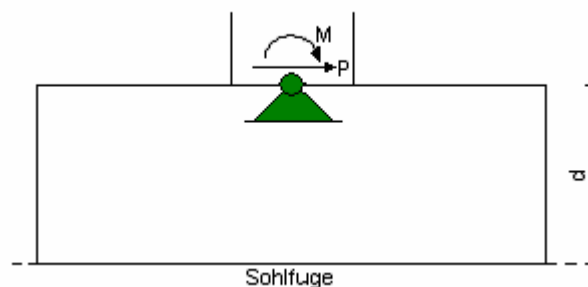
mit:

$\text{res}Ms$ = Resultierendes Moment in der Sohlfuge

$\text{res}V_{\text{max}}$ = Maximale Vertikalkraft in der Sohlfuge

Das resultierende Moment in der Sohlfuge hängt von der Annahme der Lage des Auflagerpunktes ab. Für die einzelnen Anschlussmöglichkeiten zwischen Stütze und Fundamentplatte wurden folgende Annahmen getroffen:

Köcherloses Fundament: und Blockfundament



Auflagerpunkt für köcherloses Fundament und Blockfundament

$$\text{resM}_{sx} = M_y - P_x \cdot d - \sum P \cdot x_p - \sum S \cdot x_s - e_x \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p)$$

Formel 5.12

mit:

M_y = Auflagemoment aus RSTAB mit Momentenvektor in y-Richtung

P_x = Auflagerhorizontalkraft aus RSTAB in x-Richtung

d = Dicke der Fundamentplatte

P = Zusätzlichen Einzellasten

x_p = Abstand der zusätzlichen Einzellast vom Plattenschwerpunkt in x – Richtung

S = Linienschwerpunkt der zusätzlichen Gleichstreckenlast

x_s = Abstand des Linienschwerpunkts der zusätzlichen Gleichstreckenlast vom Plattenschwerpunkt in x- Richtung

e_x = Verschiebung des Plattenschwerpunkts gegenüber dem Auflagerkoordinatensystem

P_z = Auflagerkraft in z-Richtung

G_k = Resultierendes Köchereigengewicht

$R_{\ddot{u}}$ = Resultierende aus Überschüttung im Bereich des Köcheraufstandsfläche

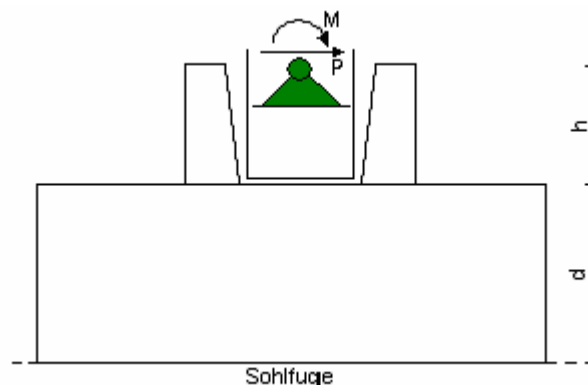
R_p = Resultierende aus Verkehrslast im Bereich der Köcheraufstandsfläche

Angemerkt sei an dieser Stelle, daß der Richtungsindex des resultierenden Moments in der Bodenfuge nicht die Richtung des Momentenvektors angibt, sondern die Richtung der Eisen, die für die aus den Belastungen dieses Momentes bemessen werden. Analog errechnet sich das resultierende Moment für in der Bodenfuge für die Bewehrung in y-Richtung:

$$\text{resM}_{sy} = M_x + P_y \cdot d + \sum P \cdot y_p + \sum S \cdot y_s + e_y \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p)$$

Formel 5.13

Köcherfundamente mit rauer und glatter Köcherinnenwand



Auflagerpunkt Köcherfundament

$$\text{resM}_{sx} = M_y - P_x \cdot (d + h) - \sum P \cdot x_p - \sum S \cdot x_s - e_x \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p)$$

$$\text{resM}_{sy} = M_x + P_y \cdot (d + h) + \sum P \cdot y_p + \sum S \cdot y_s + e_y \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p)$$

Formel 5.14

mit:



h = Höhe des Kőchers

Nachweis der Sicherheit gegen Kippen

Der Nachweis der Sicherheit gegen das Kippen gemäß DIN 1054 – Abs. 4.1.3 des Fundamentes wird über einen Vergleich zwischen der vorhandenen Gesamtausmitte und der zulässigen Ausmitte geführt. Dabei muss gelten:

$$\text{vorhe} \leq \text{zule}$$

Formel 5.15

mit:

vorhe = vorhandene Gesamtausmitte

zule = zulässige Ausmitte

Diese beiden Ausmitten hängen davon ab, aus welcher Belastung sie herrühren. Dabei unterscheidet die DIN 1054 zwei unterschiedliche Lastfälle:

- Lf H: Ständige Lasten
- Lf Hz: Gesamtlast

Vorhandene und zulässige Ausmitte des Lf H

$$\text{Zulässige Ausmitte : } \text{zule} = \frac{1}{6}$$

$$\text{Vorhandene Gesamtausmitte : } \text{vorhe} = \frac{e_x}{x} + \frac{e_y}{y}$$

Formel 5.16

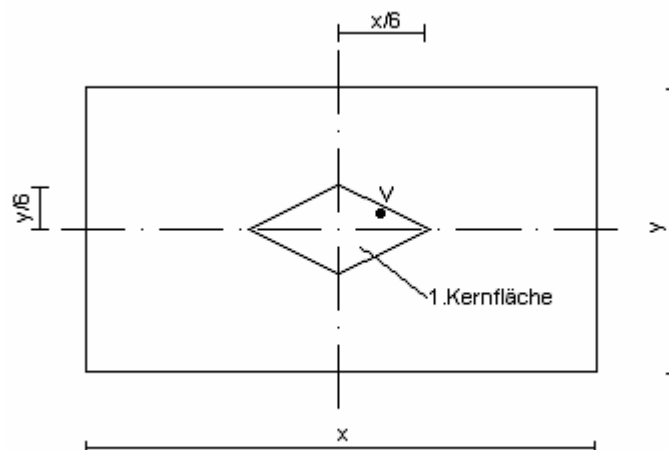
mit:

e_x = Exzentrizität der resultierenden Vertikalkraft in der Sohlfuge in x-Richtung

x = Längenausdehnung der Fundamentplatte in Richtung

e_y = Exzentrizität der resultierenden Vertikalkraft in der Sohlfuge in y-Richtung

y = Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung



1. Kernfläche

Bildhafter lässt sich die zulässige Gesamtausmitte bei zweiachsiger Biegung der Fundamentplatte als rautenförmige 1.Kernfläche darstellen. Befindet sich die resultierende Vertikalkraft innerhalb dieser 1.Kernfläche so tritt keine klaffende Fuge auf.

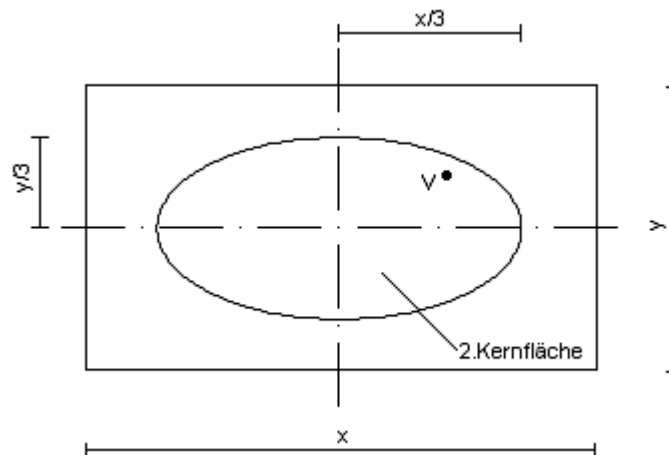
Vorhandene und zulässige Ausmitte des Lf Hz

$$\text{Zulässige Ausmitte : } zule = \frac{1}{9}$$

$$\text{Vorhandene Gesamtausmitte : } vorhe = \left(\frac{ex}{x} \right)^2 + \left(\frac{ey}{y} \right)^2$$

Formel 5.17

Darstellen lässt sich die zulässige Gesamtausmitte bei zweiachsiger Biegung der Fundamentplatte im Lastfall Hz als ellipsenförmige 2.Kernfläche. Befindet sich die resultierende Vertikalkraft innerhalb der zweiten Kernfläche, so tritt unter Gesamtlast maximal eine klaffende Fuge bis zum Schwerpunkt der Sohlfläche ein.



2.Kernfläche

Die Exzentrizitäten ex und ey in die jeweilige Richtung errechnen sich für beide Lastfälle nach folgender Formel:

$$e = \frac{resMs}{resV_{min}}$$

Formel 5.18

mit:

$resMs$ = Resultierendes Moment in der Sohlfuge

$resV_{min}$ = Resultierende Vertikalkraft in der Sohlfuge

Das Moment in der Bodenfuge errechnet sich auf die gleiche Weise wie beim Nachweis der Grundbruchsicherheit.

Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Der Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten gemäß DIN 1054 – Abs. 4.1.3.3 ist dann erbracht, wenn die vorhandene Sicherheit gegen Gleiten größer ist bzw. gleich wie die erforderliche ist:



$$\text{vorh } \eta_g \geq \text{erf } \eta_g$$

Formel 5.19

vorh η_g = vorhanden Sicherheit gegen Gleiten

erf η_g = erforderliche Sicherheit gegen Gleiten

Die vorhandene Sicherheit gegen das Gleiten des Fundamentkörpers lässt sich auf zweierlei Arten bestimmen:

- ohne Berücksichtigung des seitlichen Erdwiderstandes
- mit Berücksichtigung des seitlichen Erdwiderstandes

Vorhandene Gleitsicherheit ohne Berücksichtigung des seitlichen Erdwiderstandes

Die vorhandene Gleitsicherheit errechnet sich aus dem Quotienten, der dem Gleiten entgegenwirkenden Sohlwiderstandskraft geteilt durch die resultierenden Horizontalkräfte:

$$\eta_g = \frac{S}{\text{res}P}$$

Formel 5.20

mit:

resP = Resultierende Horizontalkraft

$$= \sqrt{(P_x^2 + P_y^2)}$$

P_x = Horizontalkraft aus RSTAB in x-Richtung

P_y = Horizontalkraft aus RSTAB in y-Richtung

S = Sohlwiderstandskraft

Die Sohlwiderstandskraft S ermittelt sich zu:

$$S = \text{res}V_{\min} \cdot \tan \delta_s$$

Formel 5.21

mit:

res V_{\min} = Minimale resultierende Vertikalkraft

$$\text{res}V_{\min} = P_z + V_{\text{auf}}$$

δ_s = Sohlreibungswinkel

Der Sohlreibungswinkel δ_s ermittelt sich mit Hilfe von Erfahrungswerten für Ortbetonfundamente und Fertigteilfundamente unterschiedlich aus dem Bodenschwink:

Vorhandene Gleitsicherheit mit Berücksichtigung des seitlichen Erdwiderstandes

Die vorhandene Gleitsicherheit errechnet sich auf die gleiche Art und Weise, jedoch wird die Widerstandsseite um den stützenden Erddruck $E'p$ erweitert:

$$\eta_g = \frac{S + E'p}{\text{res}P}$$

Formel 5.22

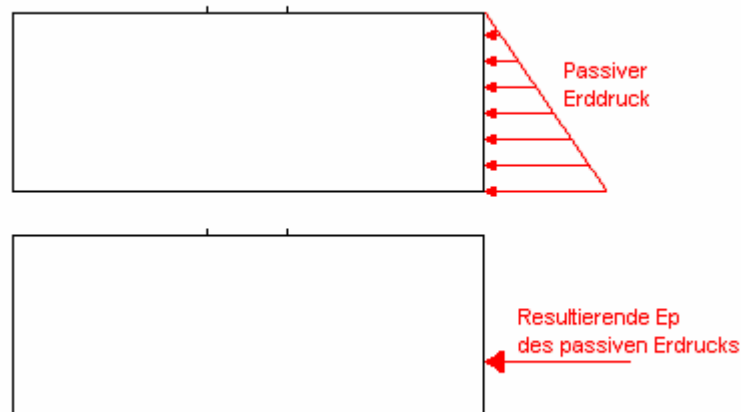
Bei der Ermittlung der stützenden Erdwiderstandes muss zwischen zwei Fällen unterschieden werden:

Fall 1: Es wirkt entweder eine Horizontalkraft in x- oder in y-Richtung

Dieser rechnerisch maximal ansetzbare stützende Erddruck $E'p$ ermittelt sich aus der Resultierenden des passiven Erddrucks E_p :

$$E'p = 0.5 \cdot E_p$$

Formel 5.23



Passiver Erddruck

Der passive Erddruck E_p ermittelt sich für die verschiedenen Richtungen aus folgenden Formeln:

$$E_{px} = \gamma \cdot \frac{d^2}{2} \cdot K_{pgh} \cdot y$$

Formel 5.24

mit:

- γ = Bodendichte
- d = Höhe der Fundamentplatte
- K_{pgh} = Erddruckbeiwert
- y = Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung

$$E_{py} = \gamma \cdot \frac{d^2}{2} \cdot K_{pgh} \cdot x$$

Formel 5.25

mit:

- x = Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung

Der Erddruckbeiwert K_{pgh} ermittelt sich mit Hilfe des vorher vom Benutzer vorgegebenen Bodenschwinkels ω und Wandreibungswinkel δ aus folgender Tabelle:

	δ	ω in °										
		15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40
K_{pgh}	0	1,70	1,86	2,04	2,24	2,46	2,72	3,00	3,32	3,69	4,11	4,60

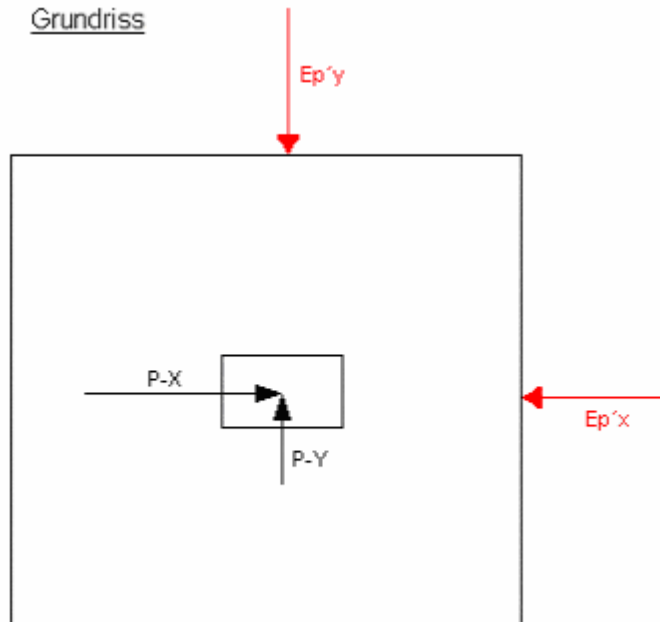


- 1/3δ	1,88	2,11	2,37	2,67	3,03	3,45	3,96	4,59	5,36	6,34	7,59
- 2/3δ	2,04	2,32	2,66	3,06	3,56	4,17	4,94	5,93	7,20	8,89	11,16
-δ	2,17	2,50	2,91	3,41	4,03	4,82	5,84	7,18	8,96	11,37	14,70

Tab.: **Erddruckbeiwerten für $\alpha=\beta=0$** (Passiver Erddruck nach Pregl)

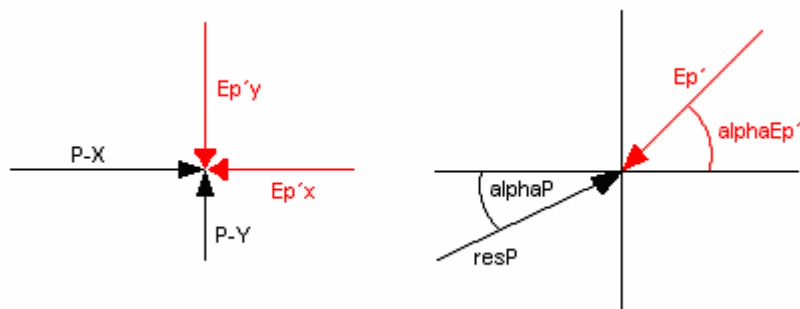
Fall 2: Es wirkt eine Horizontalkraft in x- und in y-Richtung

Grundriss



Resultierende des passiven Erdrucks

Aus den Aktions- und Reaktionskräften lassen sich jeweils die Resultierenden mit Betrag und Richtung bilden:



Vektorzerlegung

$$E_p' = \sqrt{(E_p' y^2) + (E_p' x^2)}$$

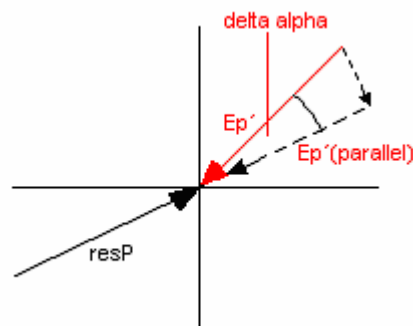
$$\text{resP} = \sqrt{(P_x^2) + (P_y^2)}$$

$$\alpha_p = \arctan\left(\frac{P_y}{P_x}\right)$$

$$\alpha_{E_p} = \arctan\left(\frac{E_p' y}{E_p' x}\right)$$

Formel 5.26

Als nächstes muss jener Kraftanteil des ansetzbaren, resultierenden, passiven Erddrucks bestimmt werden, der richtungsgleich ist mit der Resultierenden der angreifenden Horizontalkräfte. Dieser Kraftanteil wird mit $E_p'(\text{parallel})$ bezeichnet.



Differenzwinkel zwischen der rechnerisch ansetzbaren Resultierenden des passiven Erddrucks und ihrem zur resultierenden Horizontalkraft richtungsgleichen Anteil

Um ihn bestimmen zu können ist der Differenzwinkel $\delta \alpha$ als Neigungsunterschied der Resultierende aus angreifenden Horizontalkräften und ansetzbaren passiven Erddruckresultierenden zu bestimmen. Der Differenzwinkel $\delta \alpha$ errechnet sich zu:

$$\delta \alpha = |\alpha_p - \alpha_{E_p}|$$

Formel 5.27

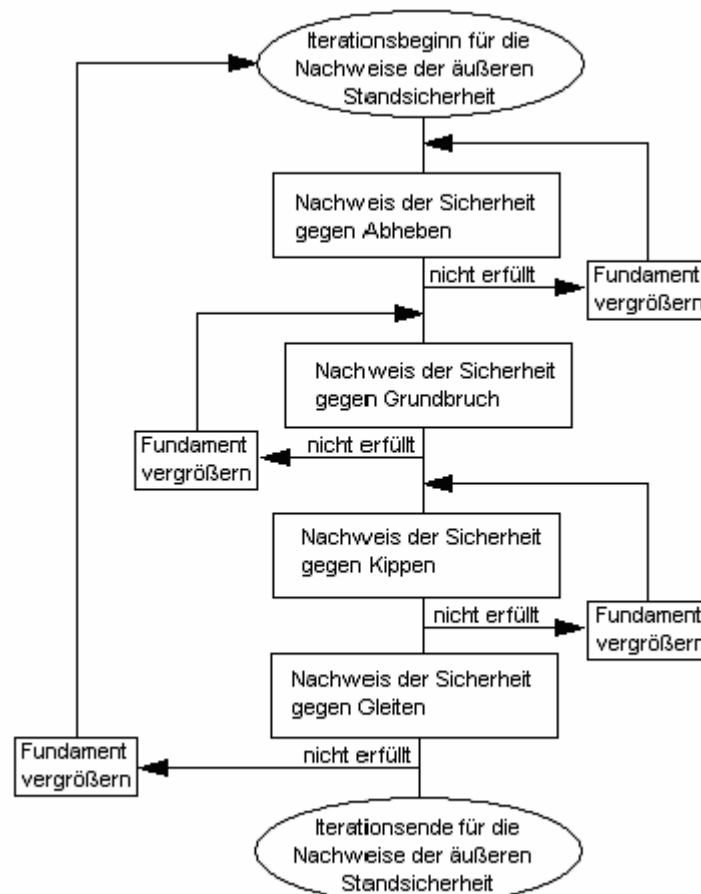
Der Kraftanteil $E_p'(\text{parallel})$ wird dann mit folgender Formel bestimmt:

$$E_p'(\text{parallel}) = E_p' \cdot \cos(\delta \alpha)$$

Formel 5.28

Reihenfolge der Nachweise der äußeren Standsicherheit und Prinzip der Auslegung

Die unten abgebildete Grafik beschreibt anschaulich die Anordnung der Nachweise und das Prinzip der Auslegung.



Programmablauf zum Nachweis der äußeren Standsicherheit

Folgt man dem Lauf der Pfeile des Flussdiagramms so ist zu erkennen, dass nach dem Prüfen des Nachweises der Sicherheit gegen Abheben dieser erfüllt sein muss, ehe zum nächsten Nachweis fortgeschritten werden kann. Dies trifft auf die ersten drei Nachweise zu. Ist der vierte Nachweis (Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten) nicht erfüllt, so werden nach dem Vergrößern des Fundamentes die ersten drei Nachweise wiederholt. Die Begründung liegt in der Art der Vergrößerung der Fundamentplatte zur Erfüllung des Nachweises der Gleitsicherheit. Um diesen Nachweis zu erfüllen, kann es durch den Benutzer vorgegeben werden, die Höhe des Fundamentes zu vergrößern, um erstens das Eigengewicht zu erhöhen und zweitens möglicherweise den ansetzbaren passiven Erddruck. Diese Vergrößerung bedeutet eine Erhöhung des Abstandes zwischen der Horizontalkräften auf der Oberseite des Fundaments und der Fundamentsohle, woraus sich ein größeres Moment in der Bodenfuge ergeben kann. Dieses größere Moment kann zur Folge haben, dass die Nachweise der Grundbruchsicherheit und der Kippsicherheit trotz des, sich durch die Fundamenterhöhung ergebenden, vergrößerten Eigengewicht nicht mehr erfüllt sind, so dass eine abermalige Auslegung bis zur Erfüllung dieser Nachweise notwendig wird. Auch wenn zur Erfüllung des Nachweises der Gleitsicherheit nicht die Fundamentdicke vergrößert wird, sondern ausschließliche ein oder mehrere Fundamentseiten verlängert werden, ist es sinnvoll die vorherigen Nachweise zu überprüfen, da durch die Vergrößerung der Fundamentplatte eventuell zusätzliche Einzel- und Gleichstreckenlasten berücksichtigt werden müssen, die die bisherigen Nachweise scheitern lassen mögen.

Was im oberen Abschnitt bereits angesprochen wurde, ist die Möglichkeit des Programms auf verschiedene Arten das Fundament bis zur Erfüllung eines Nachweises zu vergrößern. Dies bedeutet, dass mit jener Iterationsweise vergrößert werden, die unter den gegebenen Belastungen ein möglichst wirtschaftliches Fundament liefert.

Die verschiedenen Iterationsweisen bis zur Erfüllung der jeweiligen Nachweise sollen als nächstes vorgestellt werden.



Vergrößerung des Fundamentes zum Nachweis der Sicherheit gegen Abheben

Um diesen Nachweis erfüllen zu können muss das Eigengewicht der Fundamentplatte erhöht werden. Dies kann geschehen durch:

- Erhöhen der Fundamentdicke d
- Erhöhen der Längenausdehnung des Fundaments in x-Richtung
- Erhöhen der Längenausdehnung des Fundaments in y-Richtung

Es werden vom Programm ausschließlich die Fundamentseiten in x- und y-Richtung vergrößert, da sich ihre Vergrößerung ausschließlich vorteilhaft auf die nachfolgenden Nachweise auswirkt. Dies ist nicht von einer Vergrößerung der Fundamentdicke zu behaupten, da ihre Schwerkraft erhöhende Wirkung durch eine zusätzlichen Auftrieb bei weiterem Eintauchen in das Grundwasser teilweise wieder kompensiert werden könnte. Die Vergrößerung ist für beide Fundamentlängen gleich.

$$\Delta x = 1 \text{ cm}$$

$$\Delta y = 1 \text{ cm}$$

Vergrößerung des Fundamentes zum Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch und Kippen

Diese möglichen Vergrößerungen werden vom Benutzer unter Details der Maske 1.2 Geometrie ausgewählt. Es stehen folgende Arten der Vergrößerung zu Verfügung:

- Vergrößern der Längenausdehnung der Fundamentplatte in x- und y-Richtung im Verhältnis der Exzentrizitäten
- Vergrößern der Längenausdehnung der Fundamentplatte in x- und y-Richtung im Verhältnis des Iterationsbeginns
- Vergrößern der Längenausdehnung der Fundamentplatte in x- und y-Richtung um einen konstanten Wert
- Vergrößern der Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung, wobei die vom Benutzer vorgegebene Seitenlänge in y-Richtung unverändert bleibt
- Vergrößern der Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung, wobei die vom Benutzer vorgegebene Seitenlänge in x-Richtung unverändert bleibt

Im weiteren soll auf die Einzelheiten, sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Fundamentplattenvergrößerung in ihrer oben angegebenen Reihenfolge eingegangen werden.

Vergrößern im Verhältnis der Exzentrizität (-en)

Die Vergrößerung der Fundamentseite in die jeweilige Richtung errechnet sich zu:

$$\Delta x = \left| \frac{e_x}{10 \cdot x} \right|$$

Formel 5.29

mit:

ex = Lastausmitte der jeweils maßgebenden resultierenden Vertikallast des Grundbruch- bzw. Kippsicherheitsnachweis

x = Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung

$$\Delta y = \left| \frac{e_y}{10 \cdot y} \right|$$

Formel 5.30



mit:

e_y = Lastausmitte der jeweils maßgebenden resultierenden Vertikallast des Grundbruch- bzw. Kippsicherheitsnachweis

y = Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung

Ist die Ausmitte ungleich Null und ergeben sich für die Vergrößerung delta kleiner Werte als 1 cm, so wird mindestens um diesen 1 cm vergrößert. Gleiches gilt, wenn beide Exzentrizitäten Null sind.

Vorteil dieser Art der Auslegung ist, daß sie zu den Fundamenten mit dem geringsten Betonbedarf führen wird.

Nachteil dieser Art der Auslegung sind die, als willkürlich erscheinen mögenden, Fundamentplattenabmessungen. Dieser Nachteil lässt sich durch das Verändern der Fundamentplattenabmessungen durch den Benutzer und dem abermaligen Nachweisen durch das Programm vollständig kompensieren.

Wichtig ist es in diesem Zusammenhang zu wissen, dass eine der Grundvoraussetzungen für die Gültigkeit der vom Programm geführten Nachweise ist, daß es sich um ein gedrungenes Fundament handelt. Um diese Fundamenteigenschaften gewährleisten zu können, wird sie nach jeder Fundamentseitenlängenvergrößerung über einen Vergleich des Verhältnisse von längerer zur kürzerer Fundamentseite geprüft. Dabei gibt der Benutzer über das, vom ihm angegebenen, maximale Verhältnis von längerer zu kürzerer Fundamentseite vor, wann die Gedrungenheit nicht mehr gegeben ist. Sollte die Vergrößerung nun zu einem zu schmalen Fundament geführt haben, wird die Vergrößerung beider Fundamentseiten wie folgt bestimmt:

$$\text{deltax} = \left| \frac{x}{50} \right|$$

$$\text{deltay} = \left| \frac{y}{50} \right|$$

Formel 5.31

Auch bei den folgenden Arten der Auslegung wird stets das Vorhandensein eines gedrungenes Fundamentes kontrolliert und gegebenenfalls die Vergrößerung entsprechend korrigiert.

Vergrößern im Verhältnis des Iterationsbeginns

Die Vergrößerung der Fundamentseite in die jeweilige Richtung errechnet sich zu:

$$\text{deltax} = \left| \frac{x_1}{50} \right|$$

Formel 5.32

mit:

x_1 = Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung vor Iterationsbeginn

$$\text{deltay} = \left| \frac{y_1}{50} \right|$$

Formel 5.33

mit:

y_1 = Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung vor Iterationsbeginn



Vorteil dieser Art der Auslegung ist, dass das vom Benutzer gewünschte Seitenverhältnis beibehalten wird.

Nachteil sind die unwirtschaftlicheren Fundamente gegenüber der ersten Auslegung.

Vergrößerung um einen konstanten Wert

Die Vergrößerung der Fundamentseite in die jeweilige Richtung ergeben sich zu:

$$\text{deltax} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{deltay} = 1 \text{ cm}$$

Vorteil dieser Art der Auslegung ist, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu den meisten anderen Fundamentprogrammen, die ausschließlich auf diese Art und Weise auslegen, gegeben ist.

Nachteil sind die unwirtschaftlicheren Fundamente gegenüber der ersten Auslegung.

Ausschließliches Vergrößern der Seitenlänge in x-Richtung

Die Vergrößerung der Fundamentseite in die jeweilige Richtung ergeben sich zu:

$$\text{deltax} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{deltay} = 0 \text{ cm}$$

Vorteil dieser Art der Auslegung ist, die Ausdehnung der Fundamentplatte in eine Richtung aus beispielsweise baulichen Zwängen möglichst klein gehalten werden kann.

Nachteil sind die möglicherweise sehr unwirtschaftlicheren Fundamente gegenüber der ersten Auslegung, da es bei der Iteration zu einer Auslegung in eine Richtung kommt, deren einziger Vorteil die Zunahme des Fundamenteigengewichts ist. Dieser Nachteil kann teilweise durch Kontrolle der Einhaltung der Fundamentgedrungenheit kompensiert werden.

Ausschließliches Vergrößern der Seitenlänge in y-Richtung

Die Vergrößerung der Fundamentseite in die jeweilige Richtung ergeben sich zu:

$$\text{deltax} = 0 \text{ cm}$$

$$\text{deltay} = 1 \text{ cm}$$

Vor- und Nachteile siehe vorherige Auslegungsart.

Vergrößerung des Fundamentes zum Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Auch diese möglichen Vergrößerung werden vom Benutzer unter Details der Maske 1.2 Geometrie ausgewählt. Es stehen folgende Arten der Vergrößerung zu Verfügung:

- Verlängern der Seit (-en) deren passiver Erddruck aktiviert wird
- Vergrößern der Fundamenthöhe
- Vergrößern der Fundamentseite im vom Benutzer vorgegebenen Verhältnis zwischen Fundamentseitenverlängerung und Fundamenthöhenvergrößerung

Im weiteren wird abermals auf die Einzelheiten, sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Fundamentplattenvergrößerung in ihrer oben angegebenen Reihenfolge eingegangen.

Verlängern der Fundamentseite

Zunächst wird geprüft, ob eine Horizontalkraft vorhanden ist, die zu einer Aktivierung des passiven Erddrucks führen könnte. Ist dies der Fall wird die Fundamentseite, auf die dieser passive Erddruck nach seiner Aktivierung wirkt, um folgenden Betrag verlängert:



$$\text{deltax} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{deltay} = 1 \text{ cm}$$

Vorteil dieser Art der Auslegung ist, dass wiederum gezielt jene Fundamentabmessung vergrößert wird, deren Vergrößerung eine schnellstmögliche Erfüllung des Nachweises verspricht.

Nachteil sind die willkürlich gewählten Fundamentabmessungen.

Angemerkt sei an dieser Stelle, daß sobald sich der Benutzer durch Eingabe dazu entschieden hat, den passiven Erddruck beim Nachweis der Gleitsicherheit unberücksichtigt zu lassen, beide Fundamentseiten um den gleiche Betrag von einem Zentimetern vergrößert werden.

Vergrößerung der Fundamenthöhe

Die Vergrößerung der Fundamenthöhe ergibt sich zu:

$$\text{deltad} = 1 \text{ cm}$$

Vorteil dieser Auslegung ist, daß auf bauliche Zwänge die eine horizontale Ausdehnung des Fundaments verhindern, Rücksicht genommen werden kann.

Nachteil sind möglicherweise sehr unwirtschaftliche Fundamente, eine Erhöhung der Fundamenthöhe zu abermaligen Auslegung für Grundbruchsicherheit und Kippsicherheit führen kann.

Vergrößern von Fundamenthöhe und –seite im vom Benutzer angegebenen Verhältnis

Zunächst wird wieder geprüft, für welche Richtung Horizontalkräfte vorliegen, die den passiven Erddruck aktivieren können. Die entsprechende Fundamentseite, aber auch die Fundamenthöhe werden dann so vergrößert:

$$\text{deltax} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{deltay} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{deltad} = \text{Verh.} \cdot 1 \text{ cm}$$

mit:

Verh. = Das vom Benutzer vorgegebene Verhältnis zwischen der Fundamentseitenlänge und der Fundamenthöhe

Vorteil ist, dass Fundamentabmessungen individuell gestaltet werden und so die möglicherweise wirtschaftlichste Lösung gefunden werden kann.

Nachteil sind die Nachteile, die immer mit der Erhöhung des Fundaments einhergehen, sowie die willkürlich gewählt erscheinenden Fundamentabmessungen.

Lage der Fundamentplatte

Egal um welche Art der Fundamentplattenvergrößerung es sich handelt, ist die Lage der Fundamentplatte bei Fundamenten mit zentrischer Stütze stets mittig unter dieser. Bei Fundamenten mit exzentrischer Stützenstellung wird bei jeder Vergrößerung der Fundamentplatte die Exzentrizität gleich gelassen.

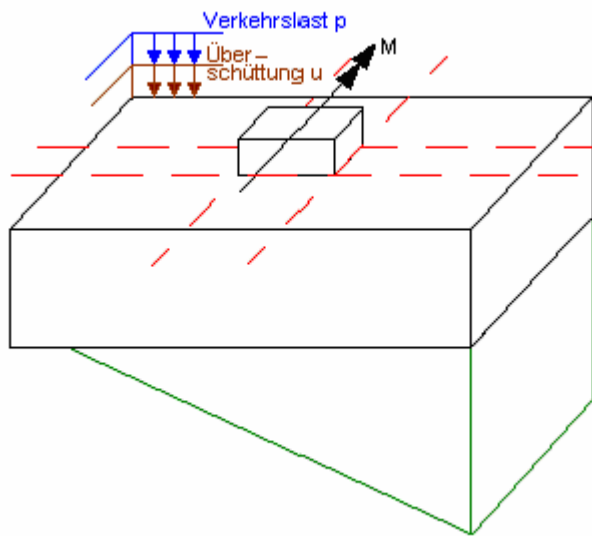
5.3.2 Ermittlung der Bemessungsmomente

Bei bewehrten Fundamenten müssen die Bemessungsmomente für die Biegebewehrung der Platte aus der Bodenpressung ermittelt werden. Es lassen sich zwei Bemessungsmomentenpaaren unterscheiden:

- Bemessungsmomentenpaar für die untere Plattenbewehrung
- Bemessungsmomentenpaar für die obere Plattenbewehrung

Dieses Bemessungsmomentpaar besteht aus den Bemessungsmomenten für die jeweilige Bewehrung in Richtung der Hauptachsen des Auflagerkoordinatensystems.

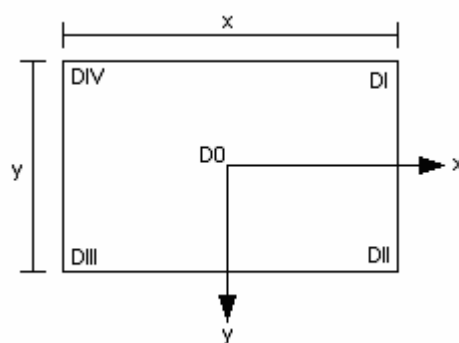
Bemessungsmomentpaar für die untere Plattenbewehrung



Ermittlung der Bemessungsmomente

Die oben dargestellte Abbildung zeigt ein einfach belastetes Fundament. Unterhalb des Fundamentkörpers stellt sich eine gradlinige Spannungsverteilung ein. Mit dem leistungsfähigen Berechnungskern dieses Programms wird dafür gesorgt, dass selbst bei zweiachsiger Ausmitte der resultierenden Vertikalkraft außerhalb der 1.Kernweite die exakte Spannung unter den vier Eckpunkten des Fundaments sowie in Fundamentmitte und gegebenenfalls der Verlauf einer klaffenden Fuge durch Angabe ihrer Anfangs- und Endkoordinaten bestimmt wird.

Um sich eine klare Vorstellung machen zu können, wo sich welche Druckspannung ausbildet, werden für die fünf Druckpunkte Bezeichnungen eingeführt und ihre relative Lage zum Auflagerkoordinatensystem angegeben.



Druckpunkte

Druckpunkt	x-Koordinate	y-Koordinate
DI	$x/2$	$-y/2$
DII	$x/2$	$y/2$
DIII	$-x/2$	$y/2$
DIV	$-x/2$	$-y/2$



D0	0	0
-----------	---	---

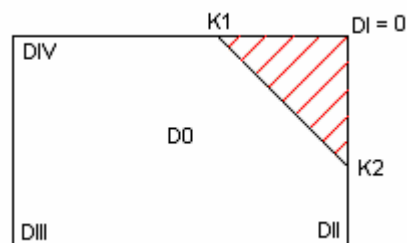
Der Lage der klaffenden Fuge wird durch folgende Koordinaten beschrieben :

	x-Koordinate	y-Koordinate
Anfangspunkt	xK1	yK1
Endpunkt	xK2	yK2

Folgende 9 Fälle sind beim Verlauf der klaffenden Fuge denkbar:

Fall 1:

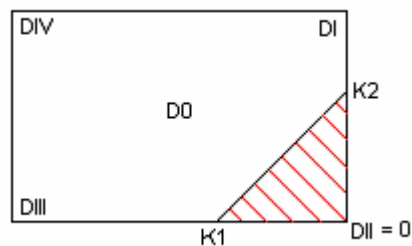
Ausschließlich die Druckspannung unterhalb des Druckpunktes DI ist Null.



D1

Fall 2:

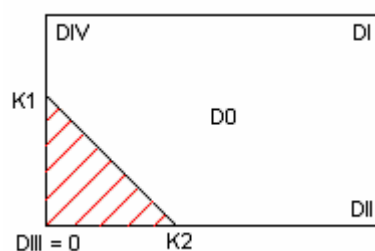
Ausschließlich die Druckspannung unterhalb des Druckpunktes DII ist Null.



D2

Fall 3:

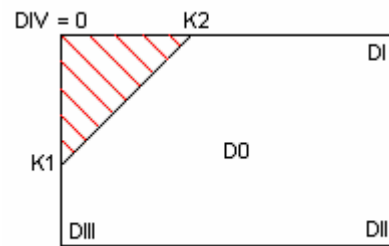
Ausschließlich die Druckspannung unterhalb des Druckpunktes DIII ist Null.



D3

Fall 4:

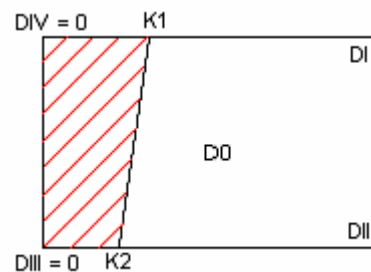
Ausschließlich die Druckspannung unterhalb des Druckpunktes DIV ist Null.



D4

Fall 5:

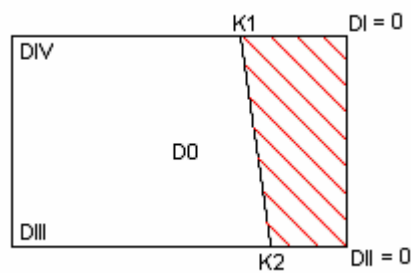
Die Druckspannungen unterhalb der Druckpunkte DIII und DIV sind Null.



D5

Fall 6:

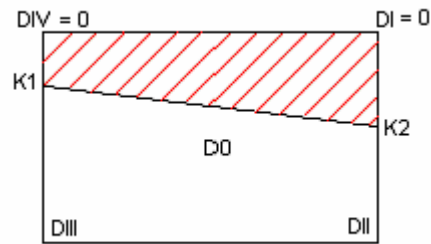
Die Druckspannungen unterhalb der Druckpunkte DI und DII sind Null.



D6

Fall 7:

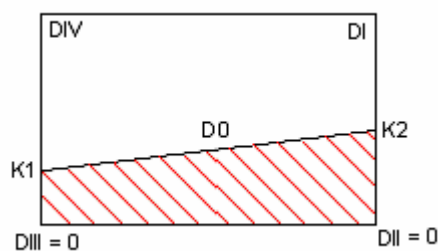
Die Druckspannungen unterhalb der Druckpunkte DI und DIV sind Null.



D7

Fall 8:

Die Druckspannungen unterhalb der Druckpunkte D'II und D'III sind Null.

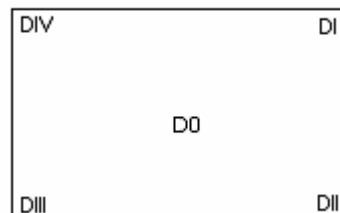


D8

Fall 9:

Die Druckspannungen unterhalb sämtlichen Druckpunkten ist größer als Null, es stellt sich keine klaffende Fuge ein

Keine klaffende Fuge

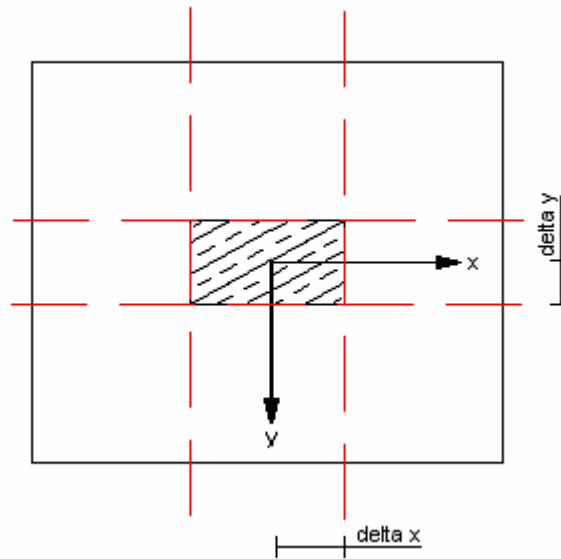


D9

Sobald die Verteilung der Spannung unterhalb des Fundamentkörpers bekannt ist, kann mit der Bestimmung der Bemessungsmomente für die untere Plattenbewehrung in x- und y-Richtung begonnen werden.

Dazu sind sogenannte Bemessungsschnitte erforderlich, die von Art des Anschlusses der Stütze an die Fundamentplatte abhängen. Für die einzelnen Anschlussarten werden vom Programm automatisch folgende Bemessungsschnitte festgelegt:

Stütze ohne Köcher oder Blockfundament



Bemessungsschnitt entlang der Stützenaußenseite

Die Bemessungsschnitte werden hierzu an den Außenseiten der Stütze entlang geführt.

Damit ergeben sich die Abstände delta x bzw. delta y der jeweiligen Bemessungsschnitte von ihren jeweiligen parallelen Auflagerkoordinatensystemachsen zu:

$$\text{deltax} = \frac{cx}{2}$$

mit:

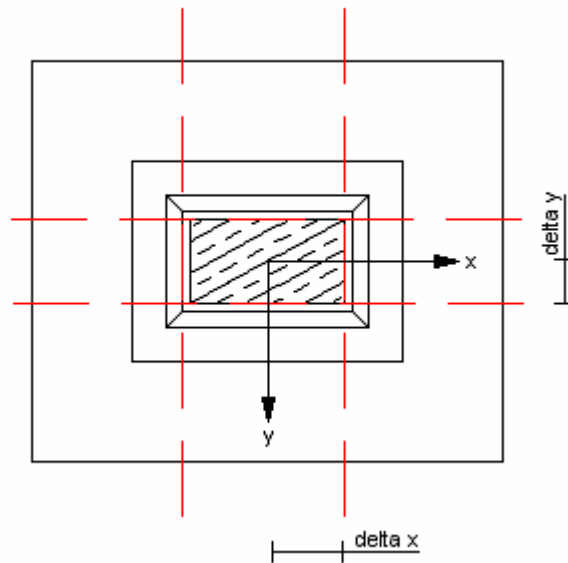
cx = Längenausdehnung der Stütze in x-Richtung

$$\text{deltay} = \frac{cy}{2}$$

mit:

cy = Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung

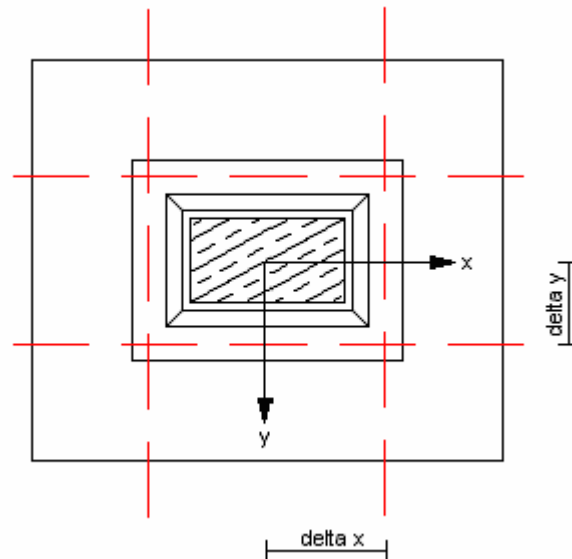
Köcherfundament mit glatten Köcherinnenwänden



Bemessungsschnitt entlang der Stützenaußenseite

Auch hier werden die Bemessungsschnitte wieder an den Außenseiten der Stütze entlang geführt.

Köcherfundament mit rauer Köcherinnenwänden



Bemessungsschnitt durch die Mitte der Köcherwand

Die Bemessungsschnitte werden durch die Mitte der Köcherwände geführt. Es ergeben sich folgende Abstände delta x und delta y:

$$\text{delta } x = \frac{cx}{2} + a_{2x} + \frac{tox}{2}$$

Formel 5.34

mit:

- c_x = Längenausdehnung der Stütze in x-Richtung
 a_{2x} = Oberes Stützenspiel in x-Richtung
 t_{ox} = Obere Köcherwandstärke in x-Richtung

$$\text{deltay} = \frac{c_y}{2} + a_{2y} + \frac{t_{oy}}{2}$$

Formel 5.35

mit:

- c_y = Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung
 a_{2y} = Oberes Stützenspiel in y-Richtung
 t_{oy} = Obere Köcherwandstärke in y-Richtung

Der Benutzer hat die Möglichkeit, die Lage der Schnitte unter den Details der Maske 1.1 Basisangaben auch zu ändern. Es bestehen folgende weitere Möglichkeiten für die Lage der Bemessungsschnitte:

- Durch das Auflagerkoordinatensystem
- Entlang der Außenseite des Köchers
- In einem definierten Abstand jeweils für x- und y-Richtung

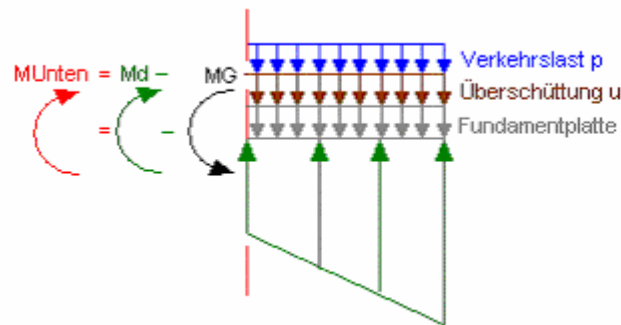
Nachdem die mögliche Lage der Bemessungsschnitte erläutert wurde, kann nun zusammen mit ihnen und den sich einstellenden Spannungen unterhalb des Fundamentkörpers das Zustandekommen des Bemessungsmoments für die untere Plattenbewehrung erklärt werden.

Zunächst muss die Resultierende der Druckspannung als das Volumen des Druckspannungskörpers jenseits Bemessungsschnitts bestimmt werden. Danach ist der Abstand des Schwerpunkts dieses Druckspannungskörpers senkrecht zum Bemessungsschnitt zu bestimmen. Das Produkt aus resultierenden Druckkraft mal ihrem Abstand zum Bemessungsschnitt ist das Druckmoment M-D. Dieses Druckmoment M-D wurde aus einer Druckspannung ermittelt, die Anteil aus Lasten besitzt, die auf dem direktem Wege ihrer Wirkungsrichtung das Erdreich belasten und somit nicht zu einer Biegung der Fundamentplatte führen. Diese Druckspannungsanteile entstehen aus:

- Eigengewicht der Fundamentplatte
- Überschüttung
- Zusätzlicher Verkehrsgleichflächenlast

Ihr Anteil am Druckmoment ist wieder abzuziehen. Dies geschieht, indem die Fundamentfläche bis zur Bemessungsschnitt mit ihrem Flächenschwerpunktsabstand und anschließend mit den entsprechenden Gleichflächenlasten multipliziert wird. So erhält man den Druckmomentenanteil M-G der keine Biegung verursacht und somit vom Druckmoment M-D abzuziehen ist. Die Differenz aus Druckmoment M-D wenig Druckmomentanteil M-G, der keine Biegung verursacht, ist dann das Bemessungsmoment M-Unten.

Führt man sich noch einmal die Belastungssituation der Abbildung zu Beginn des Abschnittes 5.3.2.1 vor Augen, so verdeutlicht die unten stehende Grafik das Zustandekommen des Bemessungsmoments der Bewehrung in x-Richtung.

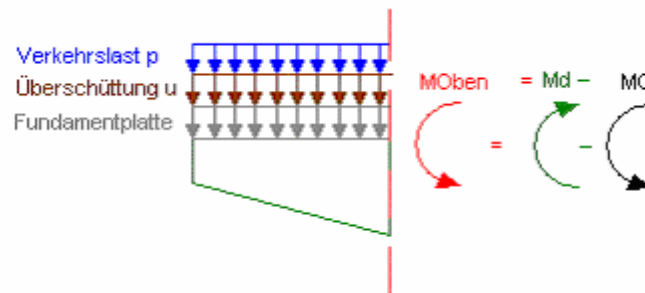


Berechnung des Bemessungsmoments für die untere Bewehrung

Auf die gleiche Weise wird das Bemessungsmoment für die Bewehrung in y-Richtung ermittelt.

Bemessungsmomentenpaar für die obere Plattenbewehrung

Auch das Bemessungsmoment für die obere Plattenbewehrung wird aus der Differenz der Momente aus Bodenpressung und Auflast berechnet.



Berechnung des Bemessungsmoments für die obere Bewehrung

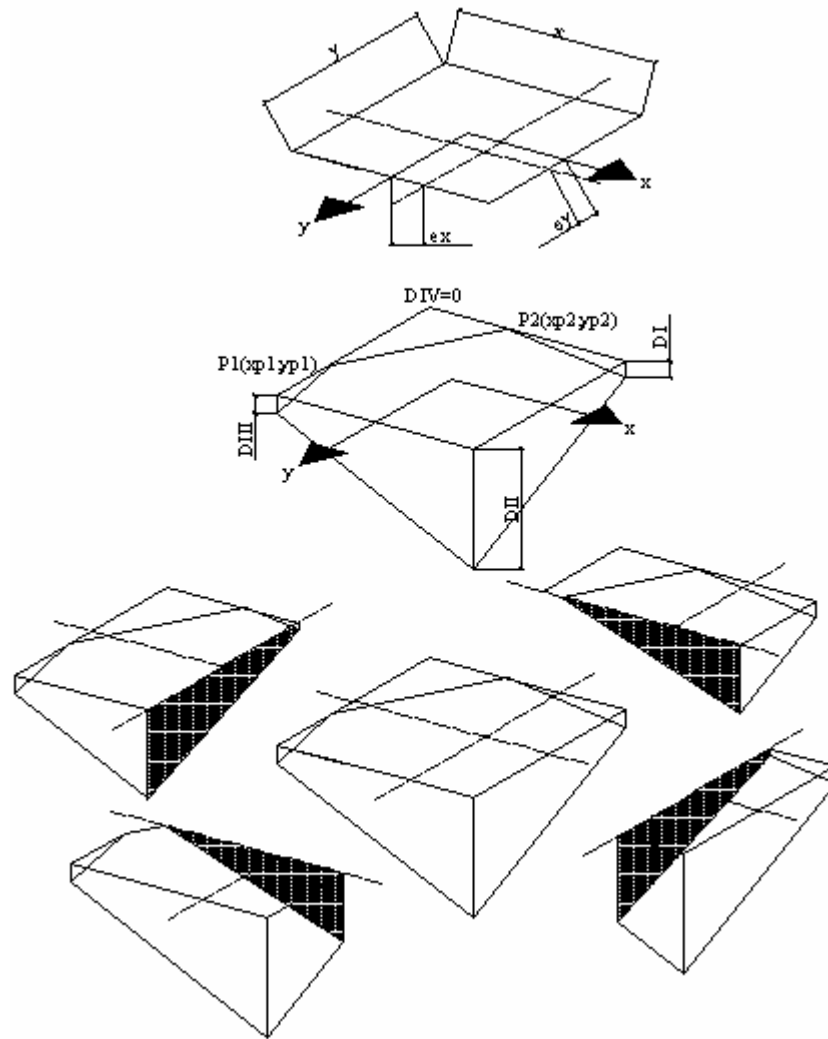
Sollte das Druckmoment M_D größer als das Moment M_G sein so entsteht in diesem Lastfall an der Fundamentoberseite kein Zug, das Bemessungsmoment wird auf Null gesetzt. Das gleiche passiert, sobald auf der Unterseite kein Zug entsteht.

Aus welcher Belastung ergibt sich der Verlauf der klaffenden Fuge?

Der Verlauf der klaffenden Fuge ergibt sich aus den Bodenpressungen unter der Belastung der maximalen und der minimalen resultierenden Vertikalkraft. Mit dem jeweils größten Bemessungsmoment für die jeweilige Richtung wird dann die jeweilige Bewehrung bemessen.

Bemessungsmoment bei exzentrischer Stützenstellung

Bei einer exzentrischen Stützenstellung kann nicht automatisch gesagt werden, welcher der beiden Teildruckspannungskörper (sh. untenstehende Abbildung) für die jeweilige Richtung das größten Bemessungsmoment liefert.



Teildruckspannungskörper bei exzentrischer Stützenstellung

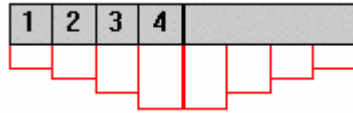
Es wird deshalb jeweils für den Druckspannungskörper in positive und in negative Richtung (bezogen auf die Achse des Auflagerkoordinatensystems) das Volumen und der Abstand des Druckspannungskörpers ermittelt. Daraus bestimmt sich dann das Moment aus Druckspannung. Von ihm wird das, auf gleiche Weise ermittelte, Moment aus gleichflächiger Belastung abgezogen. Für das absolut größere der beiden Differenzmomente findet dann die Bemessung statt.

5.3.3 Nachweise der inneren Standsicherheit

5.3.3.1 Bewehrte Fundamente

Biegebemessung der Fundamentplatte

Mit den größten Bemessungsmomenten für beide Richtungen der oberen und unteren Bewehrung gilt es nun die erforderlichen Stahlquerschnitt zu bestimmen und den Beton nachzuweisen. Dazu wird das Fundament in 8 Streifen für jede Richtung unterteilt.



Acht Bemessungsstreifen

Jeder dieser Streifen erhält einen unterschiedlichen Anteil des Bemessungsmoments für den er dann bemessen werden muss. Die Größe dieses Anteils wird von den sogenannten Verteilungszahlen α_{1-4} der Tafel 2.9 (Heft 240, DafStb) der Plattenstreifen 1-4 bestimmt.

Verteilungszahlen

Die Verteilungszahlen ergeben sich aus folgendem Quotienten.

Quotient bei köcherlosen Fundamenten und bei Blockfundamenten

$$Q_x = \frac{cx}{x}$$

Formel 5.36

mit:

- cx = Längenausdehnung der Stütze in x-Richtung
 x = Längenausdehnung der Fundamentseite in x-Richtung

$$Q_y = \frac{cy}{y}$$

Formel 5.37

mit:

- cy = Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung
 y = Längenausdehnung der Fundamentseite in y-Richtung

Quotient bei Köcherfundamenten

$$Q_x = \frac{cx + 2 \cdot (a_2x + t_{ox})}{x}$$

Formel 5.38

mit:

- a_2x = Oberes Stützenspiel in x-Richtung
 t_{ox} = Obere Köcherwanddicke in x-Richtung

$$Q_y = \frac{cy + 2 \cdot (a_2y + t_{oy})}{y}$$

Formel 5.39

mit:

- a_2y = Oberes Stützenspiel in y-Richtung
 t_{oy} = Obere Köcherwanddicke in y-Richtung

Mit Hilfe dieses Quotienten kann aus folgender Tabelle (gemäß Heft 240 des DafStb) die Verteilungszahl für den jeweiligen Streifen bestimmt werden:

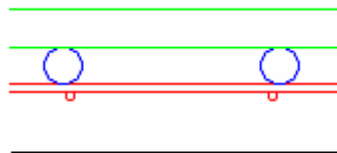
	Q=0,1	Q=0,2	Q=0,3
α_1	0,07	0,08	0,09
α_2	0,10	0,10	0,11
α_3	0,14	0,14	0,14
α_4	0,19	0,18	0,16
Summe	0,50	0,50	0,50

Verteilungszahlen für das Bemessungsmoment

Ist der ermittelte Quotient kleiner als 0,1 werden die Werte von α aus der Spalte für einen Quotienten von 0,1 ermittelt. Ist der ermittelte Quotient größer 0,3 so liegt ein gedrungenes Fundament vor, bei dem auf eine gestaffelte Verteilung des Bemessungsmoments verzichtet werden kann. Die Verteilzahl α ist dann für alle Streifen gleich und beträgt 0,125. Liegt der ermittelte Quotient zwischen den Werten zweier Spalten, so wird linear interpoliert.

Bestimmen der Hauptbewehrungsrichtung

Als Hauptbewehrungsrichtung ist jene Richtung zu verstehen, in der der Stahl näher am biegebeanspruchten Rand verläuft als der senkrecht zu ihm verlaufende Stahl. Untere Abbildung ist in Blickrichtung der Hauptbewehrung:



Hauptbewehrungsrichtung

Entscheidend, welche Bewehrungsrichtung die Hauptbewehrungsrichtung wird, ist der Quotient aus Bemessungsmoment für den 4. Plattenstreifen geteilt durch die Breite dieses Plattenstreifens. Dieser Quotient wird sowohl für die Bemessung in x-Richtung als auch für die Bemessung in y-Richtung ermittelt. In jener Richtung, in der dieser Quotient der größere ist, liegt der Stahl dann unten.

Annahme einer ersten statischen Höhe

In der oben dargestellten Abbildung lässt sich eine Schwerlinie der Bewehrungsstäbe in Hauptbewehrungsrichtung ausmachen. Die gleiche Schwerlinie ist für die Bewehrungsstäbe in die andere Richtung, die Nebenbewehrung bestimmbar. Der Abstand dieser Schwerlinie oberhalb der Betondeckung in die jeweilige Richtung muss geschätzt werden, da noch nicht klar ist, mit welchen Bewehrungsstäben bewehrt wird. Für die einzelnen Bewehrungsrichtungen werden geschätzt:

Hauptbewehrungsrichtung : abSchw = 3cm

Nebenbewehrungsrichtung : abSchw = 6cm

Damit lässt sich eine erste statische Höhe schätzen zu:

$$h = d - \text{abSchw} - \text{nomc}$$

Formel 5.40

mit:

d = Dicke der Fundamentplatte (Bez. nach DIN 1045-88)

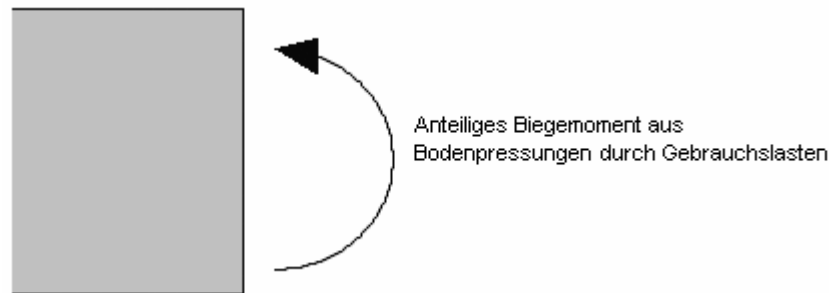
nomc = Betondeckung



Bestimmen der inneren Kräfte (Nachweis der Betondruckzone)

Wie schon bei der Biegebemessung der Köcherwand ausführlich beschrieben, wird ausgehend von den zulässigen Bruchdehnungen versucht, ein Dehnungszustand zu finden, bei dem ein inneres Moment mit dem Bruchmoment im Gleichgewicht steht. Dieses Bruchmoment wird für jedem Plattenstreifen extra aus dem 1,75-fachen anteiligen Bemessungsmoment ermittelt.

Findet sich dieses Gleichgewicht nicht, ist der Beton unterdimensioniert, dass heißt die Fundamentplatte ist zu dünn. Dieser Algorithmus wird für die Bemessung nach DIN 1045-1 noch einmal beschrieben.

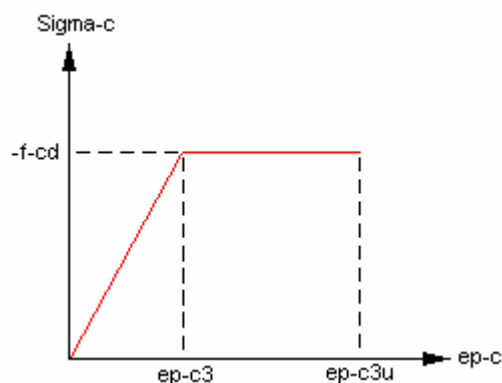


Belastungssituation

Die Bodenpressung ermittelt sich aus Auflagerkräften, die nicht mit einem Teilsicherheitsbeiwert γ_G bzw. γ_Q multipliziert wurden, also den Gebrauchslasten. Aus dieser Bodenpressung ermittelt sich das gesamte Biegemoment, das dann anteilig auf die acht Bemessungssteifen verteilt wird. Diese Biegemoment ist zur Bemessung nach der DIN 1045-1 mit einem pauschalen Teilsicherheitsbeiwert γ_{G+Q} zu multiplizieren, durch den die Teilsicherheitsbeiwerte γ_G bzw. γ_Q berücksichtigt werden. Gibt der Benutzer keinen größeren pauschalen Teilsicherheitsbeiwert γ_{G+Q} vor, so wird dieser vom Programm auf den Wert 1.4 gesetzt. Man erhält schließlich so den Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments.

$$M_{Ed} = \gamma_{G+Q} \cdot M_{Gebrauch}$$

Neben der parabelförmigen Betondruckspannungsverteilung bietet die DIN 1045-1, Abs. 9.1.6 auch an, bei der Biegebemessung von einer bilinearen Spannungs-Dehnungs-Linie des Betons auszugehen.



Bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie

σ_c = Druckspannung im Beton

f_{cd} = Bemessungswert der einaxialen Festigkeit des Betons

ε_c = Dehnung des Betons

ϵ_{c3} = Dehnung des Betons bis zur der ein linearer Zusammenhang zwischen Dehnung und Spannung besteht

ϵ_{c3u} = Bruchdehnung des Betons

In Abhängigkeit von der gewählten Festigkeitsklasse finden sich in der DIN 1045-1, Tabelle 9 folgende Formänderungskennwerte und Festigkeiten.

Festigkeitsklasse	ϵ_{c3} [‰]	ϵ_{c3u} [‰]	f_{ck} [kN/cm²]
C12/15	-1.35	-3.50	1.2
C16/20	-1.35	-3.50	1.6
C20/25	-1.35	-3.50	2.0
C25/30	-1.35	-3.50	2.5
C30/37	-1.35	-3.50	3.0
C35/45	-1.35	-3.50	3.5
C40/50	-1.35	-3.50	4.0
C45/55	-1.35	-3.50	4.5
C50/60	-1.35	-3.50	5.0
C55/67	-1.35	-3.10	5.5
C60/75	-1.40	-2.70	6.0
C70/85	-1.50	-2.50	7.0
C80/95	-1.60	-2.40	8.0
C90/105	-1.65	-2.30	9.0
C100/115	-1.70	-2.20	10.0

Der Eurocode kennt nur die ersten neun Festigkeitsklassen. Auch hier ist eine bilineare Spannungsverteilung EC2 Bild 4.3 möglich.

Der Bemessungswert der Betonfestigkeit f_{cd} berechnet sich nach folgender Formel:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

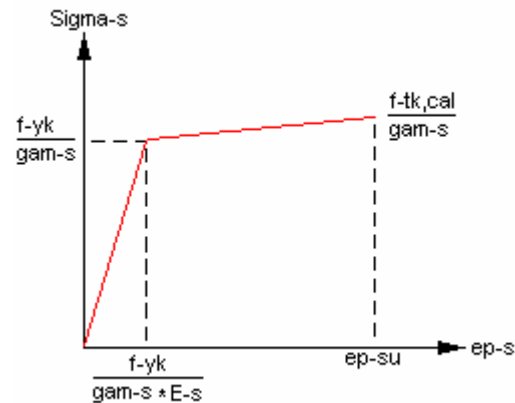
mit:

$\alpha = 0.85$ = Beiwert

f_{ck} = Charakteristische Zylinderfestigkeit

$\gamma_c = 1.5$ = Teilsicherheitsbeiwert der Betons

Die rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls sieht gemäß Bild 27 der DIN 1045-1 so aus:



Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Bemessung

σ_s = Zugspannung im Betonstahl

f_{yk} = Charakteristische Wert der Streckgrenze des Betonstahls

$f_{tk,cal}$ = Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung

$\gamma_s = 1.15$ = Teilsicherheitsbeiwert der Betonsstahls

ε_s = Dehnung des Betonstahls

ε_{su} = Rechnerische Bruchdehnung des Betonstahls (Begrenzt auf 25‰)

Die Dehnung der Stahls darf gemäß den einzelnen Normen folgende Werte nicht überschreiten:

25 ‰ (DIN 1045-01)

10 ‰ (EC 2 bei Berücksichtigung des Anstiegs der Stahlspannung von der Streckgrenze f_{yk} zur Zugfestigkeit $f_{tk,cal}$)

Daraus ergeben sich folgende Festigkeiten:

DIN 1045-1

Stahlgüte	f_{yk} [N/mm ²]	$f_{tk,cal}$ [N/mm ²]	Stahldehnung an der Streckgrenze [‰]
BSt 500	500	525	2.38

EC 2

Stahlgüte	f_{yk} [N/mm ²]	$f_{tk,cal}$ [N/mm ²]	Stahldehnung an der Streckgrenze [‰]
BSt 500	500	525	2.38
BST 420	420	441	2.10

E_s = E-Modul des Betonstahls = 200.000 N/mm²

Liegt die ermittelte Stahldehnung über der Stahldehnung an der Streckgrenze, so ergibt sich die vorhandene Spannung zu:

$$\sigma_s = f_{yk} + \left(\frac{f_{tk,cal} - f_{yk}}{\varepsilon_u - \varepsilon_y} \right) \cdot (\varepsilon_s - \varepsilon_{sy})$$

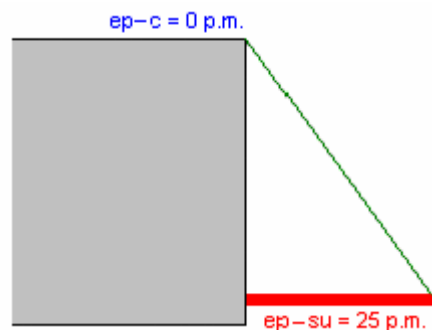
Ist die ermittelte Stahldehnung ε_s kleiner als die Stahldehnung an der Streckgrenze, so ergibt sich die vorhandene Spannung zu:

$$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon_s$$

Mit diesem Wissen über die Materialeigenschaften kann nun näher auf den Algorithmus zur Querschnittsbemessung eingegangen werden.

Nachweis der Betondruckzone

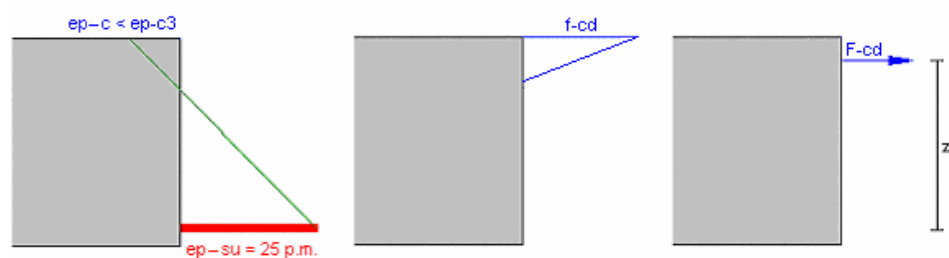
Zunächst muß überprüft werden, ob der Beton in der Lage ist, die nötige Druckkraft zu liefern, mit der sich ein Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} erzeugen lässt, das größer ist, als der Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments M_{Ed} . Folgende Darstellungen sind für die Bemessung nach DIN 1045-01 gemacht. Die Vorgehensweise ist für den EC2 analog.



Iterationsbeginn

Die Betonstauchung ε_c wird beginnend von 0 ‰ erhöht. Dabei stellen sich folgende signifikante Dehnungszustände und deren Spannungsverläufe ein.

Betonstauchung $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$



Lineare Betonspannungsverteilung

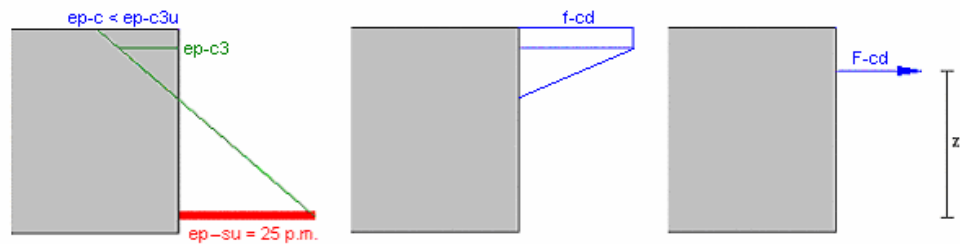
In Abhängigkeit von der Betonstauchung ε_c baut sich eine Betondruckspannung f_{cd} auf.

Aus dem Druckspannungskörper über die Betondruckzone wird die resultierende Betondruckkraft F_{cd} bestimmt. z ist der Abstand des Schwerpunkts dieses Druckspannungskörpers zur Lage des Bewehrungsstahls. Das Produkt aus D und z ist der Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} , den der Beton bei diesem Dehnungszustand aufbauen kann.

$$M_{Rd} = F_{cd} \cdot z$$

Nach jeder Erhöhung der Betonstauchung ε_c wird der Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} mit dem Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments M_{Ed} verglichen. Ist M_{Rd} kleiner M_{Ed} wird die Betonstauchung weiter gesteigert.

Betonstauchung $\varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3u}$

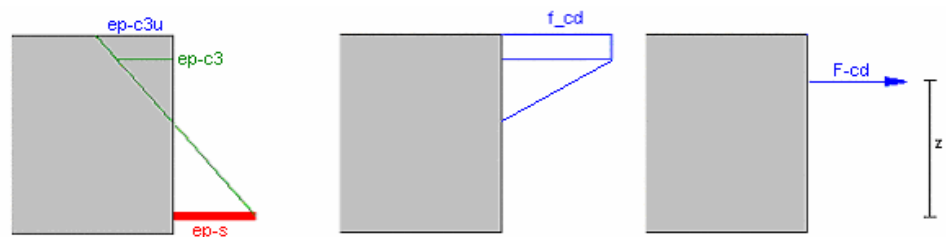


Bruchdehnungszustand des Betons

Ab einer Betonstauchung ε_{c3} bleibt die Betonspannung konstant. Diese Betonspannung entspricht dann dem Bemessungswert f_{cd} , der einaxialen Festigkeit des Betons.

Ist M_{Rd} immer noch kleiner M_{Ed} wird die Betonstauchung nicht mehr verändert und statt dessen wird die Stahldehnung reduziert, um die Höhe der Betondruckzone zu vergrößern.

Betonstauchung $\min \varepsilon_s < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$

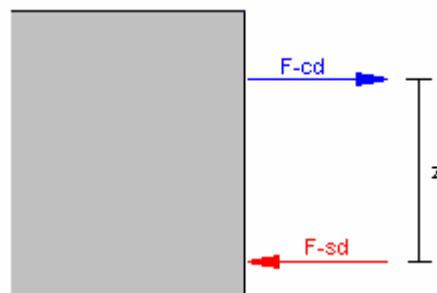


Verkürzung der Stahldehnung

Die Mindestdehnung $\min \varepsilon_s$ wurde im Programm auf 2 ‰ festgelegt. Findet sich selbst bei einer Stahldehnung $\min \varepsilon_s$ kein Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} , der größer ist als der Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments M_{Ed} , so ist der Beton nicht in der Lage die Belastung aufzunehmen. Falls dies nicht der Fall ist, kann nun der Stahl bemessen werden.

Bemessung des Stahls

Aus Gleichgewichtsgründen muß die Zugkraft im Stahl gleich der erforderlichen Betondruckkraft F_{cd} sein:



Gleichgewicht der inneren Kräfte

$$F_{cd} = F_{sd}$$

Bei bekannter Stahldehnung ϵ_s und bekannter Zugkraft F_{sd} errechnet sich der erforderliche Stahlquerschnitt $erf\ A_s$ in Abhängigkeit von der Spannung σ_s im Bewehrungsstahl zu:

$$erf\ A_s = \frac{F_{sd}}{\sigma_s}$$

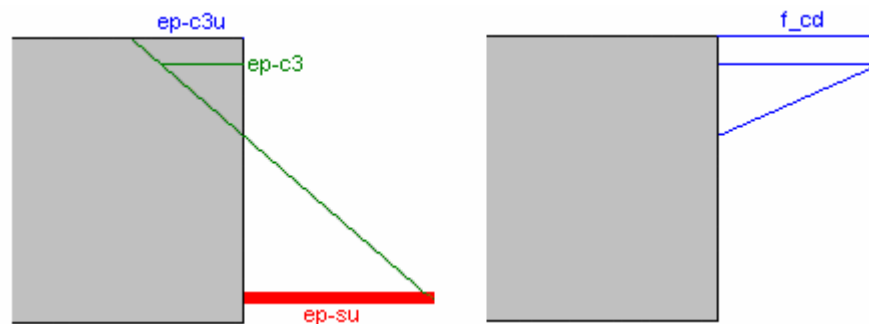
Nun muß eine Bewehrung ermittelt werden, deren Stahlquerschnitt $vorh\ A_s$ größer als der erforderliche $erf\ A_s$ ist. Ist dies der Fall kann die tatsächliche Biegebruchsicherheit des Stahlbetonverbundquerschnittes auf der Widerstandsseite ermittelt werden.

Bestimmen der Biegebruchsicherheit auf der Widerstandsseite

Die vorhandene Biegebruchsicherheit $vorh\ \gamma$ errechnet sich aus dem Quotient des Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} und dem Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments M_{Ed} .

$$vorh\ \gamma = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}$$

Ausgangssituation der Iteration



Bruchdehnungszustand

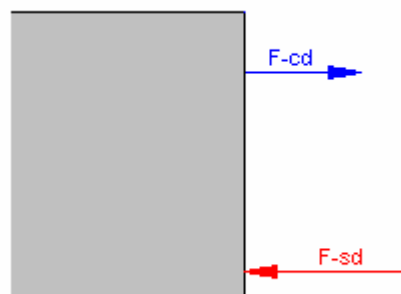
Der Beton wird um ϵ_{c3u} gestaucht und der vorhandene Stahlquerschnitt um ϵ_{su} gedehnt. Es werden die vorhandenen Kräfte F_{cd} und F_{sd} im Stahl und im Beton bestimmt. Dabei kann es entweder sein :

$F_{sd} \geq F_{cd}$: Fall 1

Oder

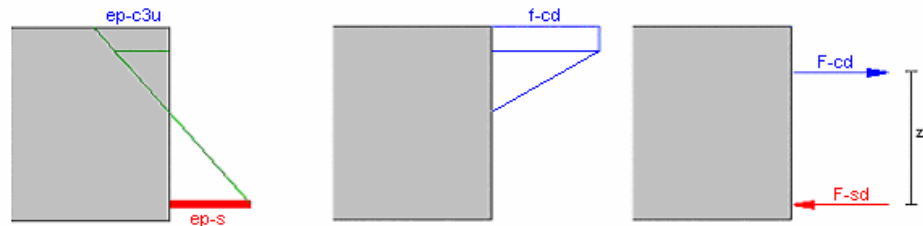
$F_{sd} < F_{cd}$ ist: Fall 2

Fall 1: $F_{sd} \geq F_{cd}$



Druckkraft im Beton kleiner als Zugkraft im Stahl

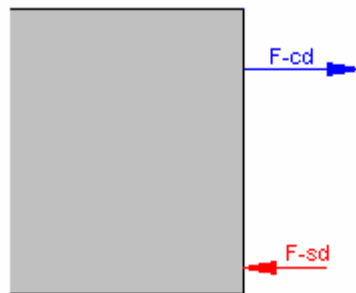
In diesem Fall wird die Stahldehnung ε_s schrittweise zurückgenommen und dabei immer wieder die Kräfte F_{cd} und F_{sd} bestimmt. Sobald F_{cd} größer als F_{sd} wird ist ein Dehnungszustand gefunden, bei dem Gleichgewicht der inneren Kräfte herrscht.



Verkürzung der Stahldehnung

Sollte dies bis zu Erreichen der minimalen Stahldehnung $\min \varepsilon_s$ nicht der Fall sein, ist der Querschnitt zu stark bewehrt.

Fall 2: $F_{sd} < F_{cd}$



Druckkraft im Beton größer als Zugkraft im Stahl

In diesem Fall wird die Betonstauchung ε_{c3} schrittweise zurückgenommen und dabei immer wieder die Kraft F_{cd} bestimmt. Sobald F_{cd} kleiner als F_{sd} wird, ist ein Dehnungszustand gefunden, bei dem Gleichgewicht der inneren Kräfte herrscht.

Bestimmen des Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd}

Nachdem ein Gleichgewicht der inneren Kräfte gefunden wurde, wird jetzt mit der kleineren der beiden Kräfte und dem Hebelarm der Bemessungswert des aufnehmbaren Moments M_{Rd} bestimmt.

$$M_{Rd} = z \cdot F_{cd} \text{ bzw. } z \cdot F_{sd}$$

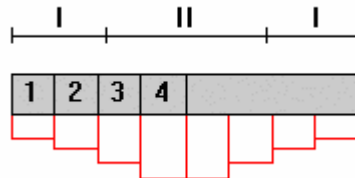
Nach diesem kleinen Exkurs zur Bestimmung der Biegebruchsicherheit kann weiter auf die Ermittlung und Verteilung der Bewehrung als Flächenbewehrung eingegangen werden.

Ermitteln des erforderlichen Stahlquerschnitts pro Meter

Der, wie unter 5.3.3.1 beschrieben ermittelte, Stahlquerschnitt ist jetzt jener Stahlquerschnitt, der auf der Breite des jeweiligen Plattenstreifens unterzubringen ist. Teilt man diesen Stahlquerschnitt durch die Breite des Plattenstreifens so erhält man den Bewehrungsquerschnitt der pro Meter erforderlich wäre. So wird eine Vergleichbarkeit zwischen dem erforderlichem Stahlquerschnitt jedes einzelnen Plattenstreifens und einer gewählten Flächenbewehrung geschaffen.

Ermitteln des größten erforderliche Stahlquerschnitts in den Bewehrungsbereichen

Um den Verlegeaufwand auf der Baustelle vertretbar zu halten, werden zwei Bereiche mit unterschiedlichen Bedarf an erforderlichem Bewehrungsquerschnitt pro Meter festgelegt. Diese Bereiche werden Bewehrungsbereiche genannt. Der mittlere Bewehrungsbereich, der bei der Auslegung vom Programm eine Breite von 50 Prozent der Fundamentseitenlänge erhält, die senkrecht zur gerade betrachteten Bewehrung verläuft, wird mit römisch Zwei bezeichnet. Die anderen beiden Bewehrungsbereiche sind die sogenannten Randbewehrungsbereiche. Sie werden mit römisch Eins bezeichnet und sind jeweils 25 Prozent der jeweiligen Fundamentseitenlänge breit.



Erforderlicher Stahlquerschnitt pro Bemessungstreifen und Bewehrungsbereich

Unterhalb der Platte ist der erforderliche Stahlquerschnitt pro Meter jedes einzelnen Streifens abgebildet. Es muss nun der erforderliche Stahlquerschnitt für die beiden verschiedenen Bewehrungsbereiche bestimmt werden. Für den mittleren Bewehrungsbereich ist dies stets der erforderliche Stahlquerschnitt des 4. Plattenstreifens. Der größte abzudeckende Stahlquerschnitt für die Randstreifen hängt von deren Breite ab.

Angemerkt sei an dieser Stelle bereits, dass der Benutzer in der Ausgabemaske 2.4 Untere Plattenbewehrung die Möglichkeit hat, die Breiten der Bewehrungsbereiche zu verändern und auch ihre Anzahl auf einen zu reduzieren.

Für die obere Plattenbewehrung gibt es nur einen Bewehrungsbereich, da eine Staffelung hier nicht sinnvoll ist, weil der erforderliche Stahlquerschnitt in allen Plattenstreifen gleich groß ist.

Bewehrungswahl

Die erforderliche Bewehrung der einzelnen Bewehrungsbereiche, gilt es nun durch eine Kombination aus den zur Verfügung gestellten Matten und zugelegten Bewehrungsstäbe abzudecken. Dabei wird nach der wirtschaftlichsten Lösung gesucht wird, dass heißt die Differenz aus dem vorhandenen Bewehrungsquerschnitt weniger dem erforderlichen Bewehrungsquerschnitt sollte möglichst gering sein.

Der vorhandenen Bewehrungsquerschnitt pro Meter, den eine Grundmatte mitbringt, ist den entsprechenden Faltblättern des Fachverband Betonstahlmatten e.V. zu entnehmen. Hierbei kann zwischen Matten aus dem alten und dem neuen Lieferprogramm unterschieden werden. Der vorhandene Stahlquerschnitt pro Meter, der sich aus Bewehrungsstäbe eines bestimmten Durchmesser ergeben, die in einem bestimmten Abstand zugelegt werden, muss berechnet werden. Dazu ist zunächst die Anzahl an Stäbe bestimmt, die in einem Meter untergebracht werden können:

$$Anzahl = \frac{100 \text{ cm}}{a \text{ [cm]}}$$

Formel 5.41

mit:

a = Abstand der Stäbe

Der vorhandene Stahlquerschnitt pro Meter ergibt sich dann zu:

$$\text{vorh } a_{\text{Stab}} = \text{Anzahl} \cdot a_{\text{proStab}}$$

mit:

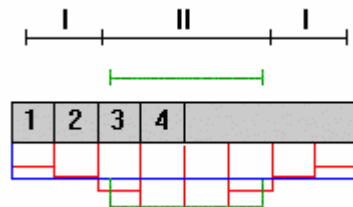
$$a_{\text{proStab}} = \text{Stahlquerschnitt eines Stabes}$$

Bei der Suche nach Bewehrungsstäbe eines bestimmten Querschnitts mit ihrem günstigsten Abstand werden vom Programm dreißig verschiedene Abstände von 5 bis 25 cm durchprobiert. Eisenstäbe mit einem Durchmesser von 28 mm werden nicht in Abständen von 5 cm und 5,5 cm verlegt.

Bei der Wahl der Matten werden Q-Matten den R-Matten mit gleichem vorhandenen Stahlquerschnitt vorgezogen.

Mögliche Breite des Bewehrungsbereichs

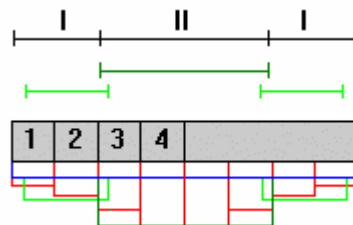
Die mögliche Breite eines Bewehrungsbereichs ergibt sich aus einem Vielfachen der Abstände der in ihm verlegten Stäbe. Dieses Vielfache entspricht selten exakt der gewählten Breite des Bewehrungsbereichs.



Mögliche Breite des Bewehrungsbereichs

Diese Grafik zeigt, dass die seitlichen Bewehrungsbereiche durch die gewählte Grundmatte abgedeckt sind. Der mittlere Bewehrungsbereich wird durch zugelegte Bewehrungsstäbe und der Grundmatte abgedeckt. Dabei wird vom Programm so vorgegangen, das mit einem Bewehrungsstab in Fundamentmitte begonnen wird und in beide Richtungen so viele Bewehrungsstäbe in ihrem Abstand eingelegt werden, bis das Vielfache dieses Abstandes größer als die Breite des mittleren Bewehrungsbereichs ist. Liegt das letzte Eisen nun mehr als die Hälfte über dem Ende des mittleren Bewehrungsbereichs, so wird es wieder weggenommen und es ergibt sich, wie es hier der Fall ist, eine mögliche Breite des mittleren Bewehrungsbereichs, die kleiner ist als die gewählte.

Daneben besteht die Möglichkeit, dass sich mittlerer und Randbewehrungsbereich leicht überschneiden oder dass der Randbewehrungsbereich bei Bewehrungsstäben in großen Abständen auf Grund der Einschränkung durch die Aufbiegung der senkrechten Bewehrungsstäbe und der Betondeckung nicht immer komplett abdecken lassen. Ein Beispiel hierfür liefert folgende Abbildung:



Problem beim Verlegen der zugelegten Bewehrungsstäbe

Dies stellt für jeden Stahlbetonbauer jedoch kein Problem dar und schon gar nicht mit diesem Programm, denn schließlich kann er aus einer fast endlosen Fülle von Bewehrungsvorschlägen den für sich optimalen ermitteln und diesen gleich anschließend im Rendering und in aussagekräftigen Bewehrungsplänen betrachten.

Durchstanznachweis der Fundamentplatte nach DIN 1045-88

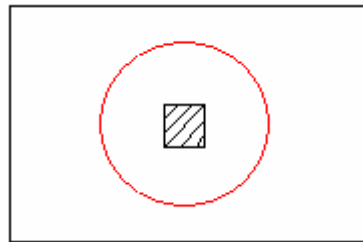
Der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen ist dann erbracht, wenn die vorhandene Schubspannung geringer bzw. gleich ist wie die zulässige Schubspannung:

$$\sigma_{\text{vorht}} \leq \sigma_{\text{zult}}$$

Formel 5.42

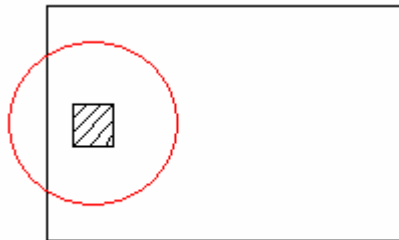
Je nachdem, wie viele und welche Plattenränder der Durchstanzkegel schneidet, wird die vorhandene Schubspannung und die zulässige Schubspannung auf verschiedene Art und Weise ermittelt. Folgende Möglichkeiten sind denkbar, wie der Durchstanzkegel (Ermittlung siehe weiter unten) die Fundamentplatte schneiden kann.

Fall 1: Die Durchstanzfläche schneidet keinen Plattenrand: **Normal innenliegende Stütze**



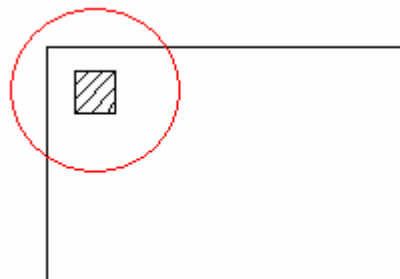
Normal innenliegende Stütze

Fall 2: Die Durchstanzfläche schneidet nur einen Plattenrand: **Randstütze**



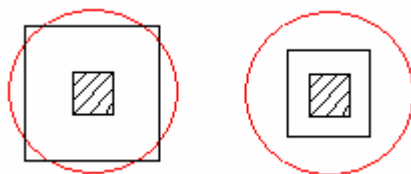
Randstütze

Fall 3: Die Durchstanzfläche schneidet zwei senkrecht aufeinander stehende Plattenränder: **Eckstütze**



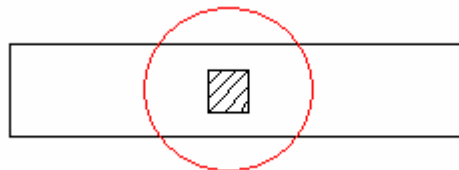
Eckstütze

Fall 4: Die Durchstanzfläche schneidet alle vier Plattenränder oder die Platte liegt komplett innerhalb des Durchstanzkegels: **Keine Durchstanzgefahr**



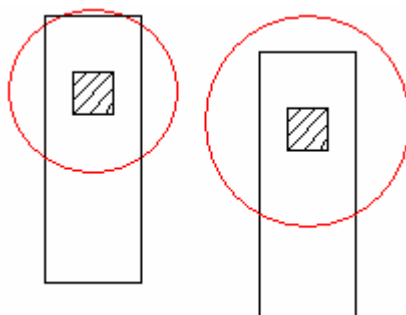
Keine Durchstanzgefahr

Fall 5: Der Durchstanzkegel schneidet zwei gegenüberliegende Plattenränder: **Beidseitige Randstütze**



Beidseitige Randstütze

Fall 6: Der Durchstanzkegel schneidet drei Plattenränder oder der zu zwei Rändern senkrechte stehende Plattenrand liegt innerhalb des Durchstanzkegels: **Rand – und Eckstütze**



Rand- und Eckstütze

Je nachdem, welcher Fall vorliegt wird der Nachweis entweder als Durchstanznachweis oder als Schubnachweis geführt.

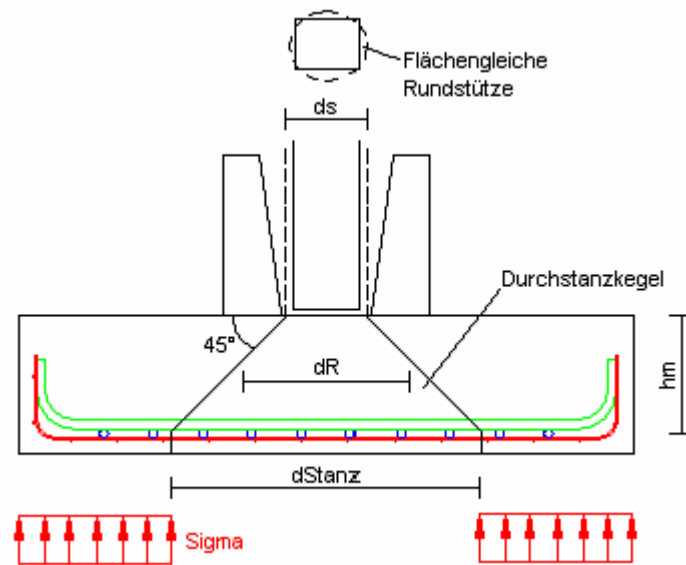
Fall	Bezeichnung
1,2,3,4	Durchstanznachweis
5,6	Schubnachweis

Ermitteln der vorhandenen Schubspannung für den Durchstanznachweis

Die vorhandene Schubspannung ermittelt sich verschieden für die verschiedenen Verankerungsmethoden zwischen Stütze und Fundamentplatte. Auf die Unterschiede wird jeweils beim Betrachten der einzelnen Ermittlungsschritte hingewiesen.

Zunächst muss die rechteckige Aufstandsfläche von Stütze bzw. Köcher in einen flächengleichen Rundschnitt umgewandelt werden. Der Durchmesser dieses flächengleichen Rundschnittes ermittelt sich für die einzelnen Anschlussarten wie folgt:

Köcherfundament mit glatter Köcherinnenwand, Blockfundament und köcherloses Fundament



Köcherfundament für Köcher mit glatter Köcherinnenseite

$$ds = 1.13 \cdot \sqrt{cx \cdot cy}$$

Formel 5.43

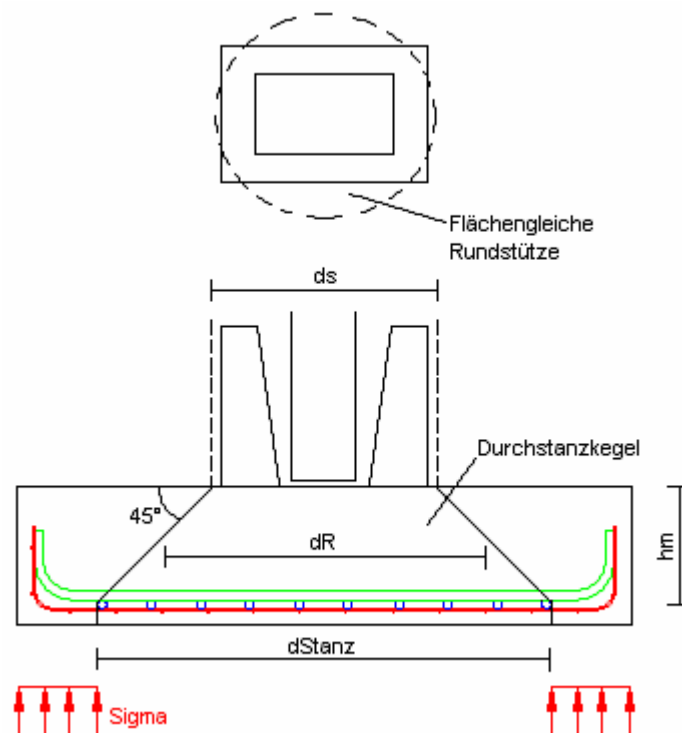
mit:

cx = Längenausdehnung der Stütze in x-Richtung

cy = Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung

Hierbei muss beachtet werden, dass cx nicht größer als das 1,5-fache von cy sein darf bzw. umgekehrt. Ist dies der Fall, so wird die längere Seite auf ihren zulässigen Wert gesetzt.

Köcherfundament mit rauer Köcherinnenwand



Durchstanzkegel für Köcherfundament mit rauer Köcherinnenseite

Hier wird über die Verzahnung durch die rauen Oberflächen die Normalkraft der Stütze auf die Köcherwände übertragen. Damit ergibt sich der Durchmesser der flächengleichen Rundstütze zu:

$$ds = 1.13 \cdot \sqrt{(cx + 2 \cdot (tox + a2x)) \cdot (cy + 2 \cdot (toy + a2y))}$$

Formel 5.44

mit:

tox = Obere Köcherwanddicke in x-Richtung

$a2x$ = Oberes Stützenspiel in x-Richtung

toy = Obere Köcherwanddicke in y-Richtung

$a2y$ = Oberes Stützenspiel in y-Richtung

Als nächstes wird die mittlere statische Höhe aus den beiden statischen Höhen der Bewehrung in die beiden Richtungen ermittelt.

$$h_m = \frac{h_x + h_y}{2}$$

Formel 5.45

mit:

h_x = Statische Höhe der Bewehrung in x-Richtung

h_y = Statische Höhe der Bewehrung in y-Richtung

Damit kann der mittlere Durchmesser des Durchstanzkegels unter der Voraussetzung einer Lastausbreitung von 45° bestimmt werden zu:



$$dR = ds + hm$$

Formel 5.46

mit:

ds = Durchmesser einer flächengleichen Rundstütze

hm = mittlere statische Höhe

Die Mantelfläche des Durchstanzkegels bestimmt sich zu:

$$u = \pi \cdot dR \cdot hm$$

Formel 5.47

mit:

dR = Mittlerer Radius des Durchstanzkegels

Teilt man die zu übertragende Querkraft durch diese Mantelfläche erhält man die vorhandene Schubspannung. Die zu übertragende Querkraft muss jedoch zunächst aus der Bodenpressung außerhalb des Durchstanzkegels bestimmt werden. Dazu gilt es zunächst, den Durchmesser der Aufstandsfläche des Durchstanzkegels zu ermitteln.

$$d_{\text{Staz}} = ds + 2 \cdot hm$$

Formel 5.48

Und anschließend die Größe der Aufstandsfläche:

$$A_{\text{Staz}} = \pi \cdot \frac{d_{\text{Staz}}^2}{4}$$

Formel 5.49

Die Fläche auf die, die schubspannungserzeugende Bodenpressung wirkt errechnet sich zu:

$$A_Q = x \cdot y - A_{\text{Staz}}$$

Formel 5.50

Als nächstes muss die schubspannungserzeugende Bodenpressung bestimmt werden. Dazu wird einfach das Volumen der Druckspannung unterhalb der Fundamentplatte bestimmt, dass sich außerhalb der Aufstandsfläche des Durchstanzkegels befindet. Diese Volumen ist die zu übertragende Querkraft, die sich aus der Druckspannung ergibt und mit Q_D bezeichnet wird.

Davon ist jener Spannungsanteil abzuziehen, der keine Schubspannung verursacht, weil die ihn erzeugende Belastung senkrecht über der Stelle dieser auftretenden Schubspannung steht. Er ermittelt sich zu:

$$\sigma_G = \gamma_{\text{Beton}} \cdot d + \gamma_{\text{Boden}} \cdot u + p$$

Formel 5.51

mit:

γ_{Beton} = Wichte des Betons

d = Dicke der Fundamentplatte

γ_{Boden} = Wichte der Überschüttung

u = Höhe der Überschüttung

p = Zusätzliche Verkehrsgleichflächenlast

Die Resultierende Q_G der nicht schubspannungsrelevanten Bodenpressung wird ermittelt aus:

$$Q_G = A_Q \cdot \sigma_G$$

Formel 5.52

mit:

A_Q = Fläche auf die die schubspannungserzeugende Bodenpressung wirkt

σ_G = Nicht schubspannungsrelevante Bodenpressung

Damit kann die zu übertragende Querkraft bestimmt werden zu:

$$Q_S = Q_G - Q_D$$

Formel 5.53

Teilt man schließlich diese zu übertragende Querkraft durch die Mantelfläche des Durchstanzkegels so erhält man vorhandene Schubspannung.

$$\text{vorh } \tau = \beta_D \cdot \frac{Q_S}{u}$$

Formel 5.54

mit:

Q_S = Zu übertragende Querkraft

u = Mantelfläche des Durchstanzkegels

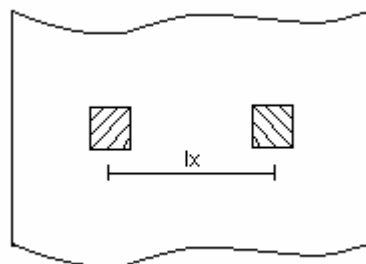
β_D = Beiwert zur Berücksichtigung nichtrotationssymmetrischer Bodenpressung (sh. DafStb-Heft 240, Randstützen von Platten)

= 1.0 für rotationssymmetrische Bodenpressung

= 1.4 für nicht rotationssymmetrische Bodenpressung

Sonderfälle bei der Ermittlung der vorhandenen Schubspannung

Zu diesen Sonderfällen sind Rand- und Eckstützen zu zählen. Der DIN 1045-88 ist in Ab.: 22.5.1.1 (2) zu entnehmen, dass solange der Abstand zwischen der Achse einer Randstütze und dem Plattenrand mindestens die Hälfte des Achsabstands zweier Stützen beträgt, darf der volle Umfang des um die Stütze geführten Rundschnittes zur Ermittlung der schubkraftübertragenden Mantelfläche des Durchstanzkegels angesetzt werden.



Achsabstand zweier Stützen

Steht die Stütze näher an einem der beiden Ränder (Randstütze), so ist der Umfang der Aufstandsfläche auf 60% des vollen Umfangs des um die Stütze geführten Rundschnittes zu reduzieren. Steht die Stütze sogar näher an beiden Rändern (Eckstütze), so ist der Umfang der Aufstandsfläche sogar auf 30% zu reduzieren. Da in diesem Programm bei der Bemessung der Fundamentplatte auf Durchstanzen jedoch nur eine Stütze pro Fundamentplatte nachgewiesen wird, wird die Eingangs gemachte Definition zur Unterscheidung von Rand- und Eckstützen verwendet.

Auch bei der Ermittlung der zu übertragenden Querkraft müssen bei Rand- und Eckstützen Konzessionen gemacht werden. Während bei normal innenliegenden Stützen die Resultierende jenes Anteils des Druckspannungskörpers unter der Fundamentplatte, der sich innerhalb des Durchstanzkegels befindet, nicht Bestandteil der zur übertragenden Querkraft wird, wird bei Rand- und Eckstützen darauf verzichtet, diesen Anteil abzuziehen. Dies stellt eine zulässige, auf der sicheren Seite liegende, Annahme da und ist gerade bei Rand- und Eckstützen, bei denen es zu einer ausgeprägten nicht rotationssymmetrischen Verteilung der Bodenpressung kommt, empfehlenswert.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass freie Plattenränder neben Rand- und Eckstützen mit einer schlaufenartigen Randbewehrung gemäß Bild 51 der DIN 1045-88 zu bewehren sind. Dies ist vor allem deshalb notwendig, da beim Durchstanznachweis die untere Biegebewehrung der Platte mit angesetzt wird und die Voraussetzung hierfür ist, dass diese ausreichend verankert ist.

Ermitteln der zulässigen Schubspannung für den Durchstanznachweis

Die zulässige Schubspannung ermittelt sich zu:

$$\text{zul}\tau = \gamma_1 \cdot \tau_{011}$$

Formel 5.55

τ_{011} ist nach DIN 1045, Tab. 13 der Grundwert der zulässigen Schubspannung. Er hängt von der gewählten Betongüte ab.

	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
$\tau_{011b}) \text{ [kN/cm}^2\text{]}$	0.35	0.50	0.60	0.70	0.80

Der Parameter γ errechnet sich nach folgender Formel:

$$\gamma_1 = 1.3 \cdot \alpha_s \cdot \sqrt{\mu}$$

Formel 5.56

mit:

$$\alpha_s = \begin{array}{l} \text{Beiwert, der von der gewählten Stahlsorte abhängt} \\ \text{BSt 420: } \alpha_s = 1,3 \\ \text{BSt 500: } \alpha_s = 1,4 \end{array}$$

μ ist der mittlere Bewehrungsprozentsatz der zu durchstanzenden Fundamentplatte. Er errechnet sich zu:

$$\mu = \frac{a_s}{h_m}$$

Formel 5.57

mit:



- as = Mittlere Bewehrung pro Längeneinheit ermittelt aus der unteren Biegebewehrung der Fundamentplatte in beide Richtungen
- hm = Mittlere statische Höhe

Diese mittlere Bewehrungsprozentzahl muss geringer sein als:

$$\mu \leq 25 \cdot \frac{\beta_{WN}}{\beta_S}$$

Formel 5.58

mit:

- β_{WN} = Würfeldruckfestigkeit des Betons
- β_S = Streckgrenze des Bewehrungsstahls

	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
β_{WN} [kN/cm ²]	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5

	BSt 420	BSt 500
β_S [kN/cm ²]	42.0	50.0

Und muss ebenfalls geringer sein als der Wert von 1.5 %.

Ermitteln der vorhandenen Schubspannung für den Schubnachweis

Liegt also Fall 5 oder Fall 6 für den Schnitt des Durchstanzkegels mit den Plattenrändern vor, so wird die zu übertragende Querkraft Q aus der Bodenpressung weniger dem Anteil aus Gleichflächenlast bis zum Rand der Stütze bzw. des Köchers ermittelt. Auf einen Versatz des Schnittes für die maßgebende Querkraft Q um 0.5 h gemäß DIN 1045 – 88 Abs. 17.5.2 wird verzichtet, um der ungleichmäßigen Verteilung der Belastung Rechnung zu tragen. Die vorhandene Schubspannung ermittelt sich dann zu:

$$\text{vorh} \tau = \frac{Q}{h \cdot (x \text{ bzw. } y)}$$

mit:

- h = Statische Höhe
- x bzw. y = Querschnittsbreite

Ermitteln der zulässigen Schubspannung für den Schubnachweis

Im Programm wurde festgelegt, dass der Grundwert der zulässigen Schubspannung τ_0 die Grenzen des Grundwertes der Schubspannung $\lim \tau_0$ für den Schubbereich 1 gemäß DIN 1045-88, Abs. 17.5.3 nicht überschreiten darf.

Diese Grenzen des Grundwertes der Schubspannung $\lim \tau_0$ für den Schubbereich 1 sind unterschiedlich je nachdem, ob es sich um eine Platte bzw. um einen Balken handelt. Als Unterscheidung zwischen Platte und Balken dient der Quotient aus Bauteilbreite geteilt durch Bauteilhöhe. Es gilt:

$$\frac{b}{d} \geq 5: \text{ Platte}$$

$$\frac{b}{d} < 5: \text{ Balken}$$

Die zulässige Schubspannung ermittelt sich für Platten im Schubbereich 1 zu:

$$zul\tau = k_i \cdot \tau_{011}$$

Formel 5.59

mit:

$$\begin{aligned} k_i &= \text{Beiwert} \\ &= 0.33 + \frac{0.2}{d} \\ &\leq 1.0 \\ &\geq 0.5 \end{aligned}$$

τ_{011} ist nach DIN 1045, Tab. 13 die Grenze des Grundwerts der zulässigen Schubspannung. Sie hängt von der gewählten Betongüte ab.

	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
$\tau_{011b}) [\text{kN/cm}^2]$	0.35	0.50	0.60	0.70	0.80

Bei Platten darf auf eine Schubbewehrung verzichtet werden.

Die zulässige Schubspannung ermittelt sich für Balken im Schubbereich 1 zu:

$$zul\tau = \tau_{012}$$

Formel 5.60

τ_{012} ist nach DIN 1045, Tab. 13 die Grenze des Grundwerts der zulässigen Schubspannung. Sie hängt von der gewählten Betongüte ab.

	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
$\tau_{012}) [\text{kN/cm}^2]$	0.50	0.75	1.00	1.10	1.25

Bei Balken hingegen darf nicht auf eine Schubbewehrung verzichtet werden. Im Schubbereich 1 bestimmt sich diese Mindestschubbewehrung für folgende rechnerische Schubspannung τ :

$$\tau = 0.4 \cdot \tau_0$$

In der konstruktiven Ausbildung muß gemäß DIN 1045-88, Abs. 18.8.2.2 ein Mindestquerschnitt der Schubbewehrung aus Bügeln bestehen. Der Bemessungswert für diesen Mindestbügelquerschnitt errechnet sich zu:

$$\tau_{bü} = 0.25 \cdot \tau_0$$

Der erforderliche Schubbewehrungsquerschnitt wird dann aus folgender Formel ermittelt.

$$erf a_s = \frac{\tau \cdot b}{\frac{\beta_s}{\gamma}}$$



mit: τ = Bemessungswert der Schubspannung

b = Breite des Balkens

β_s = Streckgrenze des verwendeten Stahls

$\gamma = 1.75$

Bei der konstruktiven Ausbildung sind die oberen Grenzwerte der zulässigen Abstände der Bügel und Bügelschenkel gemäß Tabelle 26, DIN 1045-88, Abs. 18.8.2.2 einzuhalten.

Bemessungsspannung der Schubbewehrung	
$\leq 240 \text{ N/mm}^2$	$= 286 \text{ N/mm}^2$
$0.8d$ bzw. 30 cm	$0.8d$ bzw. 25 cm

Durchstanznachweis der Fundamentplatte nach DIN 1045-1 und EC2

Nach den gleichen Unterscheidungskriterien (Fall 1-4 bzw. Fall 5-6) wird entweder ein Durchstanznachweis bzw. ein Schubnachweis geführt.

Durchstanznachweis nach DIN 1045-1 und EC2

Der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen ist dann erbracht, wenn die, auf den Umfang des kritischen Rundschnitts bezogene, zu übertragende Schubkraft (Bemessungswert der einwirkenden Querkraft) geringer bzw. gleich ist wie die zulässige Schubkraft (Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit):

Nach DIN 1045-1:

$$v_{sd} \leq v_{Rd,ct}$$

v_{sd} = Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

$v_{Rd,ct}$ = Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

Nach EC2:

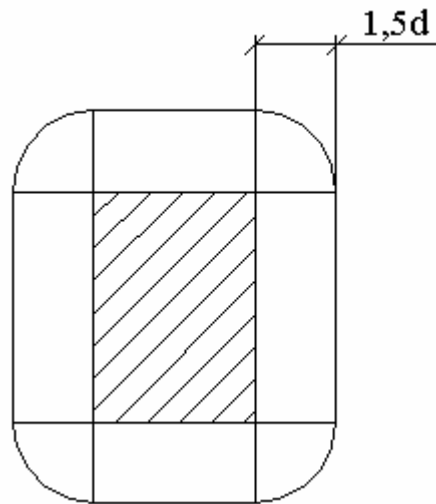
$$v_{sd} \leq v_{Rd1}$$

v_{sd} = Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

v_{Rd1} = Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

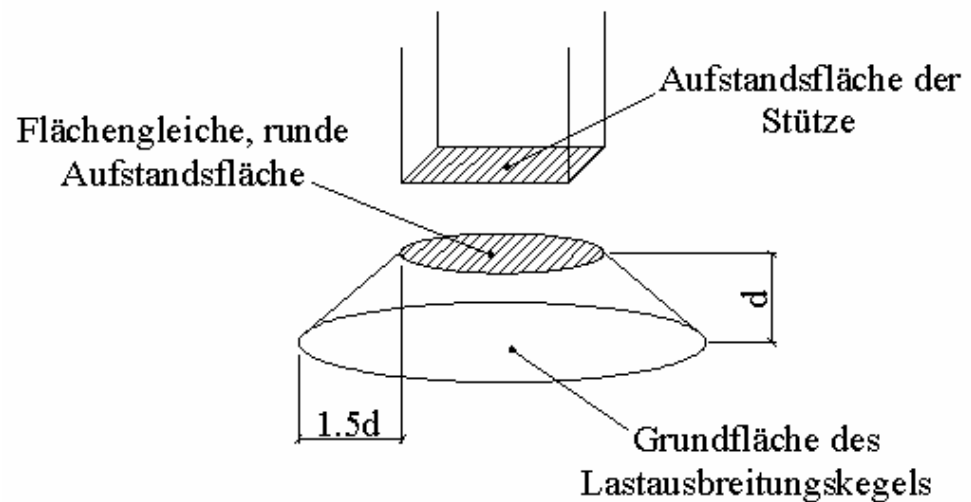
Ermittlung des Bemessungswertes der einwirkenden Querkraft

Im Gegensatz zur Bemessung nach DIN 1045-88 wird bei einem rechteckigen Querschnitt der Stütze keine flächengleiche runde Aufstandsfläche ermittelt, sondern es bleibt bei einer rechteckigen Lasteinleitungsfläche A_{Load} . Um sie herum wird ein kritischer Rundschnitt im Abstand der 1,5-fachen statischen Höhe der Platte geführt.


Lasteinleitungsfläche A_{load}

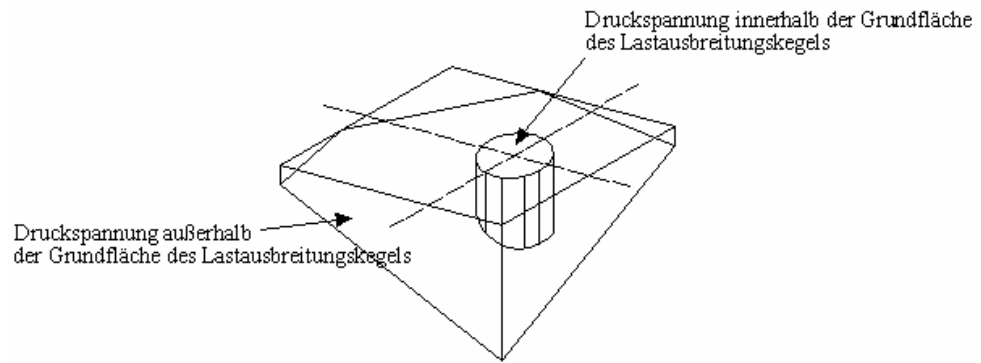
d = Mittlere Nutzhöhe aus beiden Richtungen

Es wird die einwirkende Querkraft auf diesen Umfang verteilt, um den Bemessungswert zu erhalten. Der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft selber, wird vereinfachend analog dem Rechenverfahren der DIN 1045-88 über eine flächengleiche, runde Aufstandsfläche ermittelt (Einzelheiten zur Ermittlung der flächengleichen, runden Aufstandsfläche siehe entsprechendes Kapitel dieses Handbuches) unter der sich folgender Lastausbreitungskegel ausbildet.



Grundfläche des Lastausbreitungskegels

Für die resultierende Querkraft ist zunächst wie bei der DIN 1045-88 das Volumen des Druckspannungskörpers außerhalb der Grundfläche des Lastausbreitungskegels weniger dem nicht schubrelevanten Bodenpressungsanteil aus Gleichflächenbelastung zu ermitteln.



Druckspannung außerhalb des Lastausbreitungskegels

Jedoch dürfen gemäß DIN 1045-1, Abs.10.5.3 (4) bei der Ermittlung der resultierenden Bodenreaktionskraft unter der Grundfläche des Lastausbreitungskegels nicht die volle kritische Fläche A_{crit} (entspricht Grundfläche des Lastausbreitungskegels) berücksichtigt werden, sondern maximal 50%. Im Programm wird dieser Vorschrift dadurch Rechnung getragen, indem das Volumen der Bodenpressung innerhalb der Grundfläche des Lastausbreitungskegels abzüglich des nicht schubrelevanten Anteils ermittelt wird und die Hälfte dieses Volumens dann zur relevanten Querkraft, ermittelt aus der Bodenpressung außerhalb der Grundfläche des Durchstanzkegels, dazu addiert wird. Folgende Bezeichnungen werden dazu verwendet.

Variable	Bezeichnung
V-D,aus	Resultierende der Druckspannung außerhalb des kritischen Rundschnitts
V-G,aus	Nicht schubrelevanten Anteil der Druckspannung außerhalb des kritischen Rundschnitts
V-aus	Schubrelevante Querkraft außerhalb des kritischen Rundschnitts
V-D,in	Resultierende der Druckspannung innerhalb des kritischen Rundschnitts
V-G,in	Nicht schubrelevanten Anteil der Druckspannung innerhalb des kritischen Rundschnitts
V-in	Schubrelevante Querkraft innerhalb des kritischen Rundschnitts
V-red	Reduzierte Querkraft
V-Ed	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

Noch einmal wird der mathematische Zusammenhang zwischen den einzelnen Variablen verdeutlicht.

$$V_{aus} = V_{D,aus} - V_{G,aus}$$

$$V_{in} = V_{D,in} - V_{G,in}$$

$$V_{red} = V_{aus} + 0.5 \cdot V_{in}$$

Dem EC2 ist in Absatz 4.3.4.1 (5) zu entnehmen, dass die Querkraft um die komplette Resultierende der Bodenpressung innerhalb des Rundschnittes abgemindert werden darf.

$$V_{red} = V_{aus} + V_{in}$$

Den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft errechnet sich wie folgt.

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{red}}{u_{crit}}$$

mit:

β = Beiwert zur Berücksichtigung der nicht rotationssymmetrischen Querkraftverteilung

Nach DIN 1045-01:

= 1.05 (Bei zentrischen Stützen und rotationssymmetrischen Bodenpressung)

= 1.50 (Bei exzentrischen Stützen oder nicht rotationssymmetrischer Bodenpressung)

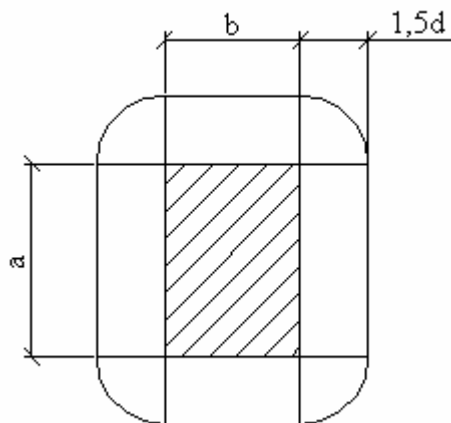
Nach EC2:

= 1.15 (Bei zentrischen Stützen und rotationssymmetrischen Bodenpressung)

= 1.50 (Bei exzentrischen Stützen oder nicht rotationssymmetrischer Bodenpressung)

u_{crit} = Umfang des kritischen Rundschnitts

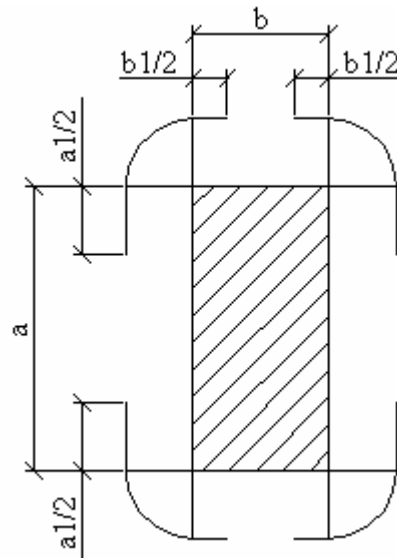
Dieser Umfang ermittelt sich für DIN 1045-01 und EC2 im Regelfall zu:



Umfang des kritischen Rundschnitts im Regelfall

$$u_{crit} = 2 \cdot (a + b) + 1.5 \cdot d \cdot \pi$$

In Ausnahmefällen bei denen der Umfang der rechteckigen Grundfläche größer als elf Mal die mittlere statische Nutzhöhe d ist oder das Verhältnis der längeren zur kürzeren Seite mehr als 2 beträgt ermittelt sich der Umfang des kritischen Rundschnitts wie folgt.



mefall

Umfang des kritischen Rundschnitts im Ausnah-

Für a muß gelten:

$$\begin{aligned} a_1 &\leq a \\ &\leq 2 \cdot b \\ &\leq 5.6 \cdot d - b_1 \end{aligned}$$

Für b muß gelten:

$$\begin{aligned} b_1 &\leq b \\ &\leq 2.8 \cdot d \end{aligned}$$

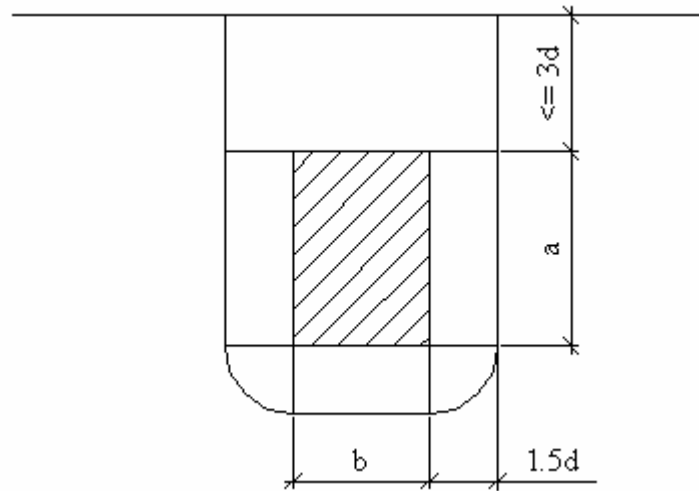
Somit ermittelt sich der Umfang des kritischen Rundschnitts im Ausnahmefall also zu:

$$u_{crit} = 4 \cdot (a_1 + b_1) + 1.5 \cdot d \cdot \pi$$

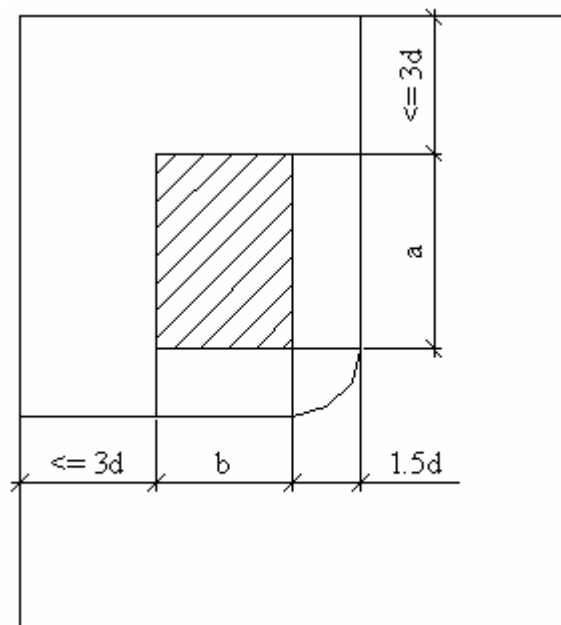
Sonderfälle bei der Ermittlung des Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

Im Gegensatz zur DIN 1045-88 ist in der DIN 1045-1 konkreter gesagt, wann es sich um eine Rand- bzw. um eine Eckstütze handelt. Gemäß Abs. 10.5.2 (8) handelt sich um eine Randstütze, wenn die Lasteinleitungsflächen einen geringeren Abstand zum freien Rand als dreimal die mittlere statische Höhe d besitzt. Um eine Eckstütze handelt es sich natürlich dann, wenn dies für beide Plattenränder in x - und y -Richtung gilt. In EC2 ist der Abstand, ab dem es sich um eine Rand- bzw. Eckstütze handelt nicht im Absatz 4.3.4.2.2 (4) eindeutig definiert. Es wird deshalb auch hier von einer Rand- bzw. Eckstütze ausgegangen, sobald der Abstand zwischen der Außenseite der Stütze und dem Plattenrand weniger als dreimal die mittlere statische Höhe d ist.

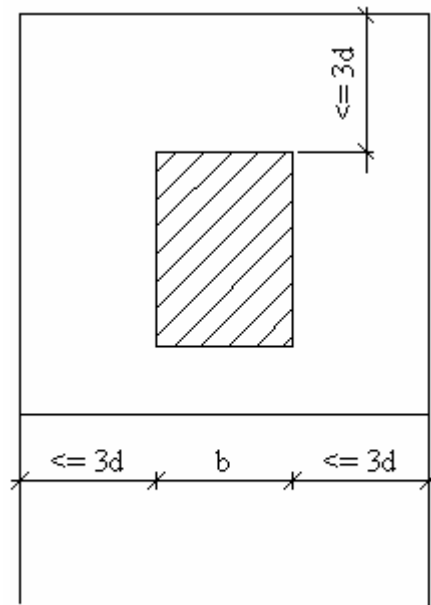
Der kritische Rundschnitt nahe freien Rändern ist dann, wie in folgender Abbildung dargestellt, zu ermitteln und mit dem kritischen Rundschnitt zu vergleichen, wie er für eine innenliegende Stütze zu ermitteln ist. Gemäß DIN 1045-1 Abs. 10.5.2 (7) bzw. EC2 Abs. 4.3.4.2.2 (3) ist der Nachweis dann mit dem kleineren der beiden ermittelten kritischen Rundschnitte zu führen.



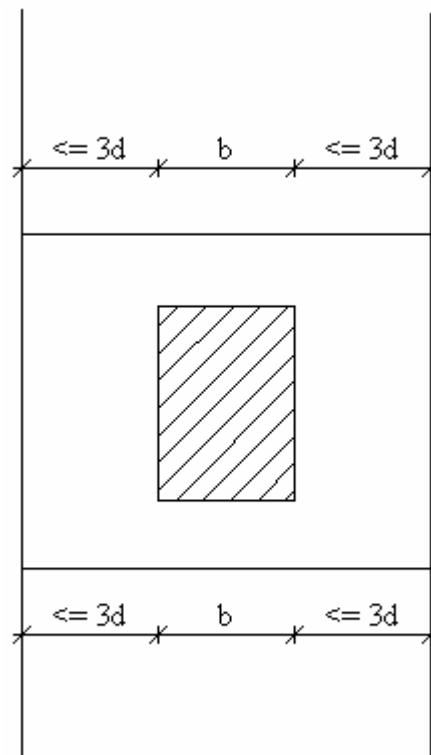
Kritischer Rundschnitt bei Randstützen



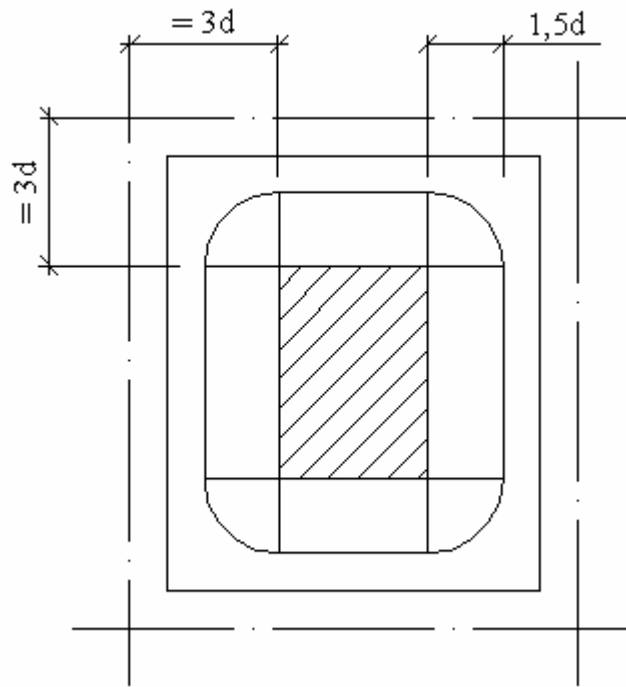
Kritischer Rundschnitt bei Eckstützen



Kritischer Rundschnitt bei Rand- und Eckstützen



Kritischer Rundschnitt bei beidseitiger Randstütze



Kritischer Rundschnitt bei sehr kleinen Fundamentplatten

Letzte Abbildung zeigt einen Sonderfall für kleine Platten. Hier ist der Abstand zwischen dem Rand der Stütze und der Platte an allen vier Seiten kleiner als dreimal die statische Höhe. Es wird in diesem Fall der kritische Rundschnitt wie für eine innenliegende Stütze ermittelt.

Da die Ermittlung der zu übertragenden Querkraft auch nach DIN 1045-1 vereinfacht mit einem kreisförmig idealisierten kritischen Rundschnitt geführt wird, gilt hinsichtlich der Ermittlung das bereits an gleicher Stelle für die DIN 1045-88 erwähnte. Hinsichtlich der besonderen Randbewehrung ist in DIN 1045-1, Abs. 10.5.2 (9) und im EC2, Abs. 4.3.4.2.2 (4) zu finden, daß bei Randabständen kleiner als d eine Randbewehrung mit Steckbügeln ($s_w \leq 100 \text{ mm}$) gemäß Abs. 13.3.2 (10), Bild 71 bzw. Abs. 5.4.3.2.4 Bild 5.16 erforderlich ist. Dieses Programm geht deshalb bei der Berücksichtigung der ermittelten Biegebewehrung im Durchstanznachweis vom Vorhandensein einer solchen Bewehrung aus.

Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ ohne Durchstanzbewehrung für DIN 1045-01

$$v_{Rd,ct} = 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot d_m$$

mit:

η_1 = Beiwert für Normalbeton = 1,0

κ = Beiwert zur Berücksichtigung der Plattendicke, Maßstabeffekt (Size Effects):

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_m}} \leq 2,0 \quad (d_m \text{ in mm}) \quad \text{mit: } d_m = \text{mittlere statische Höhe}$$

ρ_l = mittlerer Bewehrungsgrad

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}$$



$$\rho_l \leq 0.30 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

mit: f_{cd} = Bemessungswert der Druckfestigkeit

f_{yd} = Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls

$$\rho_l \leq 0.02$$

Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit V_{Rd1} ohne Durchstanzbewehrung für EC2

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1.2 + 40 \cdot \rho_l) \cdot d_m$$

mit:

τ_{Rd} = Grundwert der Bemessungsschubfestigkeit nach Tabelle 4.8 in Abschnitt 4.3.2

τ_{Rd} (N/mm²)

F_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48

κ = Beiwert zur Berücksichtigung der Plattendicke

$$\kappa = (1.6 - d_m) \geq 1,0 \quad (dm \text{ in } m) \quad \text{mit: } d_m = \text{mittlere statische Höhe}$$

ρ_l = mittlerer Bewehrungsgrad

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}$$

$$\rho_l \leq 0.15$$

Schubnachweis nach DIN 1045-1 bzw. EC2

Ermittlung des Bemessungswertes der einwirkenden Querkraft

Liegt also Fall 5 oder Fall 6 (Fallunterscheidung sh. Durchstanznachweis DIN 1045-88) für den Schnitt des kreisförmig idealisierten kritischen Rundschnittes mit den Plattenrändern vor, so wird die zu übertragende Querkraft aus der Bodenpressung abzüglich des nicht relevanten Anteils aus Gleichflächenlast bis zum Rand der Stütze bzw. des Köchers ermittelt. Auf einen Versatz des Schnittes für die maßgebende Querkraft um d gemäß DIN 1045 – 1 Abs. 10.3.2 bzw. EC2 Abs. 4.3.2.2 (10) wird verzichtet, da eine gleichmäßigen Verteilung der Belastung nicht vorliegt.

Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ biegebewehrter Bauteile ohne Querbewehrung für DIN 1045-01

$$V_{Rd,ct} = 0,10 \cdot \kappa \cdot \eta_l \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot d \cdot b_w$$

mit:

κ = Beiwert zur Berücksichtigung der Plattendicke, Maßstabseffekt (Size Effects):

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (d \text{ in mm}) \quad \text{mit: mittlere statische Höhe}$$

η_1 = Beiwert für Normalbeton = 1,0

ρ_l = Längsbewehrungsgrad

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

mit: A_{sl} = Fläche der Zugbewehrung, die mindestens um das Maß d über den betrachteten Querschnitt geführt und dort wirksam verankert wird

f_{ck} = Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit in N/mm²

b_w = Querschnittsbreite

d = statische Nutzhöhe der Biegebewehrung im betrachteten Querschnitt in mm

Zwar ist die Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ für biegebewehrter Bauteile ohne Querbewehrung identisch für Platten und Balken zu ermitteln, dennoch muß auch bei der Bemessung nach der DIN 1045-1 ermittelt werden, ob es sich um eine Platte oder einen Balken handelt, da der Balken auch bei der Bemessung nach dieser Norm mit einer Mindestbewehrung auszustatten ist. Das Unterscheidungskriterium ist auch hier gemäß DIN 1045-01 Abs. 13.3.3 (2) der Quotient aus Bauteilbreite geteilt durch Bauteilhöhe.

$$\frac{b}{h} \geq 5: \text{ Platte}$$

$$\frac{b}{h} < 4: \text{ Balken}$$

Allerdings gibt es nach DIN 1045-1 einen sogenannten Übergangsbereich, der wie folgt definiert ist.

$$4 \leq \frac{b}{h} < 5: \text{ Übergangsbereich}$$

Gemäß DIN 1045-1, 13.2.3 (5) darf der Bewehrungsgrad der Querkraftbewehrung bei Platten folgende Mindestwerte nicht unterschreiten.

$$\min \rho_w = 1.0 \cdot \rho$$

Dabei ist der Wert ρ der Tabelle 29 der DIN 1045-1, Abs. 13.1.2 zu entnehmen.

Charakteristische Betondruckfestigkeit f_{ck} in N/mm ²														
12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
Mindestbewehrungsgehalt in ‰														
0,51	0,61	0,70	0,83	0,93	1,02	1,12	1,21	1,31	1,34	1,41	1,47	1,54	1,60	1,66

Bei Bauteilen, die in den Übergangsbereich fallen, ist zwischen dem null- und einfachen Wert des Mindestbewehrungsgehalts zu interpolieren.



Die oberen Grenzwerte der zulässigen Bügelabstände bei stabförmigen Bauteilen ergeben sich gemäß Tabelle 31, der DIN 1045-1, Abs. 13.2.3.

Querkraftausnutzung	Festigkeitsklasse des Betons			
	* C50/60	> C50/60	* C50/60	> C50/60
	Längsabstand		Querabstand	
$V_{Ed} \cdot 0,30 V_{Rd,max}$	0.7h bzw. 300 mm	0.7h bzw. 200 mm	h bzw. 800 mm	h bzw. 600 mm
$0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \cdot 0,60 V_{Rd,max}$	0.5h bzw. 300 mm	0.5h bzw. 200 mm	h bzw. 600 mm	h bzw. 400 mm
$V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$	0.25h bzw. 200 mm			

Diese hängen von der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ ab, der für Bauteile aus Normalbeton, unter der Voraussetzung einer lotrechten Schubbewehrung und dem Nichtvorhandensein einer Längskraft, vereinfacht so berechnet wird.

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z}{\tan \vartheta + \cot \vartheta}$$

mit: $\alpha_c = 0.75 \cdot \eta_1$ mit: $\eta_1 = 1.0$ für Normalbeton

f_{cd} = Bemessungswert der einaxialen Festigkeit des Betons

b_w = Bauteilbreite

z = Hebelarm der inneren Kräfte

θ = Neigungswinkel der Betondruckstrebe

$\tan \vartheta \approx 0.83$

$\cot \vartheta \approx 1.2$

Bei Schubbewehrung hingegen, die unter dem Winkel α geneigt ist, ergibt sich die maximale Querkrafttragfähigkeit aus folgender Formel.

$$V_{Rd,max} = \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \vartheta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \vartheta}$$

Der Winkel θ ist der Neigungswinkel der Betondruckstrebe. Er wird vom Benutzer vorgegeben und darf sich gemäß Abs. 10.3.4 nur innerhalb bestimmter Grenzen bewegen, damit folgende Bedingungen eingehalten sind.

$$0,58 \leq \cot \vartheta \leq \frac{1,2}{1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Ed}}}$$

mit:

$$V_{Rd,c} = \beta_{ct} \cdot 0,10 \cdot \eta_1 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot z \quad \text{mit:}$$

$$\beta_{ct} = 2,4$$

Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit V_{Rd1} biegebewehrter Bauteile ohne Querbewehrung für EC2

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_l) \cdot b \cdot d$$

mit:

τ_{Rd} = Grundwert der Bemessungsschubfestigkeit nach Tabelle 4.8 in Abschnitt 4.3.2

τ_{Rd} (N/mm²)

F_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48

κ = Beiwert zur Berücksichtigung der Plattendicke

$$\kappa = (1,6 - d_m) \geq 1,0 \quad (dm \text{ in } m) \quad \text{mit: } d_m = \text{mittlere statische Höhe}$$

ρ_l = Längsbewehrungsgrad

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d} \leq 0,02$$

Auch im EC2 läßt sich kein Hinweis darauf finden, dass Platten mit einer Mindestschubbewehrung auszustatten sind. Ganz im Gegensatz zu Balken, die gemäß EC2 Abs. 5.4.2.2(5) eine Mindestschubbewehrung benötigen.

Also muß zunächst wieder unterschieden werden, ob es sich um einen Balken oder eine Platte handelt.

Wie dies zu unterscheiden ist, ist im Absatz 2.5.2.1 (3) des EC2 geregelt. Dort ist zu entnehmen, dass ein Bauteil als Platte gilt, sofern dessen kleinste Stützweite (also im Falle eines Fundaments dessen kürzere Seite) größer als das 4-fache der Gesamtdicke ist.

$$\frac{b}{h} < 4: \quad \text{Balken}$$

Für Balken sind in Tabelle 5.5 in Abhängigkeit von Beton- und Betonstahlfestigkeit die Mindestwerte des Schubbewehrungsgrades festgelegt.

Betonfestigkeits- klasse	Festigkeitsklasse des Betonstahles		
	S 220	S 400	S 500
C 12/15 und C 20/25	0,0016	0,0009	0,0007
C 25/30 bis C 35/45	0,0024	0,0013	0,0011
C 40/50 bis C 50/60	0,0030	0,0016	0,0013

Der Schubbewehrungsgrad ermittelt sich nach Gleichung 5.16 des Eurocodes wie folgt.

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b \cdot \sin \alpha}$$

mit:

A_{sw} = Querschnittsfläche der Schubbewehrung je Abstand s

s = Abstand der Schubbewehrung in Längsrichtung

b = Fundamentbreite

α = Winkel zwischen Schub- und Hauptbewehrung (d.h. für senkrechte Bügel $\alpha = 90^\circ$)

Es ergibt sich bei gewähltem Abstand s der Schubbewehrung aus dem Mindestschubbewehrungsgrad $\min \rho_w$ folgende Querschnittsfläche der Schubbewehrung je Abstand s.



$$A_{sw} = \min \rho_w \cdot s \cdot b \cdot \sin \alpha$$

Als nächstes muß dann ein Bügeldurchmesser gefunden werden, der unter Berücksichtigung der Schnittigkeit diese Querschnittsfläche hat. Dieser ist dann so oft in Fundamentlängsrichtung einzulegen, wie der ganze gewählte Abstand s unterzubringen ist.

Dieser Abstand s kann jedoch nicht beliebig gewählt werden, sondern ist durch den Abstand s_{\max} gemäß EC2, Abs. 5.4.2.2 (7) begrenzt.

Bedingung	s_{\max}
$V_{sd} \leq 1/5 V_{Rd2}$	$0.8d \leq 300 \text{ mm}$
$1/5 V_{Rd2} < V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$	$0.6d \leq 300 \text{ mm}$
$V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$	$0.3d \leq 300 \text{ mm}$

Die Querkrafttragfähigkeit V_{Rd2} ergibt sich gemäß Abs. 4.3.2.3 (3) in Querschnitten ohne rechnerisch erforderliche Schubbewehrung nach folgender Formel.

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0.9 \cdot d$$

mit:

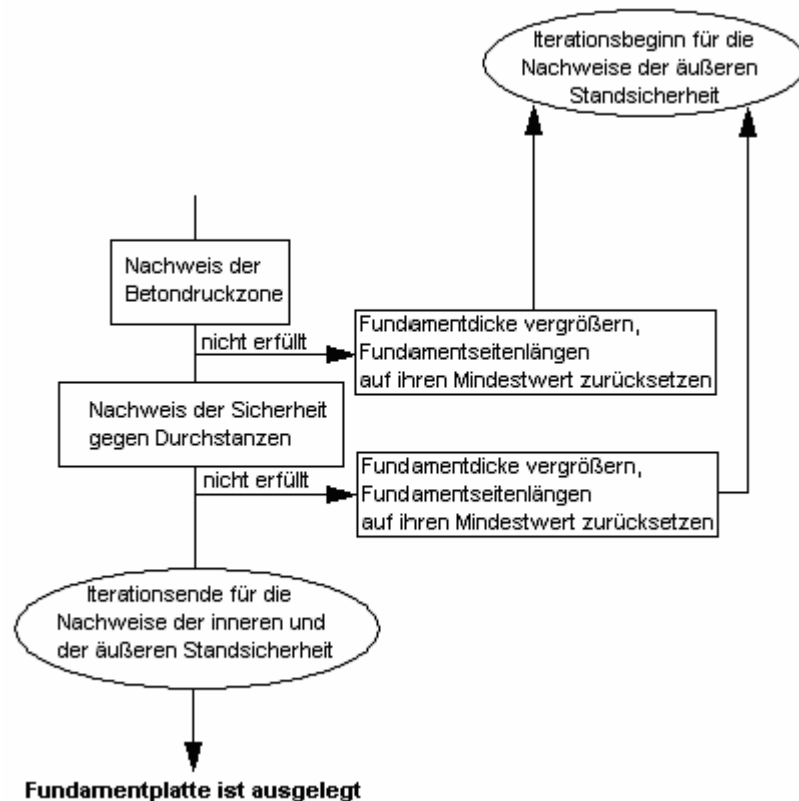
$$\nu = 0.7 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0.5 \quad (f_{ck} \text{ in N/mm}^2)$$

Auch der Querabstand der Bügel ist im Absatz 5.4.2.2 (9) reguliert.

Bedingung	$s_{\text{quer,max}}$
$V_{sd} \leq 1/5 V_{Rd2}$	$d \leq 800 \text{ mm}$
$1/5 V_{Rd2} < V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$	$0.6d \leq 300 \text{ mm}$
$V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$	$0.3d \leq 300 \text{ mm}$

Reihenfolge der Nachweise der inneren Standsicherheit und Prinzip der Auslegung

Die unten abgebildete Grafik beschreibt anschaulich die Anordnung der Nachweise und das Prinzip der Auslegung.

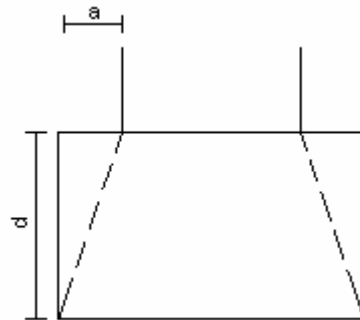


Ablauf der Nachweise der inneren Standsicherheit

Dem oben abgebildetem Flussdiagramm kann entnommen werden, sobald einer der Nachweise des Betons scheitert, wird die Fundamenthöhe vergrößert und die Fundamentseitenabmessungen zurück auf die Mindestseitenlängen gesetzt. Das Zurücksetzen der Fundamentseiten auf ihren Mindestlängen nach einer Erhöhung der Fundamentdicke vor einem abermaligem Beginn der Auslegung macht deshalb Sinn, weil eine dickere Fundamentplatte zu einem größerem Eigengewicht des Fundaments von Anfang an während des abermaligen Auslegungsprozesses führt. Dieses größere Eigengewicht hat für fast alle Nachweise einen positiven Einfluß und es kann deshalb nach dem abermaligem Auslegungsprozeß mit einer dickeren Fundamentplatte zu kürzen Fundamentseitenlängen kommen. Angemerkt sei, das es auch zu größeren Fundamentseiten nach abermaligem Durchlaufen des Auslegungsprozesses mit erhöhter Fundamentplattendicke kommen kann, da eine dickere Fundamentplatte bei großen Horizontalkräfte an ihrer Oberseite das Fundament kippanfälliger macht.

5.3.3.2 Unbewehrte Fundamente

Bei kleineren Belastungen kann ein einfacherer Nachweis der inneren Standsicherheit geführt werden. Es ist zu prüfen, ob der Quotient aus Fundamentplattendicke d geteilt durch Fundamentüberstand a kleiner als der erforderliche Mindestquotient nach DIN 1045; Tab. 17 ist.



Fundamentplattendicke und Fundamentplattenüberstand

Betongüte	Bodenpressung [kN/m ²]				
	≤ 100	≤ 200	≤ 300	≤ 400	≤ 500
B 5	1.6	2.0	2.0	unzulässig	
B 10	1.1	1.6	2.0	2.0	2.0
B 15	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0
B 25	1.0	1.0	1.2	1.4	1.6
B 35	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3

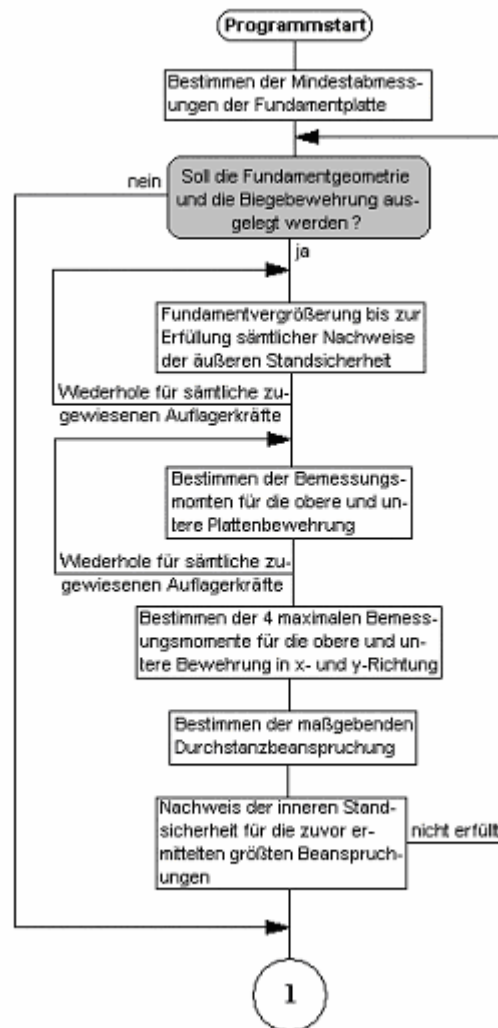
Mindestverhältnis vom Plattendicke zu Plattenüberstand

Bei höheren Betongüten wird das Mindestverhältnis für B 35 genommen. Bei größeren zulässigen Bodenpressung als 500 kN/m² wird diese Art des vereinfachten Nachweises nicht geführt. Die Auslegung wird dann mit der entsprechenden Meldung abgebrochen. Bei kleineren zulässigen Bodenpressungen werden Zwischenwerte linear interpoliert. Das Einlegen einer konstruktiven Bewehrung wird empfohlen.

Während der Auslegung zur Erfüllung der Nachweise der äußeren Standsicherheit wird bei jeder Vergrößerung der Fundamentplatte die Dicke zur Einhaltung der Mindestverhältnisse ebenfalls vergrößert.

5.3.4 Behandlung von mehr als einer Gruppe von Auflagerkräften

Der Benutzer wählt im Arbeitsbereich von RSTAB jene Auflagerknoten aus, deren Auflagerkräfte aus dem ebenfalls von ihm ausgewählten Lastfällen, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen bei der Bemessung eines Fundamentes berücksichtigt werden sollen. Angemerkt sei hierzu, daß es bei jeder Auswahl einer Lastfallkombinationen zu Berücksichtigung vom mehreren Gruppen von Auflagerkräften kommt, die sich aus der Bildung der Maximal- und Minimalwerten ergibt. Unter einer Gruppe von Auflagerkräften werden die beiden Einspannmomente um die Achsen x und y verstanden, sowie die Kräfte in alle drei Achsrichtungen. Wie wird für mehrere Gruppen von Auflagerkräften ein Fundament gefunden, das alle Nachweise der äußeren und inneren Standsicherheit erfüllt? Die unten abgebildete Auslegung zeigt zunächst mal wie mehr als eine Gruppe von Auflagerkräften berücksichtigt werden.



Grober Programmablauf (1. Teil)

In der Abbildung ist zu sehen, dass zunächst für alle Auflagerkräfte aus sämtlichen Gruppen von Auflagerkräften, die Nachweise der äußeren Standsicherheit erfüllt sein müssen. Anschließend werden mit den gefundenen Fundamentabmessungen ebenfalls wieder für alle Auflagerkräfte sämtlicher Gruppen von Auflagerkräften die Bemessungsmomente der oberen und unteren Plattenbewehrung in x- und y-Richtung ermittelt. Im nächsten Schritte wird das größte Bemessungsmoment der jeweiligen Richtung für Ober- und Unterseite der Fundamentplatte aus allen Auflagerkräften sämtlicher Gruppen von Auflagerkräften bestimmt. Ebenfalls wird die Gruppen von Auflagerkräften bestimmt, die zur größten Durchstanzbeanspruchung der Fundamentplatte führt. Mit diesen Maximalwerten der Beanspruchung werden dann die beiden Nachweise der inneren Standsicherheit geführt.

Diese Gruppen von Auflagerkräften werden dem Berechnungskern von Fund in der Reihenfolge übergeben, wie sie gebildet werden. Die Iterationen mit den Auflagerkräften in dieser Reihenfolge durchzuführen wäre unvorteilhaft. Es wird deshalb so vorgegangen:

1. Aufteilen der zugewiesenen Auflagergruppen in zwei Fraktionen. Die erste Fraktion erhält alle Gruppen von Auflagerkräften, deren Auflagerkraft in z-Richtung auf die Fundamentplatte drücken. Die zweite Fraktion enthält allen Gruppen von Auflagerkräften, deren Auflagerkraft in z-Richtung abhebende Wirkung hat.
2. Die Gruppen an Auflagerkräften der beiden Fraktionen werden jetzt sortiert. Dazu wird zunächst das Moment in der Bodenfuge gemäß 5.3.1.2 für beide Richtungen x und y gebildet. Anschließend wird die Differenz der Bodenfugenmomente in x- und y-Richtung bestimmt. Mit jener Gruppe von Auflagerkräften bei der diese Differenz am geringsten ist, werden die entsprechenden Nachweise des oben ab-



gebildeten Flußdiagrammes zuerst geführt. Es folgen dann die Gruppe von Auflagerkräften, die zum nächstkleineren Bodenfugenmoment führen.

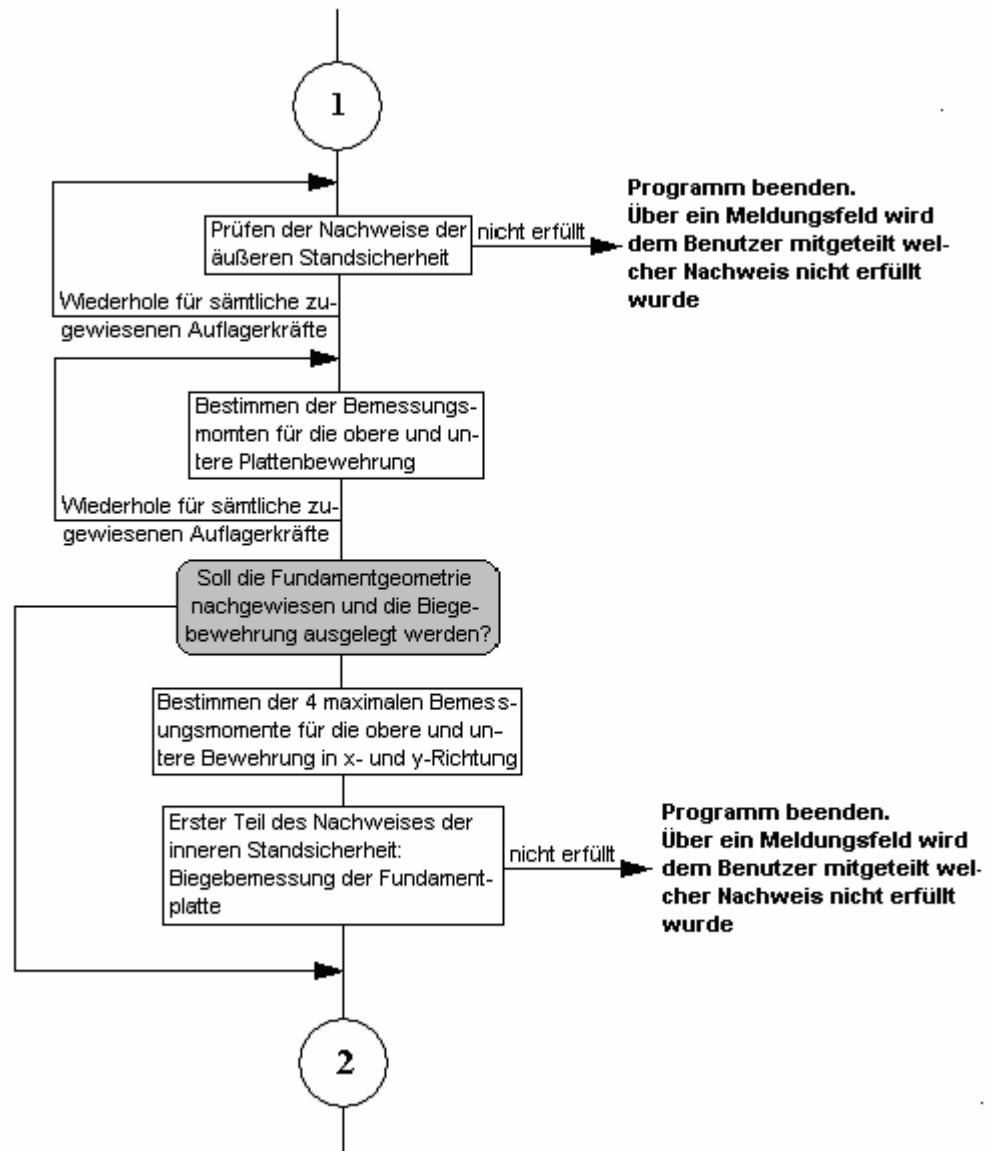
Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt auf der Hand. Es wird zunächst mit jener Gruppe von Auflagerkräften begonnen, die zu einer gedrunenen Fundamentform führt. Werden dieses Fundament nun durch Gruppen von Auflagerkräften beansprucht, die zu einer zu einem einseitigen Fundamentwachstum führen, ergeben sich geringere Zuwächse als wenn eine Fundament mit Minimalabmessungen durch diese Gruppen von Auflagerkräften beansprucht werden würde.

5.3.5 Möglichkeiten dieses Programms

Wie beim Köcher bieten sich auch beim Entwurf der Fundamentplatte folgende drei Möglichkeiten an:

- Auslegung sowohl der Fundamentgeometrie als auch der Biegebewehrung der Fundamentplatte
- Nachweis der Fundamentgeometrie und Auslegung der Biegebewehrung der Fundamentplatte
- Nachweis sowohl der Fundamentgeometrie als auch der vom Benutzer gewählten Biegebewehrung der Fundamentplatte

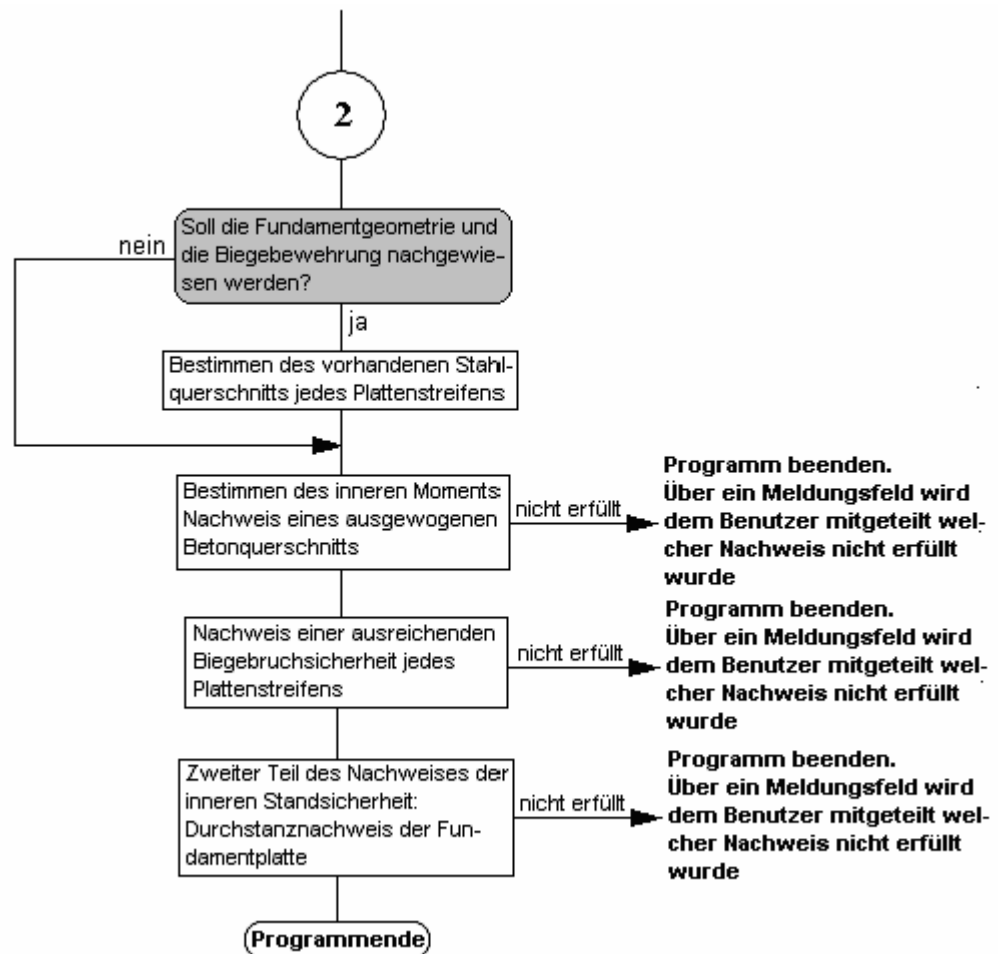
Die erste Möglichkeit wurde im oberen Flußdiagramm dargestellt. An dieses Flußdiagramm knüpft nun nahtlos das Flußdiagramm der zweiten Möglichkeit an.



Grober Programmablauf (2. Teil)

Zu Beginn des zweiten Teils des Ablaufdiagramms werden noch mal sämtliche Nachweise der äußeren Standsicherheit aller Auflagerkräften sämtlicher Gruppen von Auflagerkräfte geprüft. Diese Stelle wird vom Programm stets durchlaufen, egal, ob die Fundamentgeometrie ausgelegt oder nachgewiesen werden soll. Im Falle der Auslegung ist dies notwendig, da das quantitative Ergebnis eines Nachweises für eine Gruppe früherer Auflagerkräfte nicht mehr stimmt, wenn sich die Abmessungen der Fundamentplatte im Laufe der Iteration verändert haben. Anschließend werden für die endgültigen Fundamentabmessungen der Auslegung bzw. für die vom Benutzer eingegebenen Fundamentabmessungen die Bemessungsmomente der Plattenbiegebewehrung bestimmt. Soll die Bewehrung ausgelegt werden, so wird nun der erforderliche und der gewählte Stahlquerschnitt ermittelt. Ist hier bereits der Beton nicht in der Lage ein inneres Moment zur Biegebemessung mit aufzubauen, wird der Benutzer darauf hingewiesen, dass die von ihm vorgeschlagenen Plattendicke zu gering ist.

Mit dem dritten Teil des Ablaufdiagrammes ist der komplette Programmablauf in seinen wesentlichen Zügen vorgestellt.



Grober Programmablauf (3. Teil)

Zu Beginn des letzten Teil des Ablaufdiagramms wird der vorhandene Stahlquerschnitt jedes einzelnen Plattenstreifens aus der vom Benutzer gewählten Bewehrung für die einzelnen Bewehrungsbereiche ermittelt. Diese vorhandene Bewehrung wird bei der Auslegung der Bewehrung gleich bei der Biegebemessung der Fundamentplatte bestimmt. Ist die vorhandene Bewehrung bekannt, kann das innere Moment (DIN 1045-88) bzw. der Bemessungswert des aufnehmbaren Moments (DIN 1045-1) bestimmt werden. Mit dem Quotient aus diesem inneren Moment eines jeden Plattenstreifens und dem auf in entfallenden Bemessungsmomentenanteil kann nun die vorhanden Biegebruchsicherheit (DIN 1045-88) bzw. die vorhandene Biegebruchsicherheit auf der Widerstandsseite (DIN 1045-1) bestimmt werden. Ist diese kleiner als die erforderliche von 1,75 (DIN 1045-88) bzw. 1.0 (DIN 1045-1) so bricht das Programm hier ab. Über ein Meldungs-feld wird dann die Ursache genannt. Zum Schluß wird der Nachweis der Durchstanzsicherheit der Fundamentplatte geführt. Auch hier erscheint bei Misslingen wieder ein Meldungs-feld. Doch in diesem wird der Benutzer darauf hingewiesen, das durch Vergrößern des vorhandenen Stahlquerschnitts innerhalb des Durchstanzkegels die geforderte Durchstanzsicherheit möglicherweise doch noch erreicht werden kann. Er kann also nun in der Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung die vorhandenen Stahlquerschnitt vergrößern und den kompletten Nachweis von Fundamentgeometrie und gewählter Bewehrung erneut führen.

6. Beispiele

6.1 Köcher mit rauen Köcherinnenwänden

Im folgenden Beispiel soll ein Köcher mit rauer Schalungsfläche und seine Bewehrung für eine Gruppe von Lastfällen ausgelegt werden, dessen Schnittgrößen zu einer zweiachsigen Biegebeanspruchung führt. Als Bewehrung werden umschließende Bügel gewählt.

6.1.1 Auflagerkräfte

Nach der Berechnung mit RSTAB erhält der Benutzer für die zuvor definierten Belastungen die Auflagerreaktionen. Für die Bemessung des Fundamentköchers mit glatter und rauer Schalung sind drei Lastfälle maßgebend.

Lastfall „maxHoX“: Aus den Schnittgrößen dieses Lastfalles ergibt sich die größte horizontale Kraft in x-Richtung.

Lastfall „maxHoY“: Aus den Schnittgrößen dieses Lastfalles ergibt sich die größte horizontale Kraft in y-Richtung.

Lastfall „minT“: Aus den Schnittgrößen dieses Lastfalles ergibt sich die größte Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Köcher.

Das Zusatzmodul FUND ermittelt selbstständig aus allen vom Benutzer selektierten Knoten diejenigen der zuvor ausgewählten Lastfällen, deren Auflagerkräfte zu den größten Beanspruchungen führen. Für das folgende Beispiel wurden die Auflagerkräfte dieser Lastfälle als maßgebend ermittelt. Als Belastung des Köchers werden folgende Schnittgrößen angesetzt:

Lastfall	Nr	P-Z [kN]	P-X [kN]	P-Y [kN]	M-X [kN]	M-Y [kN]
LG1	2	300.00	-50.00	20.00	100.00	250.00
LG2	9	100.00	0	0	0	327.00
LG3	12	500.00	0	0	150.00	-150.00

6.1.2 Weitere Vorgaben

Fundamenttyp: Köcherfundament mit rauen Köcherinnenseiten

Bemessung nach DIN 1045-88

Bemessungsschnitt entlang der Achsen des Auflagerkoordinatensystems

Bügelform: Bügel, die die Stütze umschließen

Beton: B 35

Stahl: BSt 500

Herstellungsart: Ortbeton

Exzentrizität in x-Richtung: Fundamentplattenschwerpunkt um -30 cm im Bezug auf das Auflagerkoordinatensystem verschoben

Exzentrizität in y-Richtung: keine

Überschüttung: 1,00 m, Wichte der Überschüttung 20 kN/m³

Zusätzliche Einzellast: 17 kN,

Abstand von Auflagerkoordinatensystem:

in x-Richtung: -0.5 m

in y-Richtung: 0.5 m

Zusätzliche Gleichstreckenlast: 10 kN/m

Abstand des Streckenlastbeginns von Auflagerkoordinatensystem:

in x-Richtung: 1.5 m

in y-Richtung: 1.5 m

Abstand des Streckenlastendes von Auflagerkoordinatensystem:

in x-Richtung: -2.0 m

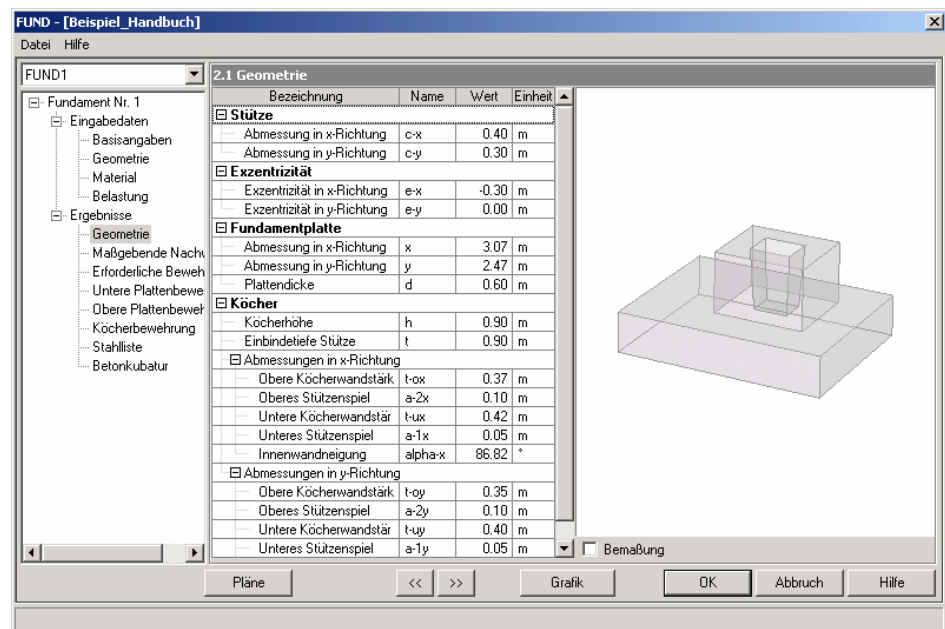
in y-Richtung: -2.5 m

Zulässige Bodenpressung: 200 kN/m²

Keine Berücksichtigung des passiven Erdwiderstandes beim Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten.

6.1.3 Abmessung von Stütze und Köcher

Stütze und Köcher haben folgende Abmessungen:



Ergebnis des Auslegungsprozeß

6.1.3.1 Mindesteinbindetiefe der Stütze in den Köcher

Maßgebend bei der Ermittlung der ersten Einbindetiefe T1 war die Lastfallgruppe LG 1. Die Exzentrizität e ergab sich zu:

$$e = \left| \frac{M}{P_z \cdot c} \right| = \frac{327.00}{100.00 \cdot 0.40} = 8.175 \text{ cm}$$

Damit ermittelt sich die erforderliche Einbindetiefe zu:

$$2,0 < 8,175:$$

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

Auflagerkräfte und -momente			
Vertikalkraft	P-Z	100.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.00	kN
Moment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
Moment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm
Lastfalltyp	LF	HZ	
Bezogene Lastausmitte in x-Richtung			
Stützeinspannmoment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm
Breite der Stütze in x-Richtung	cx	40.00	cm
Bezogene Lastausmitte in y-Richtung			
Stützeinspannmoment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
Breite der Stütze in y-Richtung	cy	30.00	cm
Nachweis			
Vorhandene Einbindetiefe	vorh t	90.00	cm
Erforderliche Einbindetiefe	erf t	80.00	cm
Nachweiskriterium	Kriterium	0.889	< 1.0

Auflagerkräfte und -momente			
Vertikalkraft	P-Z	100.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.00	kN
Moment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
Moment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm
Lastfalltyp	LF	HZ	
Bezogene Lastausmitte in x-Richtung			
Stützeinspannmoment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm
Breite der Stütze in x-Richtung	cx	40.00	cm
Bezogene Lastausmitte in y-Richtung			
Stützeinspannmoment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
Breite der Stütze in y-Richtung	cy	30.00	cm

Nachweis der Mindesteinbindetiefe

Die zweite Mindesteinspanntiefe war nicht maßgebend und vom Benutzer wurden auch keine größeren Einspanntiefen gefordert.

6.1.4 Horizontalkräfte auf die Köcherwände

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

$$\max HoY = \left| \frac{6 \cdot M_y}{5 \cdot t} + \frac{6}{5} \cdot P_x \right| = \left| \frac{6 \cdot 150}{5 \cdot 0.90} + \frac{6}{5} \cdot 0 \right| = 200 \text{ kN}$$

Dies Ausgabetable zeigt das gleiche Ergebnis. Ihr ist zudem die zugehörige Horizontalkraft in x-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in y-Richtung zu entnehmen:



☐ Auflagerkräfte und -momente			
☐ Am Knoten	Nr.	1	
☐ Lastfall	LF	LF12	
☐ Vertikalkraft	P-Z	500.000	kN
☐ Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.000	kN
☐ Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.000	kN
☐ Moment um die x-Achse	M-X	150.000	kNm
☐ Moment um die y-Achse	M-Y	-150.000	kNm
☐ Lastfall Hz	Hz	HZ	
☐ Hebelarm	Z	0.750	cm
☐ Obere Horizontalkraft in y-Richtung	max HoY	200.000	kN
☐ Obere Horizontalkraft in x-Richtung	zug HoX	200.000	kN

Maximale Horizontalkraft in y-Richtung

Die nächste Ausgabetabelle zeigt den Lastfall zur Ermittlung der größten Horizontalkraft in x-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in y-Richtung, sowie die zugehörige Horizontalkraft in y-Richtung senkrecht auf die Köcherwand in x-Richtung.

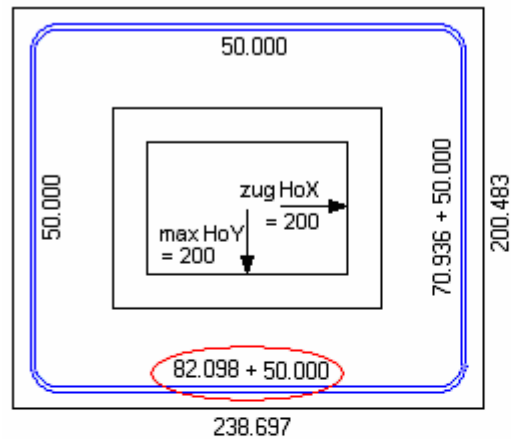
☐ Auflagerkräfte und -momente			
☐ Am Knoten	Nr.	1	-
☐ Lastfall	Lf	LF9	-
☐ Vertikalkraft	P-Z	100.000	kN
☐ Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.000	kN
☐ Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.000	kN
☐ Moment um die x-Achse	M-X	0.000	kNm
☐ Moment um die y-Achse	M-Y	327.000	kNm
☐ Lastfall Hz	Hz	HZ	-
☐ Hebelarm	Z	0.750	cm
☐ Obere Horizontalkraft in y-Richtung	zug HoY	0.000	kN
☐ Obere Horizontalkraft in x-Richtung	max HoX	436.000	kN

Maximale Horizontalkraft in x-Richtung

6.1.5 Maximalen Bügelzugkräfte, Bewehrungs- wahl

Allseitig außenliegender Bügel Bu

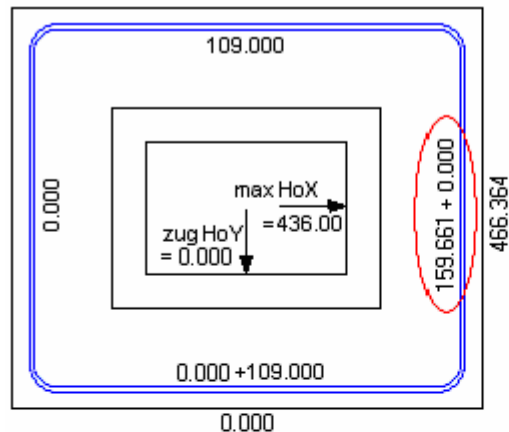
Im Lastfall der zur maximalen Horizontalkraft in y-Richtung führt ergeben sich folgende Zugkräfte:



☐ Zugkraft dieses Lastfalles zur Bemessung	maßg Z-Bu (m)	132.098	kN
☐ Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung			
☐ Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg	238.697	kN
☐ Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,Bieg	82.098	kN
☐ Zugkraft aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
☐ Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,ZugX	50.000	kN
☐ Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung			
☐ Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg	200.483	kN
☐ Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,Bieg	70.936	kN
☐ Zugkraft aus Zug der Köcherwand in y-Richtung			
☐ Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,ZugY	50.000	[kN]

Ermittlung der maximalen Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel für den Lastfall der zur größten Horizontalkraft in y-Richtung führt

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

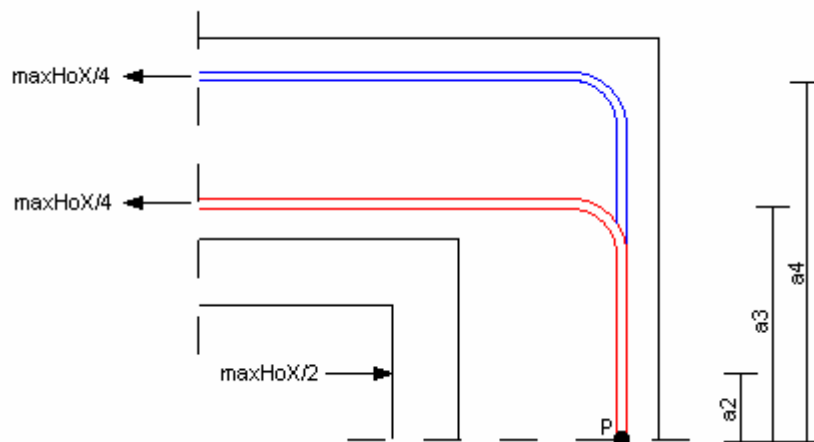


<input type="checkbox"/> Zugkraft dieses Lastfalles zur Bemessung	maßg Z-Bu (m)	159.661	kN
<input type="checkbox"/> Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg	0.000	kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,Bieg	0.000	kN
<input type="checkbox"/> Zugkraft aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,ZugX	109.000	kN
<input type="checkbox"/> Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg	466.364	kN
Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,Bieg	159.661	kN
<input type="checkbox"/> Zugkraft aus Zug der Köcherwand in y-Richtung			
Anteilige Zugkraft im allseitig außenli	Z-Bu,ZugY	0.000	[kN]

Ermittlung der maximalen Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel für den Lastfall der zur größten Horizontalkraft in x-Richtung führt

An der Außenseite des Köchers sind die Zugkräfte im kompletten Bewehrungsstahl ange-tragen, die aus Biegung dieser Köcherwand entstehen. Oberhalb des Bügels befinden sich dann anteilige Zugkraft aus Biegung, die auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt. Zu ihr wird die anteilige Zugkraft aus Zug der jeweiligen Köcherwand hinzuaddiert. Bevor entschieden wird, welches die maßgebende Zugkraft dieses LF ist, wird noch etwas näher auf die Bestimmung der anteiligen Zugkraft aus Biegung im allseitig außenliegenden Bügel eingegangen. Dazu wird die Biegung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall der größ-ten Horizontalkraft in x-Richtung betrachtet.

Es gilt zunächst das einwirkende Biegemoment zu bestimmen. Dazu müssen zunächst die Hebelarme a_3, a_4, a_5 bestimmt werden.



Ermittlung des einwirkenden Biegemoments

$$a2 = \frac{cy}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

$$a3 = \frac{cy}{2} + a2o + nomc + \frac{ds}{2} = \frac{30}{2} + 10 + 5.0 + \frac{1.6}{2} = 30.8 \text{ cm}$$

$$a4 = \frac{cy}{2} + a2o + toy - nomc - \frac{ds}{2} = \frac{30}{2} + 10 + 35 - 5 - \frac{1.6}{2} = 54.2 \text{ cm}$$

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

$$M_y = \frac{\max HoY}{4} \cdot (a3 + a4) - \frac{\max HoY}{2} \cdot a2$$

$$= \frac{436}{4} \cdot (30.8 + 54.2) - \frac{436}{2} \cdot 7.5 = 7630 \text{ kNcm}$$

Das einwirkende Moment unter Gebrauchslast wird mit dem Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1.75$ für Biegebruch multipliziert. Es ergibt sich das Bruchmoment somit zu:

$$M_{y,u} = \gamma \cdot M_y = 1.75 \cdot 7630 = 133.52 \text{ kNm}$$

Mit dem im Theorieteil beschriebenen Algorithmus ergeben sich folgende Parameter der Biegebemessung.

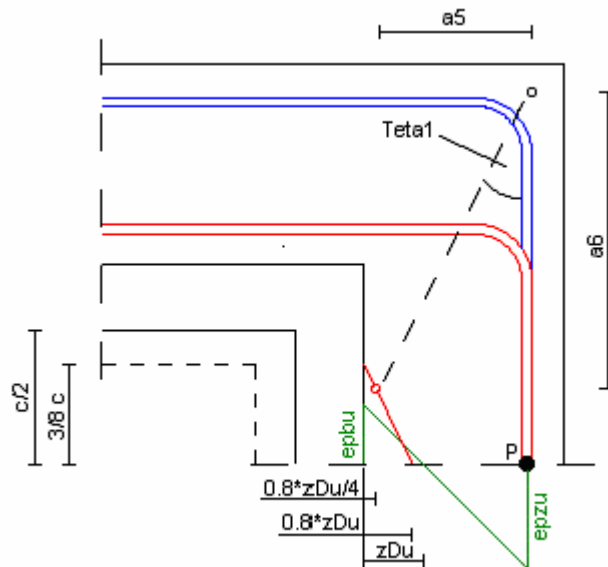
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Zugkraft im kompletten Bewehr	Z-Bieg.y	466.36	kN
<input checked="" type="checkbox"/>	Bruchmoment	M-u.y	133.52	kNcm
<input type="checkbox"/>	Inneres Moment	M-ui.y	133.90	kNcm
<input type="checkbox"/>	Statische Höhe der Köcherwand in x-Ri	h	32.87	cm
<input type="checkbox"/>	Dehnung der horizontalen Köcherwand	ep-zu	5.00	‰
<input type="checkbox"/>	Mindestdehnung der horizontalen Köch	ep-zu	2.00	‰
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Spannung im Bewehrungs	Sigma-Z	50.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Stauchung des Betons	ep-bu	2.00	‰
<input type="checkbox"/>	Höhe der dreieckförmigen Betondruckz	hD	1.67	cm
<input type="checkbox"/>	Höhe der rechteckförmigen Betondruc	hR	5.85	cm
<input type="checkbox"/>	Breite der Betondruckzonenfläche	b	30.00	cm
<input type="checkbox"/>	Fläche der Betondruckzone	A	200.37	cm ²
<input type="checkbox"/>	Druckkraft im Beton	D-bu	466.36	kN
<input type="checkbox"/>	Rechnerische Betonfestigkeit	Beta-R	2.45	cm ²
<input type="checkbox"/>	Hebelarm der inneren Kräfte	z	28.71	cm

Detailtabelle Allseitig außenliegende Bügel (Bu)

Die Höhe der Druckzone setzt sich aus der Höhe eines dreieckförmigen und eines rechteckförmigen Druckzonenteils zusammen. Der Faktor 0.8 entfällt hier da diese Höhe bereits um ihn reduziert sind. Die Druckzonenhöhen ergaben sich aus der Bemessung.

Auf die Betonbemessung wird bei der Ermittlung der Biegebruchsicherheit noch näher eingegangen.

Um jetzt die anteilige Zugkraft bestimmen zu können, die auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt, müssen zunächst die Hebelarme $a5$ und $a6$ bestimmt werden.



Bestimmen des Zugkraftanteils des allseitig außenliegenden Bügels

$$a5 = \text{tox} - \text{nomc} - \frac{ds}{2} - \frac{0.8 \cdot zDu}{4} = \text{tox} - \text{nomc} - \frac{ds}{2} - \frac{0.8 \cdot (hD + hR)}{4}$$

$$= 37 - 5 - \frac{1.6}{2} - \frac{(1.67 + 5.85)}{4} = 29.32 \text{ cm}$$

Der Hebelarm $a6$ ergibt sich zu:

$$a6 = \frac{cy}{8} + a2y + \text{toy} - \text{nomc} - \frac{ds}{2} = \frac{30}{8} + 10 + 35 - 5 - \frac{1.6}{2} = 42.95 \text{ cm}$$

Nun lässt sich der Lastausbreitungswinkel $\theta 1$ ermitteln.

$$\theta 1 = \arctan \frac{a5}{a6} = \arctan \frac{29.32}{42.95} = 0.599 \text{ rad}$$

Mit ihm und der im Viertelpunkt angreifenden anteiligen Horizontalkraft $\max HoX$ kann nun die Größe der Druckstrebenkraft $D1$ bestimmt werden.

$$D1 = \frac{\max HoX}{4 \cdot \sin \theta 1} = \frac{436.00}{4 \cdot \sin 0.599} = 193.32 \text{ kN}$$

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

$$ZBu, \text{Bieg} = D1 \cdot \cos \theta 1 = 193.32 \cdot \cos 0.599 = 159.66 \text{ kN}$$

Dieses Ergebnis findet sich auch in der Ausgabemaske wieder.

<input type="checkbox"/> Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung			
<input type="checkbox"/> Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg.y (max)	466.364	kN
<input type="checkbox"/> Bruchmoment	M-u.y	133.52	kNm
<input type="checkbox"/> Inneres Moment	M-ui.y	133.90	kNcm
<input type="checkbox"/> Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
<input type="checkbox"/> Tangens des Lastausbreitungs	tanTeta1y	0.683	
<input type="checkbox"/> Lastausbreitungswinkel Teta1 i	Teta1y	0.599	rad
<input type="checkbox"/> Vertikale Kathete der Druckstr	a5x	29.322	cm
<input type="checkbox"/> Horizontale Kathete der Druck	a6y	42.950	cm
<input type="checkbox"/> Hebelarm innerhalb der Köcher	a1y	31.200	cm

Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft

Nachdem nun geklärt wurde, wie die anteilige Zugkraft aus Biegung im allseitig außenliegenden Bügel B_u zu Stande kommt, wenden wir uns nun wieder der Ermittlung der maximalen Zugkraft dieses Bügels zu. Diese ergibt sich bei der Biegung der Köcherwand in y-Richtung unter der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung. Sie beträgt:

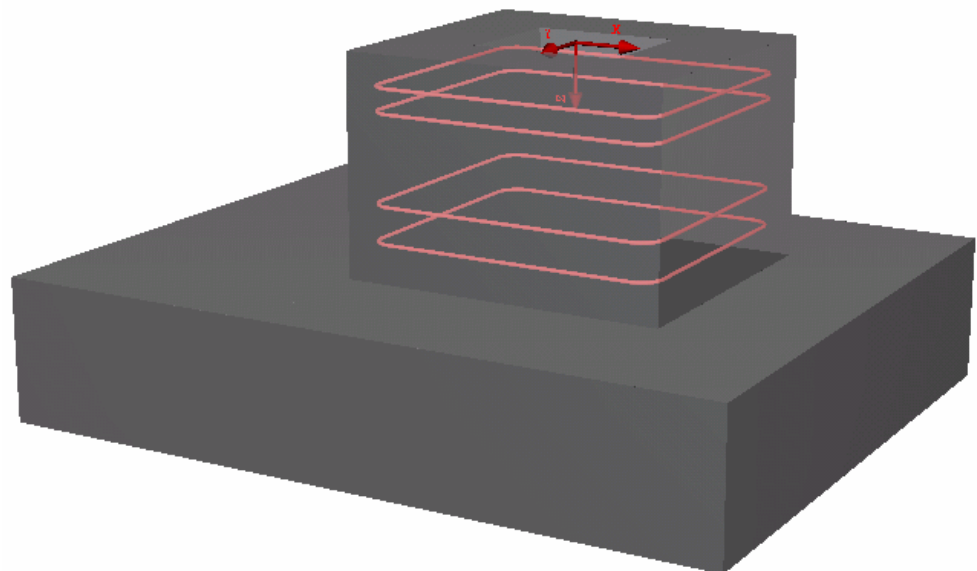
$$\text{maßg } Z_{B_u} = 159.66 \text{ kN}$$

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

<input type="checkbox"/> Erforderlicher Stahlquerschnitt			
<input type="checkbox"/> Maßgebende Zugkraft zur Bemessung de	maßg Z-Bu	159.66	kN
<input type="checkbox"/> Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Maßgebender erforderlicher Stahlquersch	maßg erf As	3.19	cm ²

Erforderliche Stahlquerschnitt

Folgende Bewehrung wurde gewählt:



Rendering der gewählten Bewehrung

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Einzelheiten der gewählten Bewehrung.

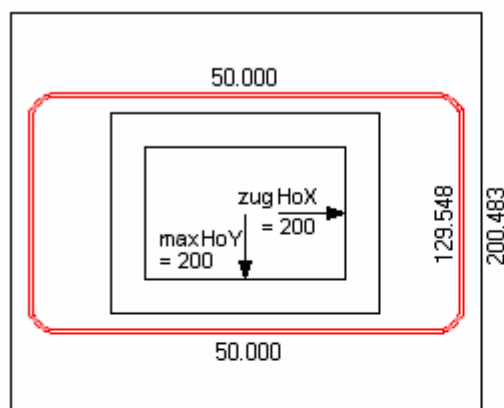
Details zur gewählten Bewehrung				
Oben liegende Bügel				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-Bu	4.02	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	ds-Bu	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-Bu	2		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-Bu	2		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-Bu	3		
Abstand der Bügel	a-Bu	10.00	cm	
Unten liegende Bügel				
Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-Bu,un	4.02	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	ds-Bu,unten	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-Bu,unten	2		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-Bu,unten	0		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-Bu,unte	2		
Abstand der Bügel	a-Bu,unten	15.00	cm	

Details zur gewählten Bewehrung

Als nächstes muss die Zugkraft in demjenigen Bügel bestimmt werden, der in y-Richtung an der Außenseite der Köcherwand liegt.

Bügel BuY, die in y-Richtung außen liegen

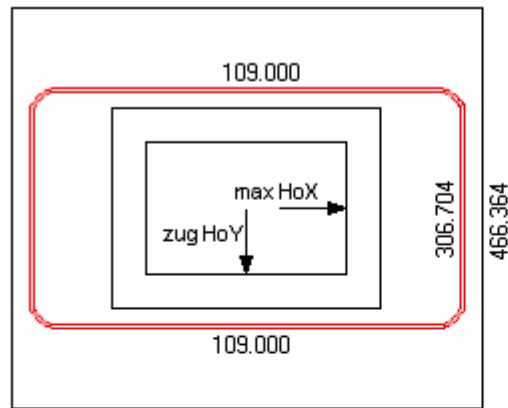
Im Lastfall, der zur maximalen Horizontalkraft in y-Richtung führt, ergeben sich folgende Zugkräfte:



Zugkraft dieses Lastfalls zur Bemessung	maßg Z-BuY (max)	129.548	kN
Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung			
Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg,y (maxHoY)	200.483	kN
Bruchmoment	M-u,y	61.25	kNm
Inneres Moment	M-ui,y	61.42	kNm
Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
Anteilige Zugkraft der in y-Richtung	Z-BuY,Bieg,y (max)	129.548	kN
Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
Anteilige Zugkraft der in y-Richtung	Z-BuY,Zug,y (max)	50.000	kN

Ermittlung der maximalen Zugkraft im in y-Richtung außenliegenden Bügel für den Lastfall der zur größten Horizontalkraft in y-Richtung führt

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



<input type="checkbox"/>	Zugkraft dieses Lastfalls zur Bemessung	maßg Z-BuY (maxH)	306.704	kN
<input type="checkbox"/>	Aus Biegung der Köcherwand in y-Richtung			
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Zugkraft im kompletten	Z-Bieg.y (maxHoX)	466.364	kN
<input type="checkbox"/>	Bruchmoment	M-u,y	133.52	kNm
<input type="checkbox"/>	Inneres Moment	M-ui,y	133.90	kNm
<input type="checkbox"/>	Geometrische Größen zur Aufteilung der Zugkraft			
<input type="checkbox"/>	Anteilige Zugkraft der in y-Richtung	Z-BuY,Bieg.y (maxH)	306.704	kN
<input type="checkbox"/>	Aus Zug der Köcherwand in x-Richtung			
<input type="checkbox"/>	Anteilige Zugkraft der in y-Richtung	Z-BuY,Zug.y (maxH)	109.000	kN

Ermittlung der maximalen Zugkraft im in y-Richtung außenliegenden Bügel für den Lastfall der zur größten Horizontalkraft in y-Richtung führt

Leicht zu Erkennen ist, dass die größte Zugkraft durch Biegung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung zu Stande kommt. Sie beträgt:

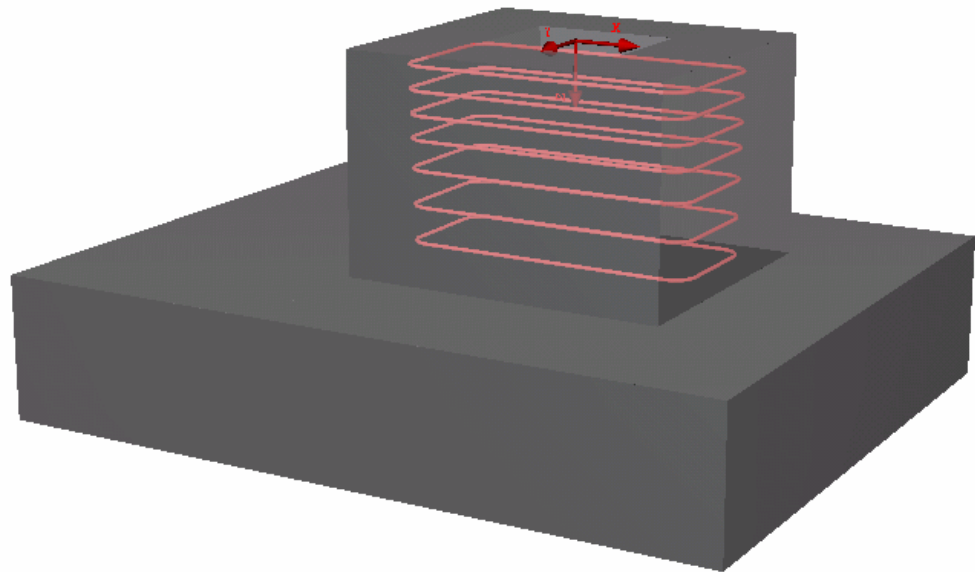
$$\text{maßg } Z_{\text{BuY}} = 306.704 \text{ kN}$$

Damit wird folgender Stahlquerschnitt für die Bügel BuY ermittelt:

<input type="checkbox"/>	Erforderlicher Stahlquerschnitt			
<input type="checkbox"/>	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung de	maßg Z-BuY	306.70	kN
<input type="checkbox"/>	Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Maßgebender erforderlicher Stahlquersch	maßg erf As	6.13	cm ²

Erforderlicher Stahlquerschnitt

Es wurden folgende Bügel gewählt:



Rendering der gewählten Bewehrung

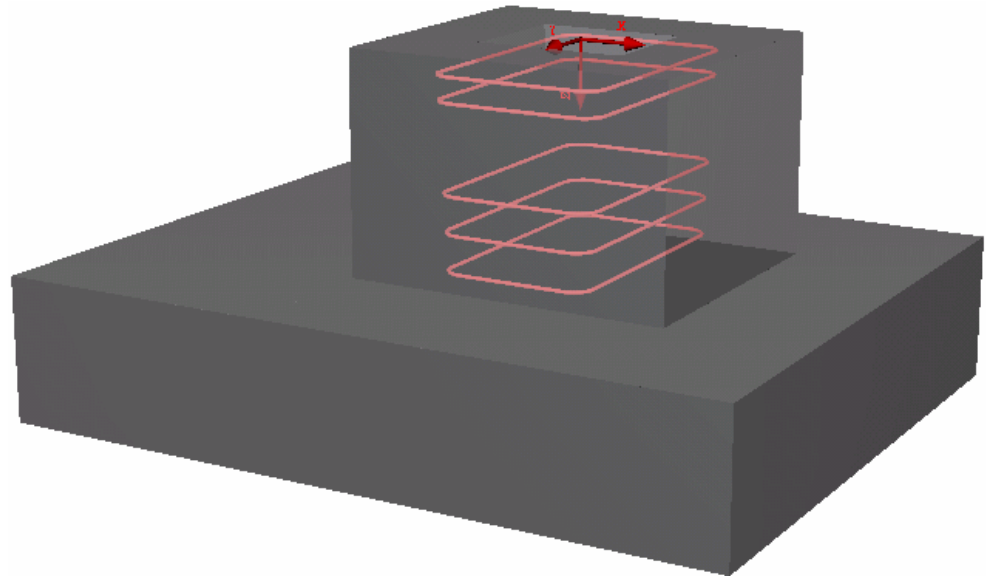
Folgende Einzelheiten zur gewählten Bewehrung sind zu erwähnen.

Details zur gewählten Bewehrung				
Oben liegende Bügel				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-BuY	8.04	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	ds-BuY	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-BuY	4		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-BuY	4		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-BuY	4		
Abstand der Bügel	a-BuY	9.00	cm	
Unten liegende Bügel				
Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-BuY,u	6.03	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	ds-BuY,unten	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-BuY,unten	3		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-BuY-unte	0		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-BuY,un	3		
Abstand der Bügel	a-BuY,unten	10.00	cm	

Details zu gewählten Bewehrung

Bügel BuY, die in y-Richtung außen liegen

Die Ermittlung der erforderlichen Bügelanzahl, die in x-Richtung außen liegen, erfolgt analog. Es ergab sich folgende Anzahl:



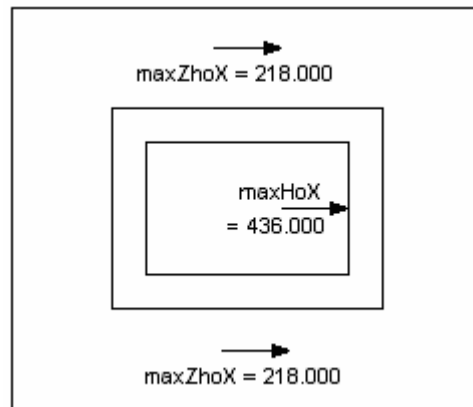
Rendering der gewählten Bewehrung

Details zur gewählten Bewehrung				
Oben liegende Bügel				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-BuX	4.02	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	ds-BuX	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-BuX	2		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-BuX	2		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-BuX	4		
Abstand der Bügel	a-BuX	9.00	cm	
Unten liegende Bügel				
Köcher mit rauer Innenseite: Bewehrung nur konstruktiv				
Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh As-unten	6.03	cm ²	
Gewählter Durchmesser des Bügels	d-BuX,unten	1.60	cm	
Gewählte Anzahl der Bügel	n-BuX,unten	3		
Statisch erforderliche Anzahl an Bügel	erf n-BuX,unte	0		
Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln	mog n-BuX,un	3		
Abstand der Bügel	a-BuX,unten	10.00	cm	

Details zur gewählten Bewehrung

Vertikale Bügel Vx

Als nächstes muss die vertikale Randbewehrung der Köcherwandscheiben ermittelt werden. Begonnen wird hierbei mit der Köcherwandscheibe in x-Richtung. Es wird der Lastfall betrachtet, der zur maximalen Horizontalkraft in x-Richtung führt.

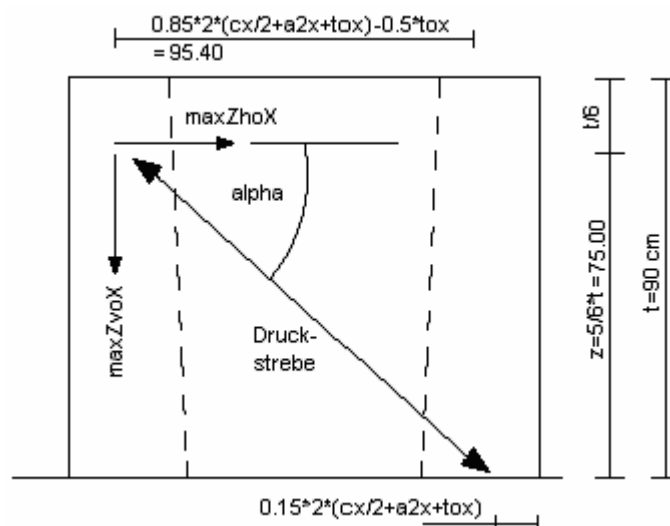


Aufteilung der Horizontalkraft auf die Köcherwände

Die Horizontalkraft wird gleichmäßig auf beide Wandscheiben aufgeteilt. Auf jede Wandscheibe entfällt also:

$$\max ZhoX = 218.000 \text{ kN}$$

Als nächstes muss die Neigung der Betondruckstrebe ermittelt werden, die diagonal über die Köcherwandscheibe in x-Richtung läuft.



Kräftemodell zur Ermittlung der vertikalen Randzugkraft

$$\tan \alpha = \frac{75.00}{95.40} = 0.786$$

Damit errechnet sich die Randzugkraft zu:

$$\max ZvoX = \tan \alpha \cdot \max ZhoX = 0.786 \cdot 218.00 = 171.38 \text{ kN}$$

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

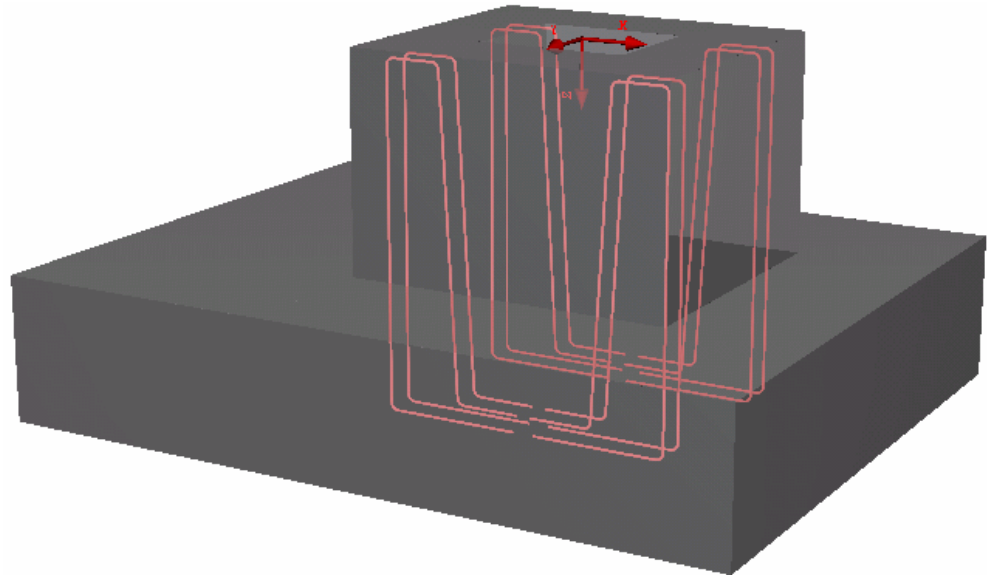
$$\text{erfAs} = \frac{\max ZvoX}{\beta_s} = \frac{171.38}{50} = 3.428 \text{ cm}^2$$

$$\beta_s = 50 \text{ kN/cm}^2 \text{ für BSt 500}$$

Teilt man diesen Gesamtbewehrungsquerschnitt durch die doppelte Querschnittsfläche eines vertikalen Bügels erhält man die erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel:

$$\text{erf } n = \frac{\text{erf } A_s}{2 \cdot A_{s_{\text{Bügel}}}} = \frac{3.428}{2 \cdot 1.13} = 1.51$$

Es werden 2 Bügel für jeden Rand der Köcherwandscheibe in x-Richtung gewählt. Somit ergibt sich folgendes Bewehrungsbild:



Rendering der gewählten Bewehrung

Tabellarisch wird die Bewehrung so erfasst:

Details zur gewählten Bewehrung			
<input type="checkbox"/> Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh $A_s \cdot \sqrt{x}$	4.52	cm ²
<input type="checkbox"/> Gewählter Durchmesser der Bügel	ds $\cdot \sqrt{x}$	1.20	cm
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl der Bügel pro Rand	n $\cdot \sqrt{x}$	2	
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln p	erf n $\cdot \sqrt{x}$	2	
<input type="checkbox"/> Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln pr	mög n $\cdot \sqrt{x}$	2	
<input type="checkbox"/> Abstand der Bügel	a $\cdot \sqrt{x}$	12.40	cm

Details zu gewählten Bewehrung

Die Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung erfolgt analog. Dabei kam es zu folgendem Ergebnis:

Vertikale Bügel V_y

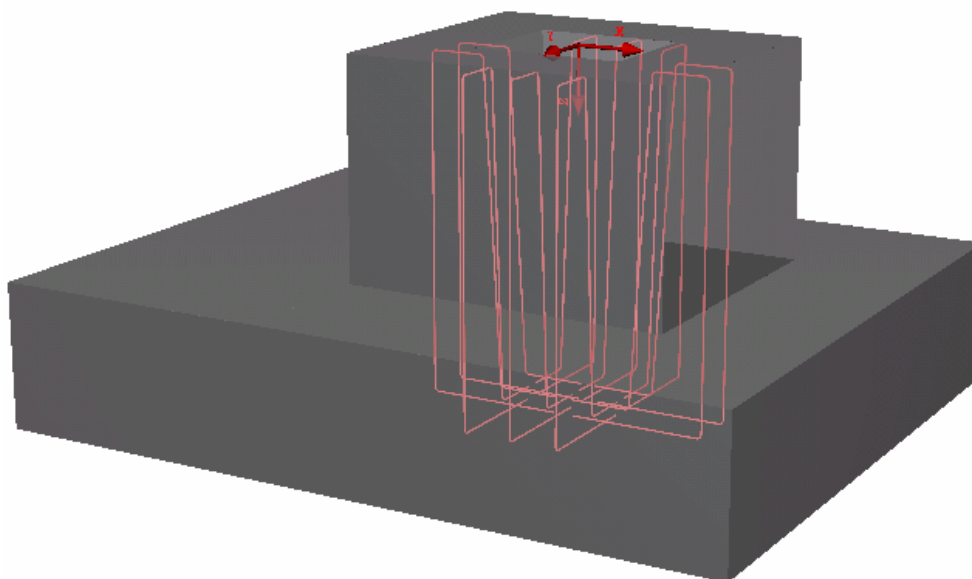
Details zur gewählten Bewehrung			
<input type="checkbox"/> Vorhandener Stahlquerschnitt	vorh A_s	2.01	cm ²
<input type="checkbox"/> Gewählter Durchmesser der Bügel	dV	0.80	cm
<input type="checkbox"/> Gewählte Anzahl der Bügel pro Rand	nV	2	
<input type="checkbox"/> Statisch erforderliche Anzahl an Bügeln p	erf nV	2	
<input type="checkbox"/> Konstruktiv mögliche Anzahl an Bügeln pr	mög nV	2	
<input type="checkbox"/> Abstand der Bügel	a	12.20	cm

Details zu gewählten Bewehrung

Die Randbewehrungen werden mit der Biegebewehrung der Fundamentplatte verankert.

Damit ist die Ermittlung der statisch erforderlichen Bewehrung abgeschlossen. Konstruktiv werden jetzt in jede Wandscheibe noch soviel Bügel eingelegt, wie in einem gewähltem Abstand von 20 cm möglich sind.

Konstruktive Bewehrung



Rendering der gewählten Bewehrung

6.1.6 Einwirkendes Moment M , Bruchmoment M_u und inneres Moment M_{ui}

Nachdem nun sämtliche Bewehrungen ermittelt wurde, kann nun auf weitere Details der Berechnung eingegangen werden. Das einwirkende Moment unter Gebrauchslast ergab sich für die Biegung der Köcherwand in y-Richtung unter der maximalen Horizontalkraft in x-Richtung zu $M=7630 \text{ kNcm}$.

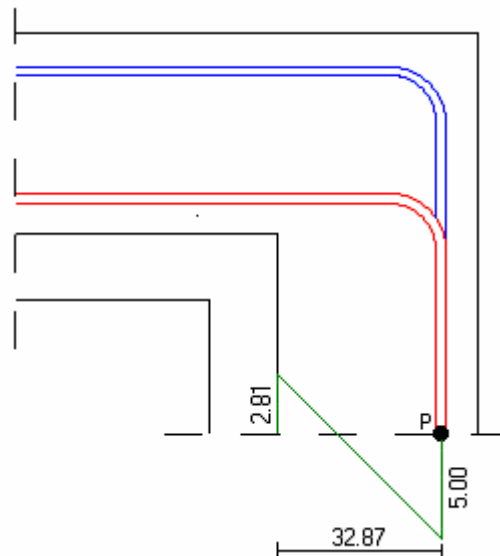
Dieses einwirkende Moment wurde mit der erforderlichen Biegebruchsicherheit $\gamma=1.75$ multipliziert und dies ergab das Bruchmoment $M_u = 13352.5 \text{ kNcm}$. Wie im Theorieteil ausführlich beschrieben, wurden Stauchung der Köcherwandinnenseite und Dehnung der Köcherwandaußenseite der Köcherwand in y-Richtung so lange iterativ verändert, bis die Kräfte in Stahl und Beton, die mit diesen Verformungen einhergehen, zusammen mit ihrem Abstand ein inneres Moment M_{ui} gebildet haben, das größer war als dieses Bruchmoment M_u .

Nachdem nun ein Stahlquerschnitt gewählt wurde, kann abermals ein inneres Moment M_{ui} bestimmt werden. Ausgehend von den Bruchdehnungszustand wird die Verformung von Stahl und Beton so lange verändert bis in beiden Werkstoffen Kräftegleichgewicht herrscht. Dieses innere Moment M_{ui} soll nun für die gewählte Bewehrung bestimmt werden. Es ergab sich nach der Iteration folgendes Ergebnis:

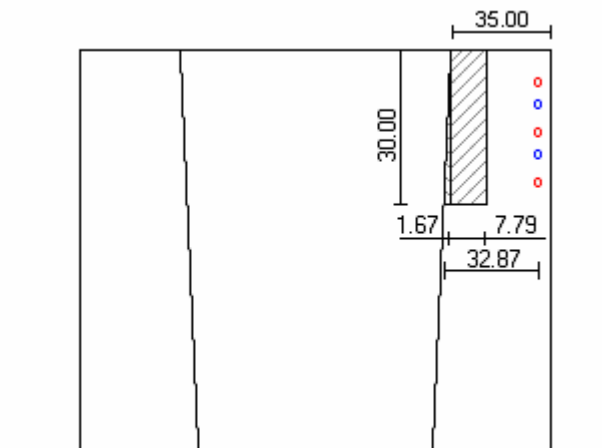
<input checked="" type="checkbox"/> Inneres Moment	M- _{ui}	16705.8	kNm
Statische Höhe der Köcherwand in x-Richt	h	32.87	cm
Dehnung der horizontalen Köcherwandbe	ep zu	5.00	‰
Mindestdehnung der horizontalen Köcherw	ep zu	2.00	‰
Vorhandene Spannung im Bewehrungssta	Sigma Z	50.00	kN/cm ²
Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm ²
Gesamter Bewehrungsquerschnitt	vorh As	12.06	cm ²
Bewehrungsquerschnitt der allseitig außenl	vorh As-Bu	4.02	cm ²
Bewehrungsquerschnitt der in y-Richtung	vorh As-BuY	8.04	cm ²
Resultierende Zugkraft im Bewehrungssta	Z	603.17	kN
Stauchung des Betons	ep-bu	2.81	‰
Höhe der dreieckförmigen Betondruckzon	hD	1.67	cm
Höhe der rechteckförmigen Betondruckzo	hR	7.79	cm
Breite der Betondruckzonenfläche	b	30.00	cm
Fläche der Betondruckzone	A	258.81	cm ²
Druckkraft im Beton	D-bu	602.37	kN
Rechnerische Betonfestigkeit	Beta-R	2.45	cm ²
Hebelarm der inneren Kräfte	z	27.73	cm

Inneres Moment M_{ui}

Zur Verdeutlichung der Parameter des inneren Moments M_{ui} werden noch zwei Skizzen angeführt.



Dehnungszustand beim Gleichgewicht der inneren Kräfte



Form der Druckzone (Schnitt Köcherwand Blickrichtung in y-Richtung)

Teilt man dieses innere Moment $M_{ui} = 16705.8 \text{ kNm}$ durch das zuvor ermittelte Bemessungsmoment $M = 7630.0 \text{ kNm}$, so erhält man die sich durch die Wahl der Bewehrung einstellende Biegebruchsicherheit.

⊕ Bemessungsmoment	M	76.30	kNm
⊕ Inneres Moment	M_{ui}	167.06	kNm
☐ Nachweis			
— Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh Gamma	2.19	
— Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
— Nachweiskriterium	Kriterium	0.799	< 1.0

Ermittlung der Biegebruchsicherheit

Die vorhandene Biegebruchsicherheit lässt sich noch weiter steigern. Die Anzahl der allseitig außenliegenden Bügel wird von 2 Stück auf konstruktiv mögliche 3 Stück gesteigert und das innere Moment M_{ui} sowie die vorhandene Biegebruchsicherheit erneut bestimmt.

⊕ Bemessungsmoment	M	38.50	kNm
⊕ Inneres Moment	M_{ui}	109.23	kNm
☐ Nachweis			
— Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh Gamma	2.84	
— Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
— Nachweiskriterium	Kriterium	0.617	< 1.0

Ermittlung der Biegebruchsicherheit nach veränderter Bewehrung

6.1.7 Bodenmechanische Nachweise

Als nächstes werden die bodenmechanischen Nachweise geführt. Zunächst werden die Mindestseitenlängen der Fundamentplatte bestimmt.

Bei einer rauen Köcherinnenseite überträgt sich die Stützennormalkraft über die Verzahnung auf die Köcherwände. Der Durchmesser der runden, flächengleichen Aufstandsfläche ermittelt sich somit zu:

$$\begin{aligned}
 ds &= 1.13 \cdot \sqrt{(cx + 2 \cdot (tox + a2x)) \cdot (cy + 2 \cdot (toy + a2y))} \\
 &= 1.13 \cdot \sqrt{(0.40 + 2 \cdot (0.37 + 0.10)) \cdot (0.30 + 2 \cdot (0.35 + 0.10))} \\
 &= 1.43 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untere Abbildung zeigt diese runde, flächengleiche Aufstandsfläche.



Runde, flächengleiche Aufstandsfläche des Köchers

Als nächstes wird die mittlere statische Höhe aus den beiden statischen Höhen der Bewehrung in die beiden Richtungen ermittelt.

$$h_m = \frac{h_x + h_y}{2} = \frac{0.535 + 0.525}{2} = 0.53 \text{ m}$$

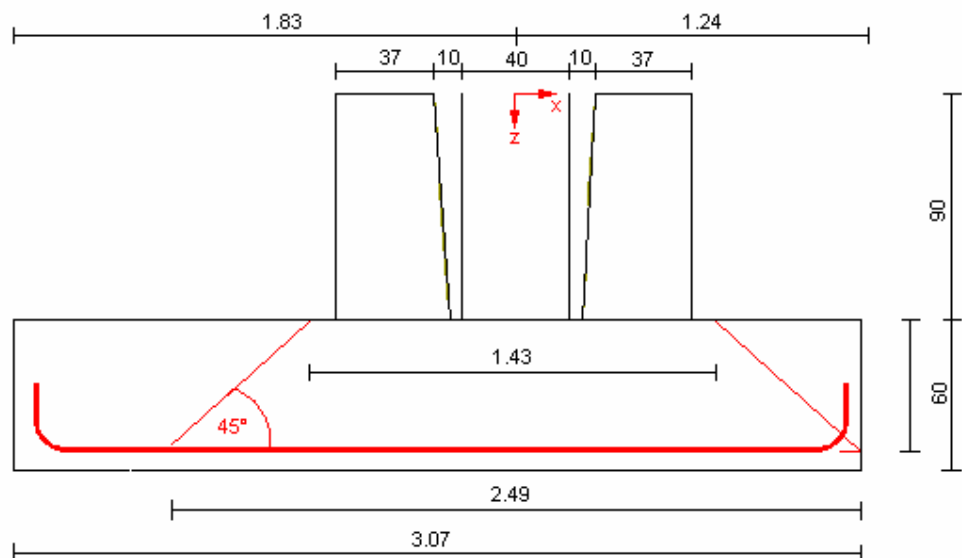
Von der runden, flächengleichen Aufstandsfläche geht ein Lastausbreitungskegel unter 45° aus, der schließlich in der mittleren Höhe der unteren Bewehrung folgenden Durchmesser seiner Aufstandsfläche erreicht.

$$d_{\text{Staz}} = d_s + 2 \cdot h_m = 1.43 + 2 \cdot 0.53 = 2.49 \text{ m}$$



Durchmesser der Unterseite des Durchstandskegels

Die nächste Abbildung zeigt die Mindestfundamentlänge in x-Richtung, sofern, wie in diesem Beispiel angenommen, der Durchstanzkegel nicht die Ränder der Fundamentplatte schneiden soll.



Mindestfundamentlänge in x-Richtung

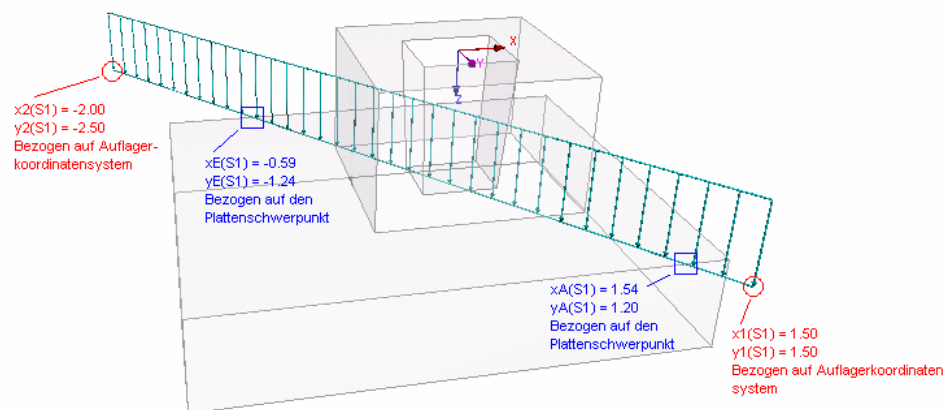
Prämissen bei der Ermittlung waren, daß die Exzentrizität der Stütze 30 cm (Benutzervorgabe) beträgt und daß der Durchstanzkegel, ausgehend von einer flächengleichen runden Aufstandsfläche, nicht die Seitenwände der Fundamentplatte schneidet. Die Ermittlung der Fundamentplattenausdehnung in y-Richtung erfolgte analog.

Es werden zunächst die resultierenden Lasten in der Bodenfuge ohne die Auflagerkräfte bestimmt.

☒ aus Fundamentplatteneigengewicht	G-p	113.99	kN
☒ aus Köchereigengewicht	G-k	36.18	kN
☒ aus Überschüttung	G-ü	119.82	kN
☒ aus zusätzlichen Einzellasten	G-P	17.00	kN
☒ aus zusätzlichen Gleichstreckenlasten	G-S	32.36	kN

Resultierenden Belastungen in der Bodenfuge aus ständig wirkenden Belastungen

Etwas näher soll hier auf die Ermittlung der Resultierenden aus zusätzlicher Gleichstreckenlast eingegangen werden. Vom Benutzer wurden Beginn und Ende der Gleichstreckenlast vorgegeben, vom Programm wurde jener Teil ermittelt, der sich nach der Auslegung auf der Fundamentplatte befindet. Übersichtlicher wird es hier mit einer Skizze.



Gleichstreckenlast über Fundamentplatte

Tabellarisch sieht das Ganze dann so aus:

☒ 1. Gleichstreckenlast			
☒ Streckenlast pro Meter	S1	10.00	kN/m
☒ Linie schneidet Platte			
☒ Resultierende Last des auf der Funda	S1	32.36	kN
☒ Beginn der Gleichstreckenlast			
☒ x-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$x_1(S1)$	1.50	m
☒ y-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$y_1(S1)$	1.50	m
☒ Ende der Gleichstreckenlast			
☒ x-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$x_2(S1)$	-2.00	m
☒ y-Koordinate (bez. Auflagerk.)	$y_2(S1)$	-2.50	m
☒ Anfang des Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt			
☒ x-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$x_A(S1)$	1.54	m
☒ y-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$y_A(S1)$	1.20	m
☒ Ende des Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt			
☒ x-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$x_E(S1)$	-0.59	m
☒ y-Koordinate (bez. Plattenschwerp.)	$y_E(S1)$	-1.24	m

Tabellarische Ermittlung der resultierenden Belastung aus zusätzlicher Gleichstreckenlast

Die Gleichstreckenlast schneidet die Ränder der Fundamentplatte und liegt somit nur zu einem Teil auf ihr. Über die Koordinaten des Anfangs und des Endes des Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt, wird seine Länge bestimmt und dann mit der Streckenlast pro Meter (10 kN/m) multipliziert. Man erhält die Resultierende von 32.36kN.

Nach diesen Vorberechnungen kann mit den einzelnen bodenmechanischen Nachweisen begonnen werden.

6.1.7.1 Nachweis der Sicherheit gegen Abheben

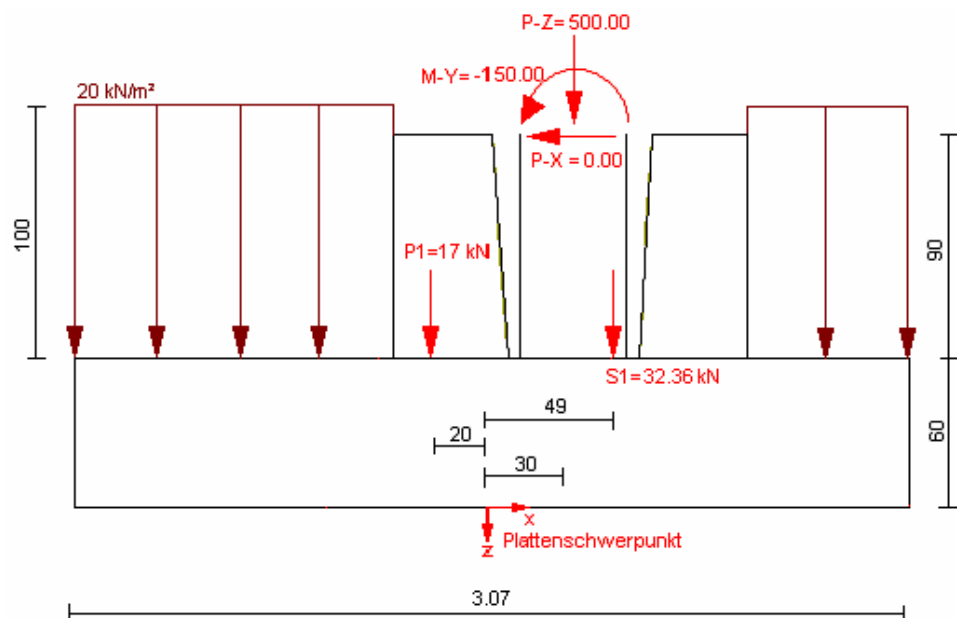
Es liegen keine abhebenden Stützennormalkräfte vor, der Nachweis ist somit automatisch erfüllt.

6.1.7.2 Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch

Maßgebend wird hier der Lastfall „LG3“. Die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stützennormalkraft zusammen mit den vorher bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{res}V_{\max} = 819.35 \text{ kN}$$

Die resultierenden Momente in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ergibt sich somit aus folgender Belastung:



Resultierendes Moment in der Bodenfuge zur Bemessung der in x-Richtung verlaufenden Bewehrung

Zunächst wird das Volumen des Köchers berechnet.

$$\begin{aligned} V_{\text{Köcher}} &= (cx + 2 \cdot (tox + a2x)) \cdot (cy + 2 \cdot (toy + a2y)) \cdot h \\ &= (0.40 + 2 \cdot (0.37 + 0.10)) \cdot (0.30 + 2 \cdot (0.35 + 0.10)) \cdot 0.90 \\ &= 1.4472 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Nun kann das Köchereigengewicht berechnet werden.

$$G_K = 25 \cdot 1.4472 = 36.18 \text{ kN}$$

Als nächstes muss das Gewicht der Überschüttung berechnet werden, die sich auf der Aufstandsfläche des Köchers befinden könnte.

$$\begin{aligned}
 R_{\ddot{u}} &= (c_x + 2 \cdot (t_{ox} + a_2 x)) \cdot (c_y + 2 \cdot (t_{oy} + a_2 y)) \cdot \ddot{u} \cdot \text{Gamma} \\
 &= (0.40 + 2 \cdot (0.37 + 0.10)) \cdot (0.30 + 2 \cdot (0.35 + 0.10)) \cdot 1.00 \cdot 20 \\
 &= 32.16 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Das Moment in der Bodenfuge errechnet sich somit zu:

$$\begin{aligned}
 \text{res}M_{sx} &= M_y - P_x \cdot (d + h) - \Sigma P \cdot x_p - \Sigma S \cdot x_s - e_x \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p) \\
 &= -150.00 - 0.00 \cdot (0.60 + 0.90) - 17 \cdot (-0.2) - 32.36 \cdot 0.47 \\
 &\quad - 0.30 \cdot (500 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\
 &= -313.05 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{res}M_{sy} &= M_x + P_y \cdot (d + h) + \Sigma P \cdot y_p + \Sigma S \cdot y_s + e_y \cdot (P_z + G_k - R_{\ddot{u}} - R_p) \\
 &= 150.00 + 0.00 \cdot (0.60 + 0.90) + 17 \cdot 0.5 + 32.36 \cdot (-0.02) \\
 &\quad + 0 \cdot (500 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\
 &= 157.89 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Sind die beiden Momente in der Bodenfuge bekannt, kann die Exzentrizität der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen bestimmt werden.

$$e_x = -\frac{\text{res}M_{sx}}{\text{res}V_{\max}} = -\frac{-313.05}{819.35} = 0.38 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{\text{res}M_{sy}}{\text{res}V_{\max}} = \frac{157.89}{819.35} = 0.19 \text{ m}$$

Als nächstes können die effektiven Fundamentseitenlängen bestimmt werden.

$$\text{eff } x = x - 2 \cdot |e_x| = 3.07 - 2 \cdot |0.38| = 2.31 \text{ m}$$

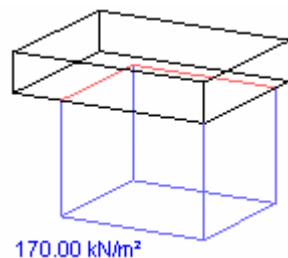
$$\text{eff } y = y - 2 \cdot |e_y| = 2.47 - 2 \cdot |0.19| = 2.09 \text{ m}$$

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

$$\text{eff } A = \text{eff } x \cdot \text{eff } y = 2.31 \cdot 2.09 = 4.82 \text{ m}^2$$

Nun lässt sich die vorhandene Bodenpressung bestimmen.

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{\text{res}V_{\max}}{\text{eff } A} = \frac{819.35}{4.82} = 170.00 \text{ kN / m}^2$$



Vorhandene Bodenpressung

Damit ist der Nachweis der zulässigen Bodenpressung erfüllt.

$$\sigma_{\text{vorh}} \leq \sigma_{\text{zul}}$$
$$170.00 \leq 200.00$$

Quantitativ ausgedrückt, ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium} = \frac{\sigma_{\text{vorh}}}{\sigma_{\text{zul}}} = \frac{170.00}{200.00} = 0.850$$

6.1.7.3 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen

Maßgebend wird hier der Lastfall „LG2“ die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stützennormalkraft zusammen mit den vorher bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{res}V_{\text{min}} = 419.35 \text{ kN}$$

Die resultierenden Momente in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ergibt sich somit aus folgender Belastung:

$$\begin{aligned} \text{res}M_{\text{sx}} &= M_y - P_x \cdot (d + h) - \Sigma P \cdot x_p - \Sigma S \cdot x_s - e_x \cdot (P_z + G_k - R_{\text{ü}} - R_p) \\ &= 327.00 - 0.00 \cdot (0.60 + 0.90) - 17 \cdot (-0.2) - 32.36 \cdot 0.47 \\ &\quad - 0.30 \cdot (100 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\ &= 283.95 \text{ kNm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{res}M_{\text{sy}} &= M_x + P_y \cdot (d + h) + \Sigma P \cdot y_p + \Sigma S \cdot y_s + e_y \cdot (P_z + G_k - R_{\text{ü}} - R_p) \\ &= 0 + 0.00 \cdot (0.60 + 0.90) + 17 \cdot 0.5 + 32.36 \cdot (-0.02) \\ &\quad + 0 \cdot (100 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\ &= 7.89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Die Exzentrizitäten der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen ergeben sich zu:

$$e_x = -\frac{\text{res}M_{\text{sx}}}{\text{res}V_{\text{min}}} = -\frac{283.95}{419.35} = -0.68 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{\text{res}M_{\text{sy}}}{\text{res}V_{\text{min}}} = \frac{7.89}{419.35} = 0.02 \text{ m}$$

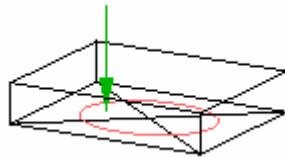
Es lässt sich somit die vorhandene Gesamtausmitte bezogen auf die Fundamentplattenlängen bestimmen.

$$\text{vorh } e = \left(\frac{e_x}{x} \right)^2 + \left(\frac{e_y}{y} \right)^2 = \left(\frac{-0.68}{3.07} \right)^2 + \left(\frac{0.02}{2.47} \right)^2 = 0.05$$

Beim Lastfall „LG2“ handelt es sich um den Lastfalltyp Hz, das bedeutet die resultierende Gesamtlast muss sich innerhalb der 2. Kernfläche befinden. Dies bedeutet, dass die maximale Ausmitte höchstens sein darf:

$$\text{zule} = \frac{1}{9} = 0.11$$

Folgende Abbildung zeigt die Lage der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge und die 2.Kernfläche:



Lage der Resultierenden innerhalb der 2. Kernfläche

Damit ist der Nachweis der Kippsicherheit erfüllt.

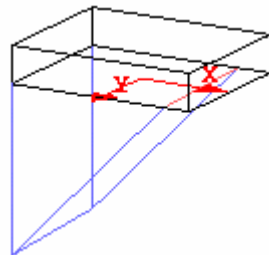
$$\text{vorh } e \leq \text{zul } e$$

$$0.05 \leq 0.11$$

Quantitativ ausgedrückt, ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium} = \frac{\text{vorh } e}{\text{zul } e} = \frac{0.05}{0.11} = 0.44$$

Ein Blick auf den Verlauf der klaffenden Fuge zeigt, dass diese nicht größer als die halbe Fundamentaufstandsfläche ist.



Verlauf der Druckspannung

6.1.7.4 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Maßgebend wird hier der Lastfall „LG1“ die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stützennormalkraft zusammen mit den vorher bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{res } V_{\min} = 619.35 \text{ kN}$$

Zunächst muss der Sohlreibungswinkel δ_s bestimmt werden. Dieser ist bei Ortbetonfundamenten gleich den Bodenscherwinkel ω . Also:

$$\delta_s = \varphi = 15^\circ$$

Die Sohlwiderstandskraft ermittelt sich hiermit zu:

$$S = \text{res } V_{\min} \cdot \tan \delta_s = 619.36 \cdot \tan 15^\circ = 165.95 \text{ kN}$$

Die resultierende Horizontalkraft, die das Fundament verschieben möchte, errechnet sich aus den aus den beiden horizontalen Auflagerkräften zu:

$$\text{res } P = \sqrt{(P_x^2 + P_y^2)} = \sqrt{((-50)^2 + (20)^2)} = 53.85 \text{ kN}$$

Nun kann die vorhandene Gleitsicherheit η_g berechnet werden.

$$\eta_g = \frac{S}{\text{resP}} = \frac{165.95}{53.85} = 3.08$$

Die erforderliche Gleitsicherheit wurde durch den Benutzer bei der Auswahl des Lastfalls angegeben. Für den Lastfall „LG1“ war dies:

$$\text{erf } \eta_g = 1.50$$

Damit ist der Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten erfüllt.

$$\text{vorh } \eta_g \geq \text{erf } \eta_g$$

$$3.08 \geq 1.50$$

Quantitativ ausgedrückt, ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium} = \frac{\text{erf } \eta_g}{\text{vorh } \eta_g} = \frac{1.50}{3.08} = 0.49$$

6.1.8 Nachweis der inneren Standsicherheit

6.1.8.1 Nachweis der Biegebruchsicherheit der Fundamentplatte

Da die Fundamentplatte, eine obere und eine untere Bewehrung hat und das für jede Richtung, sind also vier verschiedene Biegebruchsicherheiten zu bestimmen.

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 wurde der Lastfall „LG1“ maßgebend.

Die resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge ermittelt sich aus der Stützennormalkraft zusammen mit den vorher bereits ermittelten ständigen Lasten zu:

$$\text{resV}_{\max} = 619.35 \text{ kN}$$

Die resultierenden Momente in der Bodenfuge für die in x-Richtung verlaufende Bewehrung ergibt sich somit aus folgender Belastung:

$$\begin{aligned} \text{resM}_{sx} &= M_y - P_x \cdot (d + h) - \Sigma P \cdot x_p - \Sigma S \cdot x_s - e_x \cdot (P_z + G_k - R_{\bar{u}} - R_p) \\ &= 250.00 - (-50.00) \cdot (0.60 + 0.90) - 17 \cdot (-0.2) - 32.36 \cdot 0.47 \\ &\quad - 0.30 \cdot (300 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\ &= 221.95 \text{ kNm} \end{aligned}$$

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

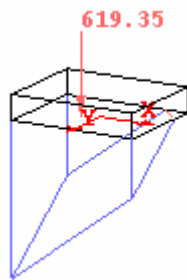
$$\begin{aligned} \text{resM}_{sy} &= M_x + P_y \cdot (d + h) + \Sigma P \cdot y_p + \Sigma S \cdot y_s + e_y \cdot (P_z + G_k - R_{\bar{u}} - R_p) \\ &= 100 + 20.00 \cdot (0.60 + 0.90) + 17 \cdot 0.5 + 31.89 \cdot (-0.02) + 0 \cdot (100 + 36.18 - 32.16 - 0.00) \\ &= 137.89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Die Exzentrizitäten der resultierenden Vertikalkraft in die jeweiligen Richtungen ergeben sich zu:

$$e_x = -\frac{\text{res}M_{sx}}{\text{res}V_{\min}} = -\frac{221.95}{619.35} = -0.36 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{\text{res}M_{sy}}{\text{res}V_{\min}} = \frac{137.89}{619.35} = 0.22 \text{ m}$$

Iterativ ergab sich folgende Druckspannungsverteilung, dessen Resultierende sowohl vom Betrag, als auch von der Lage identisch ist, mit der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge.



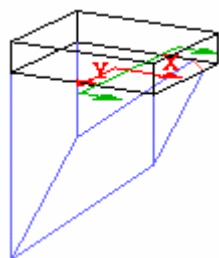
Druckspannungsverteilung

☐ Druckspannungsverteilung			
☐ Spannungsverteilungsfall gemäß Handb	Fall	Fall 2	
☐ Druckspannung unter Druckpunkt DI	DI	0.00	kN/m ²
☐ Druckspannung unter Druckpunkt DII	DII	68.35	kN/m ²
☐ Druckspannung unter Druckpunkt DIII	DIII	183.17	kN/m ²
☐ Druckspannung unter Druckpunkt DIV	DIV	94.38	kN/m ²
☐ Druckspannung unter Fundamentplatte	D0	81.36	kN/m ²
☐ Verlauf der klaffenden Fuge			
☐ x-Koordinate Anfangspunkt	xK1	0.99	m
☐ y-Koordinate Anfangspunkt	yK1	-1.24	m
☐ x-Koordinate Anfangspunkt	xK2	1.54	m
☐ y-Koordinate Anfangspunkt	yK2	-0.67	m

Tabellarische Ausgabe der Druckspannungsverteilung

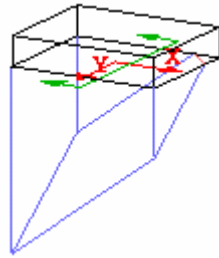
Im nächsten Schritt wird das Volumen des Teildruckspannungskörpers und der Abstand des Schwerpunkts dieses Teildruckspannungskörpers bis zum vom Benutzer festgelegten Bemessungsschnitt ermittelt. Mit dem Produkt aus beiden, ergibt sich das Moment aus Druckspannung. Die nächste Abbildung zeigt den Bemessungsschnitt mit Pfeile, die in die Richtung des Teildruckspannungskörpers zeigen, mit dem das Moment aus Druckspannung ermittelt wurde.

Für diese Abbildung ergab sich aus den Druckspannungskörper in positiver x-Richtung ein Moment $M_{D,xplus} = 37.23 \text{ kNm}$.



Moment aus Druckspannungskörper in positive x-Richtung

Die nächste Abbildung zeigt den Bemessungsschnitt für das Moment aus Druckspannung in negativer x-Richtung ein Moment $M_{D,xnegativ} = 484.01 \text{ kNm}$.

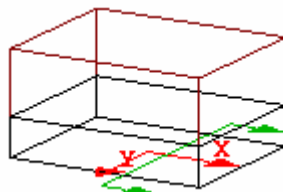


Moment aus Druckspannungskörper in negative x-Richtung

Der Bemessungsschnitt wurde vom Benutzer durch das Auflagerkoordinatensystem gelegt. Von diesen 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.

Der Abstand vom Bemessungsschnitt bis Plattenrand in positive x-Richtung beträgt für die untere Abbildung 1.24 m. Somit errechnet sich das Moment aus Eigengewicht und Überschüttung zu:

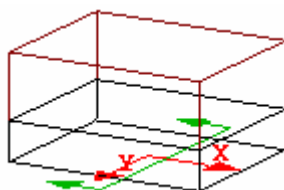
$$\begin{aligned} M_{G,xplus} &= \frac{1.24^2}{2} \cdot 2.47 \cdot (d \cdot \gamma_{\text{Beton}} + \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u}}) \\ &= \frac{1.24^2}{2} \cdot 2.47 \cdot (0.60 \cdot 25.00 + 1.00 \cdot 20.00) = 66.16 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Moment aus Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung

Der Abstand vom Bemessungsschnitt bis zum negativen Plattenrand in x-Richtung beträgt für die untere Abbildung 1.83 m. Somit errechnet sich das Moment aus Eigengewicht und Überschüttung zu:

$$\begin{aligned} M_{G,xplus} &= \frac{1.83^2}{2} \cdot 2.47 \cdot (d \cdot \gamma_{\text{Beton}} + \ddot{u} \cdot \gamma_{\ddot{u}}) \\ &= \frac{1.83^2}{2} \cdot 2.47 \cdot (0.60 \cdot 25.00 + 1.00 \cdot 20.00) = 145.95 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Moment aus Gleichflächenbelastung in negative x-Richtung

Somit ergeben sich die Bemessungsmomente in die jeweilige Richtung zu:



$$M_{\text{unten,xplus}} = M_{D,\text{xplus}} - M_{G,\text{xplus}} = 37.23 - 66.16 = -28.93 \text{ kNm}$$

In diese Richtung erhält die Platte an der Oberseite Zug. Es ist somit eine obere Biegebewehrung erforderlich.

$$M_{\text{unten,x min us}} = M_{D,\text{x min us}} - M_{G,\text{x min us}} = 484.01 - 145.95 = 338.06 \text{ kNm}$$

Maßgebend für die Bemessung einer unteren Biegebewehrung wird also das Bemessungsmoment in negativ x-Richtung :

$$M_{x_{\text{unten}}} = M_{\text{unten,x min us}} = 338.06 \text{ kNm}$$

Die Fundamentplatte wird nun in 8 gleichbreite Streifen in x-Richtung unterteilt. Über folgenden Quotienten wird ermittelt, wie groß der Anteil am Bemessungsmoment ist, den jeder Plattenstreifen erhält.

$$Q_x = \frac{cx + 2 \cdot (a2x + tox)}{x} = \frac{0.40 + 2 \cdot (0.10 + 0.37)}{3.07} = 0.43$$

Der ermittelte Quotient ist größer als 0.3, dass bedeutet, daß das Bemessungsmoment gleichmäßig auf alle 8 Plattenstreifen verteilt wird. Die Verteilungszahl α ist somit 0.125.

Exemplarisch wird das anteilige Bemessungsmoment für der Plattenstreifen Nummer 4 ermittelt.

$$M_{x_{\text{unten},4}} = \alpha \cdot M_{x_{\text{unten}}} = 0.125 \cdot 338.06 = 42.26 \text{ kNm}$$

Daraus wird nun das Bruchmoment ermittelt.

$$M_{x_{\text{unten},4}} = \gamma \cdot M_{x_{\text{unten}}} = 1.75 \cdot 42.26 = 74.50 \text{ kNm}$$

Mit dem im Theorieteil beschriebenen Algorithmus ergibt sich folgende Parameter bei der Ermittlung des inneren Moments M_{ui} .

<input checked="" type="checkbox"/> Bruchmoment	$M_{x\text{-Bruch},4}$	73.994	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Inneres Moment	$M_{ui,4}$	74.376	kNm
<input type="checkbox"/> Statische Höhe	h_4	52.000	cm
<input type="checkbox"/> Abstand des Bewehrungsschwerpunkt	$ab\text{-}z,4$	8.000	cm
<input type="checkbox"/> Abstand des Bewehrungsschwerpunkt	$ab\text{-}Schw,4$	3.000	cm
<input type="checkbox"/> Untere Betondeckung	$nomc \text{ (unten)}$	5.000	cm
<input type="checkbox"/> Betondruckkraft	$D\text{-}bu,4$	149.346	kN
<input type="checkbox"/> Betonstauchung	$ep\text{-}bu,4$	0.700	‰
<input type="checkbox"/> Höhe der Betondruckzone	$z\text{-}Du,4$	6.386	cm
<input type="checkbox"/> Breite des Fundamentplattenstreifens	$y\text{-}Streif$	38.375	cm
<input type="checkbox"/> Rechnerische Bruchfestigkeit des Beto	$Beta\text{-}R$	2.450	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Erford. Zugkraft im Stahl	$erf\text{-}Z_4$	149.346	kN
<input type="checkbox"/> Mittlere Stahldehnung	$ep\text{-}zu,4$	5.000	‰
<input type="checkbox"/> Stahlspannung	$Sigma\text{-}Z,4$	50.000	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Zugfestigkeit des Betonstahls	$Beta\text{-}S$	50.000	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Hebelarm der inneren Kräfte	z_4	49.801	cm
<input type="checkbox"/> Hauptbewehrungsrichtung der unteren	Hauptbew.	X	-

Parameter bei der Ermittlung des inneren Moments

Aus der erforderlichen Stahlzugkraft und der vorhandenen Stahlspannung bei diesem Dehnungszustand ermittelt sich der erforderliche Stahlbedarf dieses Plattenstreifens.

$$\text{erf } A_{X,4} = \frac{\text{erf } Z_4}{\text{vorh } \sigma_{Z,4}} = \frac{149.522}{50.000} = 2.99 \text{ cm}^2$$

Dieser Stahlbedarf wird nun auf einem Meter Längeneinheit bezogen.

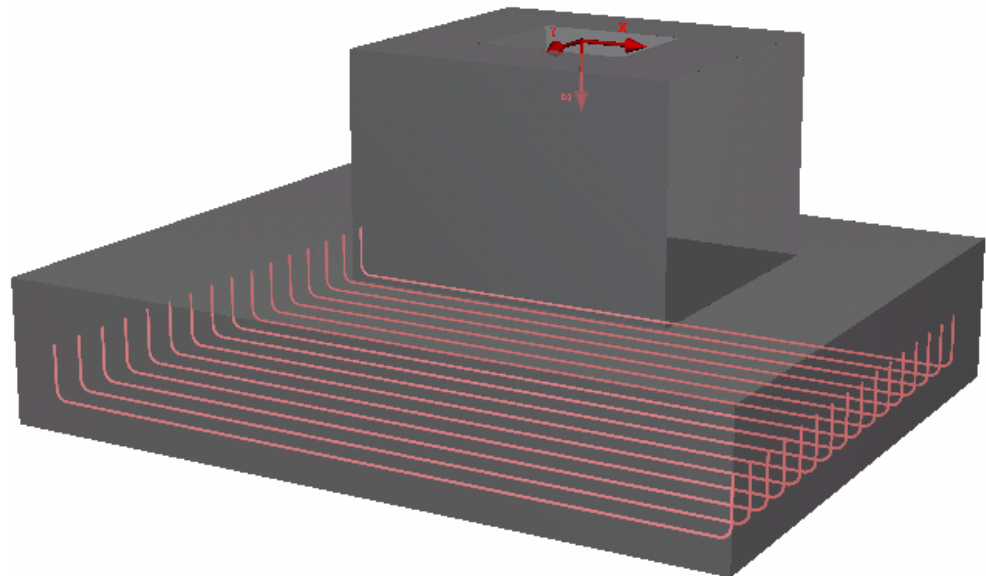
$$\text{erf } a_{X,4} = \frac{\text{erf } A_{X,4}}{y\text{Streif}} = \frac{2.99}{0.308} = 9.67 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Dieser Stahlbedarf pro Meter ist durch folgende Bewehrung am wirtschaftlichsten abzudecken.

Details zur gewählten Bewehrung			
Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf axl (pro m)	9.67	cm ² /m
Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh axl (pro)	9.68	cm ² /m
Gewählte Breite des Bewehrungsbereich	yl (gewählt)	2.47	m
Mögliche Breite des Bewehrungsbereichs	yl (möglich)	2.32	m
Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	Q 188	-
Vorhandene Bewehrung Matte	vorh ax-Matte	1.88	cm ² /m
Gewählter Bewehrungsstab	d-s	1.20	cm
Abstand der Bewehrungsstäbe	a	14.500	cm
Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäbe	vorh a (Stab)	7.800	cm ² /m

Tabellarische Ausgabe der Bewehrungsdetails

Die einzeln zulegte Bewehrungsstäbe werden im Rendering dann so dargestellt.



Rendering der gewählten Bewehrung

Nachdem nun der eingelegte Stahlquerschnitt in Größe und Lage bekannt ist, wird erneut ein inneres Moment M_{ui} bestimmt. Dabei kam es zu folgendem Ergebnis:



<input type="checkbox"/>	Inneres Moment für die Bewehrung	M- _{ui,4}	76.504	kNm
<input type="checkbox"/>	Statische Höhe	h, ₄	53.491	cm
<input type="checkbox"/>	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts	ab-z, ₄	6.509	cm
<input type="checkbox"/>	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts	ab-Schw, ₄	1.509	cm
<input type="checkbox"/>	Untere Betondeckung	nom c	5.000	cm
<input type="checkbox"/>	Betondruckkraft	D-bu, ₄	149.232	kN
<input type="checkbox"/>	Betonstauchung	ep-bu, ₄	0.688	‰
<input type="checkbox"/>	Höhe der Betondruckzone	z-Du, ₄	6.470	cm
<input type="checkbox"/>	Rechnerische Bruchfestigkeit des Beton	Beta-R	2.450	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Erford. Zugkraft im Stahl	erf Z, ₄	149.605	kN
<input type="checkbox"/>	Mittlere Stahldehnung	ep zu, ₄	5.000	‰
<input type="checkbox"/>	Stahlspannung der Bewehrung	Sigma Z, ₄	50.000	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Zugfestigkeit des Betonstahls	Beta-S	50.000	kN/cm ²
<input type="checkbox"/>	Hebelarm der inneren Kräfte	z, ₄	51.265	cm
<input type="checkbox"/>	Hauptbewehrungsrichtung der unteren	Hauptbew.	X	

Parameter bei der Bestimmung des inneren Moments

Damit ergibt sich eine vorhandene Biegebruchsicherheit zu:

$$\text{vorh } \gamma_{X,4} = \frac{M_{ui,4}}{M_{x_{\text{unten}},4}} = \frac{76.504}{42.258} = 1.81$$

Der Nachweis der Biegebruchsicherheit der Platte für die untere Bewehrung in x-Richtung ergibt sich quantitativ dann zu:

$$\text{Kriterium} = \frac{\text{erf } \gamma}{\text{vorh } \gamma_{X,4}} = \frac{1.750}{1.810} = 0.967$$

Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in y-Richtung

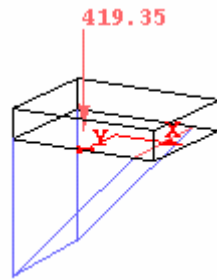
Der Rechenablauf ist der gleiche wie bei der Ermittlung der Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in x-Richtung. Es kommt zu folgendem Ergebnis:

<input type="checkbox"/>	Untere Bewehrung in y-Richtung	Kriterium	0.900	
<input type="checkbox"/>	Auflagerkräfte und -momente			
<input type="checkbox"/>	Bemessungsmoment in y-Richtung	My-Unten	250.69	kNm
<input type="checkbox"/>	Biegebruchsicherheit Bemessungsstreifen	Kriterium	0.900	
<input type="checkbox"/>	Bemessungsmomentanteil des 4. Bemessu	My-Unten, ₄	31.336	kNm
<input type="checkbox"/>	Inneres Moment für die Bewehrung	M- _{ui,4}	60.913	kNm
<input type="checkbox"/>	Vorhandene Biegebruchsicherheit	Gamma-y, ₄	1.944	
<input type="checkbox"/>	Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
<input type="checkbox"/>	Nachweis			
<input type="checkbox"/>	Maßgebende Biegebruchsicherheit	Gamma-y, ₄	1.94	
<input type="checkbox"/>	Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
<input type="checkbox"/>	Nachweiskriterium	Kriterium	0.900	< 1.0

Bestimmung der Biegebruchsicherheit aus unterer Bewehrung in y-Richtung

Biegebruchsicherheit aus oberen Bewehrung in x-Richtung

Hier wird nur auf die Besonderheiten bei der Ermittlung des Bemessungsmoments eingegangen. Die Bemessung selbst ist identisch. Es bildet sich im maßgebende Lastfall „LG2“ folgender Druckspannungskörper unter der Platte aus.

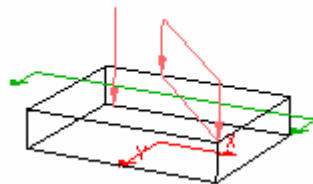


Druckspannungsverteilung

Das Moment aus dem Druckspannungskörperteil in positive x-Richtung beträgt $M_{D,xplus}=8.86$ kNm.

Das Moment aus Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung beträgt $M_{D,xplus}=66.16$ kNm.

Zudem befinden sich jenseits des Bemessungsschnitts in positive x-Richtung die Resultierende der über die Platte verlaufenden Linienlast.



Zusätzliche Einzel- und Gleichstreckenlasten

Diese hat einen Abstand von 0.17 m und einen Betrag von 32.36 kN. Somit ergibt sich ein oberes Biegemoment aus zusätzlicher Gleichstreckenlast von $M_{Z,xplus} = 5.53$ kNm.

Das Bemessungsmoment zur Bemessung der oberen Bewehrung in x-Richtung ermittelt sich aus der Summe dieser Momente.

$$M_{x_{oben}} = M_{D,xplus} + M_{G,xplus} + M_{Z,xplus} = 8.86 - 66.16 - 5.53 = -62.83 \text{ kNm}$$

Dieses Moment wird für die obere Bewehrung gleichmäßig auf alle 8 Bemessungsstreifen verteilt. Die Bemessung ergab folgende Bewehrung:

☐ Bemessungsstreifen			
☒ Bruchmoment	Mx-Bruch4	-13.692	kNm
☒ Inneres Moment	M-ui	-14.318	kNm
☐ Nachweis			
☒ Erforderliche Bewehrung	erf A-x	0.54	cm ²
☒ Vorhandene Bewehrung	vorh A-x	0.580	cm ²
Nachweiskriterium	Kriterium	0.930	< 1.0
☐ Details zur gewählten Bewehrung			
☐ Erforderliche Bewehrung pro Meter	erf ax (pro m)	1.75	cm ² /m
☐ Vorhandene Bewehrung pro Meter	vorh ax (pro m)	1.88	cm ² /m
☐ Gewählte Breite des Bewehrungsbereich	yl (gewählt)	2.47	m
☐ Mögliche Breite des Bewehrungsbereich	yl (möglich)	2.00	m
☐ Gewählte Breite des Bewehrungsbereich	yl (gewählt)	2.47	m
☐ Mögliche Breite des Bewehrungsbereich	yl (möglich)	2.00	m
☐ Gewählte Grundmatte	Bezeichnung	Q 188	
☐ Vorhandene Bewehrung in Hauptbewehr	vorh ax-Matte	1.88	cm ² /m

Ermittlung der erforderlichen oberen Bewehrung in x-Richtung



Schließlich gelangt man zu folgender Biegebruchsicherheit.

☐ Biegebruchsicherheit des Bemessungsstreifen			
☒ Bemessungsmomentanteil dieses Bem	Mx-Ober	-7.824	kNm
☒ Inneres Moment für die Bewehrung	M-ui	-16.118	kNm
☐ Vorhandene Biegebruchsicherheit	Gamma-x	2.060	
☐ Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
☐ Nachweis			
☐ Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh Gamma	2.06	
☐ Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
☐ Nachweiskriterium	Kriterium	0.850	< 1.0

Vorhandene Biegebruchsicherheit für obere Bewehrung in x-Richtung

Die quantitative Erfassung des Nachweises, ist ebenfalls der oberen Tabelle zu entnehmen.

Biegebruchsicherheit aus oberen Bewehrung in y-Richtung

Für die Ermittlung dieser Biegebruchsicherheit ist analog vorzugehen. Die erforderliche Bewehrung kann durch die gewählte Lagermatte (Q 188) mit abgedeckt werden.

Schließlich gelangt man zu folgender Biegebruchsicherheit.

☐ Biegebruchsicherheit des Bemessungsstreifen			
☒ Bemessungsmomentanteil dieses Bem	My-Ober	-3.897	kNm
☒ Inneres Moment für die Bewehrung	M-ui	-19.747	kNm
☐ Vorhandene Biegebruchsicherheit	Gamma-y	5.066	
☐ Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
☐ Nachweis			
☐ Vorhandene Biegebruchsicherheit	vorh Gamma	5.07	
☐ Erforderliche Biegebruchsicherheit	erf Gamma	1.75	
☐ Nachweiskriterium	Kriterium	0.345	< 1.0

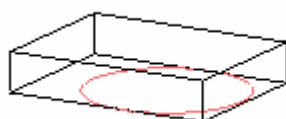
Vorhandene Biegebruchsicherheit für obere Bewehrung in y-Richtung

6.1.8.2 Nachweis der Durchstanzsicherheit der Fundamentplatte

Zunächst muss die Schubkraftübertragende Fläche bestimmt werden. Bereits bei der Ermittlung der Mindestabmessungen des Fundaments wurden die Durchmesser der Kegeloberseite ($d_s=1.43$ m) bestimmt. Der Durchmesser der Kegelunterseite ($d_{Staz}=2.44$ m) fällt auf Grund einer geringeren mittleren statischen Höhe $h_m = 0.505$ m etwas kleiner aus.



Durchmesser an der Kegeloberseite



Durchmesser an der Kegelunterseite

Damit kann der mittlere Durchmesser des Durchstanzkegels ermittelt werden zu:

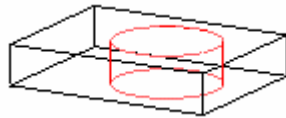
$$d_R = \frac{d_S + d_{\text{Staz}}}{2} = \frac{1.43 + 2.44}{2} = 1.94 \text{ m}$$



Mittlerer Durchmesser des Durchstanzkegels

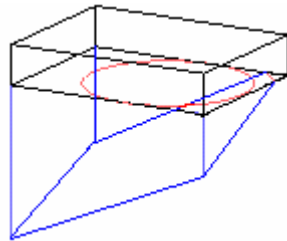
Die Mantelfläche des Durchstanzkegels bestimmt sich zu:

$$A_{\text{Schub}} = \pi \cdot d_R \cdot h_m = \pi \cdot 1.94 \cdot 0.51 = 3.07 \text{ m}^2$$



Schubkraftübertragende Fläche des Durchstanzkegels

Als nächstes wird das Volumen desjenigen Teil des Druckspannungskörpers bestimmt, der sich außerhalb der Aufstandsfläche des Durchstanzkegels befindet.



$$Q_D = 291.12 \text{ kN}$$

Von ihr ist noch jener Teil der Bodenpressung abzuziehen, der nicht durch Schubkräfte verursacht wurde. Diese Bodenpressung ergibt sich zu:

$$\sigma_G = \gamma_{\text{Beton}} \cdot d + \gamma_{\text{Boden}} \cdot u + p = 25.00 \cdot 0.6 + 20.00 \cdot 1.00 + 0 = 35.00 \text{ kN / m}^2$$

Die Aufstandsfläche des Durchstanzkegels bestimmt sich zu:

$$A_{\text{Staz}} = \pi \cdot \frac{d_{\text{Staz}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{2.44^2}{4} = 4.68 \text{ m}^2$$

Die Fläche außerhalb des Durchstanzkegels bestimmt sich damit zu:

$$A_Q = x \cdot y - A_{\text{Staz}} = 3.07 \cdot 2.47 - 4.68 = 2.90 \text{ m}^2$$

Die Resultierende Q_G der nicht schubspannungsrelevanten Bodenpressung wird ermittelt aus:

$$Q_G = A_Q \cdot \sigma_G = 2.72 \cdot 35.00 = 101.92 \text{ kN}$$

Damit kann die zu übertragende Querkraft bestimmt werden zu:



$$Q_S = Q_G - Q_D = 291.12 - 101.92 = 189.20 \text{ kN}$$

Teilt man schließlich diese zu übertragende Querkraft durch die Mantelfläche des Durchstanzkegels so erhält man folgende vorhandene Schubspannung.

$$\text{vorh } \tau = \beta_D \cdot \frac{Q_S}{u} = 1.4 \cdot \frac{189.20}{3.07 \cdot 100^2} = 0.009 \text{ kN/cm}^2$$

Für die zulässige Schubspannung muss zunächst die mittlere Flächenbewehrung der unteren Plattenbewehrung aus beiden Richtungen bestimmt werden.

$$a_s = \frac{a_{sx} + a_{sy}}{2} = \frac{9.68 + 6.24}{2} = 7.96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Der mittlere Bewehrungsprozentsatz errechnet sich zu:

$$\mu = \frac{a_s}{h_m} = \frac{7.96}{0.505} = 15.76 \text{ cm}^2/\text{m}^2 = 0.16 \%$$

Diese mittlere Bewehrungsprozentsatz muss geringer sein als:

$$\mu \leq 25 \cdot \frac{\beta_{WN}}{\beta_S} \leq 25 \cdot \frac{3.5}{50} \leq 1.75\%$$

Der Parameter γ errechnet sich nach folgender Formel:

$$\gamma_1 = 1.3 \cdot \alpha_S \cdot \sqrt{\mu} = 1.3 \cdot 1.4 \cdot \sqrt{0.16} = 0.73$$

mit:

$$\alpha_S = 1.4 \text{ (= Beiwert für BSt 500)}$$

Damit lässt sich die zulässige Schubspannung bestimmen zu:

$$\text{zul } \tau = \gamma_1 \cdot \tau_{011} = 0.73 \cdot 0.60 = 0.043 \text{ kN/cm}^2$$

mit

$$\tau_{011} = 0.60 \text{ kN/cm}^2 \text{ (B 35)}$$

Damit ist der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen erbracht.

$$\text{zul } \tau \geq \text{vorh } \tau$$

Quantitativ ausgedrückt, ergibt sich folgendes Nachweiskriterium:

$$\text{Kriterium} = \frac{\text{vorh } \tau}{\text{zul } \tau} = \frac{0.009}{0.043} = 0.194$$

6.2 Blockfundament mit rauer Innenseite

Zunächst werden die Anzahl und der Durchmesser vertikalen Bewehrungsstäbe bestimmt, die in x-Richtung auslaufen. Maßgebend für ihre Bemessung waren die Auflagerkräfte des Lastfalls LG2.

Das maßgebende Moment für die Bemessung sich zu:

$$\text{maßg } M_y = M_y + h \cdot P = 327.00 + 0.578 \cdot 0 = 327.00 \text{ kNm}$$

Aus diesem maßgebenden Bemessungsmoment ermittelt sich das Bruchmoment zu:

$$M_{u,y} = \gamma \cdot \text{maßg } M_y = 1.75 \cdot 327.00 = 572.25 \text{ kNm}$$

Die Breite eines Ersatzbalkens ergibt sich zu:

$$b = cy + h = 0.30 + 0.578 = 0.878 \text{ cm}$$

Nun wird mit dem bekannten Algorithmus ein inneres Moment M_{ui} ermittelt, dass größer als das Bruchmoment ist. Nachfolgende Tabelle zeigt die Parameter dieser Momentenermittlung:

<input checked="" type="checkbox"/> Inneres Moment	M- $u_{i,y}$	57568.30	kNcm
— Statische Höhe	h	57.80	cm
— Stahldehnung	ep-zu	5.00	‰
— Mindeststahldehnung	ep-zu	2.00	‰
— Vorhandene Spannung im Bewehrung	Sigma-Z	50.00	kN/cm ²
— Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm ²
— Stauchung des Betons	ep-bu	1.14	‰
— Höhe der Betondruckzone	z-Du	10.73	‰
— Breite der Betondruckzonenfläche	b	87.80	cm
— Druckkraft im Beton	D-bu	1065.82	kN
— Rechnerische Betonfestigkeit	Beta-R	2.45	cm ²
— Hebelarm der inneren Kräfte	z	54.01	cm

Inneres Moment M_{ui}

Der erforderliche Stahlquerschnitt erf As_{Vx} ermittelt sich dann zu:

$$\text{erf } As_{Vx} = \frac{D_{bu}}{\sigma_z} = \frac{1065.82}{50.00} = 21.32 \text{ cm}^2$$

Gewählt wird folgende Bewehrung: 7 d=20 – 6 cm = 21.98 cm²

Als nächstes werden die Anzahl und der Durchmesser vertikalen Eisen bestimmt, die in y-Richtung auslaufen. Maßgebend für ihre Bemessung waren die Auflagerkräfte des Lastfalls „LG3“.

Das maßgebende Moment für die Bemessung sich zu:

$$\text{maßg } M_x = M_x + h \cdot P = 150.00 + 0.596 \cdot 0 = 150.00 \text{ kNm}$$

Aus diesem maßgebenden Bemessungsmoment ermittelt sich das Bruchmoment zu:

$$M_{u,y} = \gamma \cdot \text{maßg } M_y = 1.75 \cdot 150.00 = 262.50 \text{ kNm}$$

Die Breite eines Ersatzbalkens ergibt sich zu:

$$b = cy + h = 0.40 + 0.596 = 0.996 \text{ cm}$$

Nachfolgende Tabelle zeigt die Parameter des inneren Moments M_{ui} :



☐ Inneres Moment	M- _{ui,x}	26295.50	kNcm
— Statische Höhe	h	59.60	cm
— Stahldehnung	ep-zu	5.00	‰
— Mindeststahldehnung	ep-zu	2.00	‰
— Vorhandene Spannung im Bewehrung	Sigma-Z	50.00	kN/cm²
— Streckgrenze des Bewehrungsstahls	Beta-S	50.00	kN/cm²
— Stauchung des Betons	ep-bu	0.63	‰
— Höhe der Betondruckzone	z-Du	6.67	‰
— Breite der Betondruckzonenfläche	b	99.60	cm
— Druckkraft im Beton	D-bu	458.81	kN
— Rechnerische Betonfestigkeit	Beta-R	2.45	cm²
— Hebelarm der inneren Kräfte	z	57.31	cm

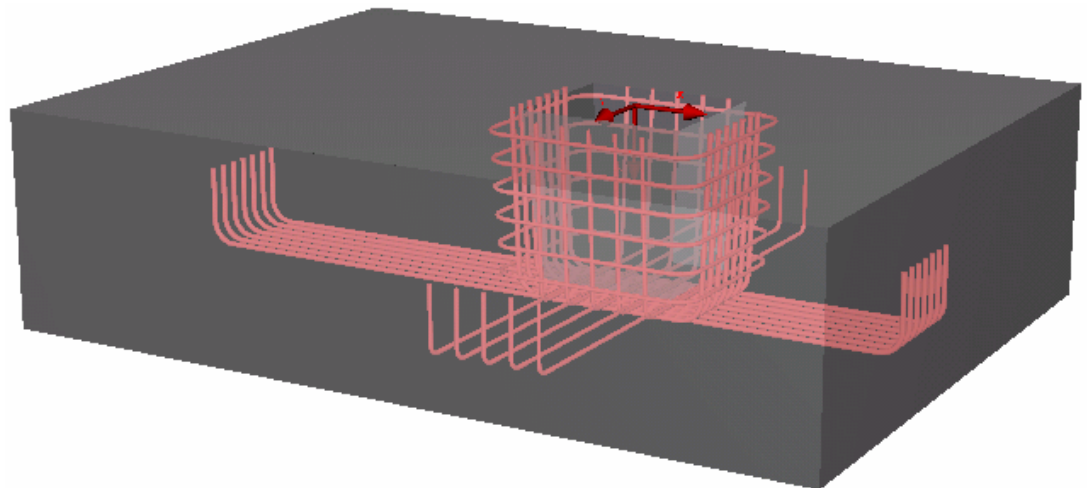
Inneres Moment M_{ui}

Der erforderliche Stahlquerschnitt $erf\ A_{s_{vy}}$ ermittelt sich dann zu:

$$erf\ A_{s_{vy}} = \frac{D_{bu}}{\sigma_z} = \frac{458.81}{50.00} = 9.18\ cm^2$$

Gewählt wird folgende Bewehrung: 5 d=16 – 10 cm = 10.05 cm²

Die erforderliche Eisenquerschnitt der horizontalen Bügel B_u ist der gleiche der größeren der beiden vertikalen Eisen. Bei Zweischnittigkeit der Bügel wurde folgende Bewehrung gewählt: 6 d=16 – 10 cm = 24.13 cm²

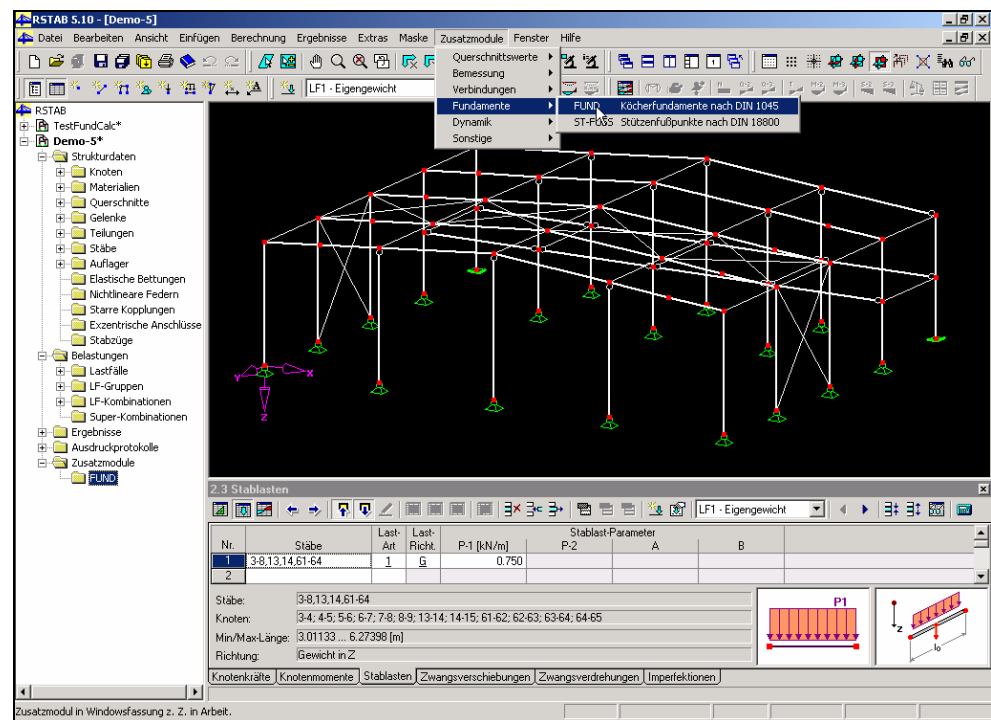


Rendering der gewählten Bewehrung

7. Arbeiten mit FUND

7.1 FUND starten

Das Modul FUND kann entweder aus dem Pulldownmenü *Zusatzmodule*→*Fundamente* aufgerufen werden oder über den entsprechenden Eintrag unter [Zusatzmodule] im *Position-* beziehungsweise *Projekt-Navigator*.



Aufruf von FUND über das Pulldownmenü Zusatzmodule oder den Navigator

FUND kann nicht direkt als Einzelprogramm gestartet werden, sondern ist fest in RSTAB integriert. Zugleich bedeutet dies, daß bereits vor dem Aufruf von FUND die zu bemessende Position in RSTAB geöffnet werden muss.

7.2 Masken

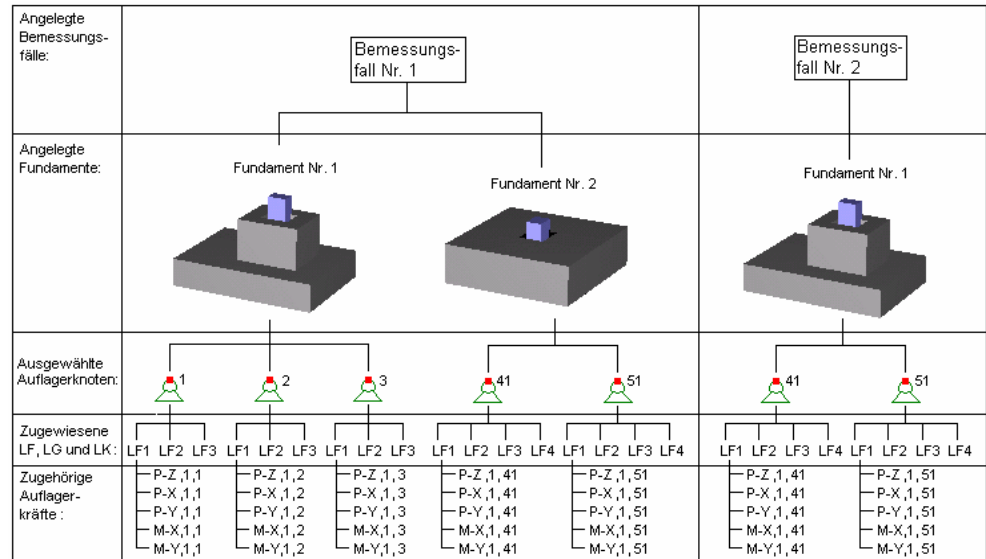
Sowohl die Eingaben zur Defintion der FUND-Fälle als auch die numerische Ausgabe der Ergebnisse auf dem Bildschirm geschehen in Masken. Im rechten Teil des FUND-Fensters werden Ihnen je nach Maske zusätzlich Grafiken angezeigt.

7.2.1 Maske 1.1 Basisangaben

Maske 1.1 Basisangaben

Links sehen Sie nach dem Aufruf von FUND den *FUND-Navigator*, der alle aktuell anwählbaren Masken anzeigt. Darüber befindet sich eine Pulldownliste mit den eventuell bereits vorhandenen Bemessungsfällen. Durch Drücken von [Pfeil-nach-unten] wird die Liste aufgerollt und Sie können den gewünschten Bemessungsfall durch Anklicken aktivieren. Bevor näher auf die Vorgehensweise zum Anlegen neuer Bemessungsfälle (Bemessungsfall-Nr.) eingegangen wird, muss zunächst auf den Unterschied zwischen einem Fundament (Fundament-Nr.) und einem Bemessungsfall (Bemessungsfall-Nr.) eingegangen werden. Das Programm FUND sucht für die Auflagerkräfte, der ihm übergebenen Auflagerknoten und zugewiesenen LF, LG bzw. LK ein Fundament, mit dem an jedem dieser Knoten alle Nachweise der äußeren und inneren Standsicherheit erfüllt. Dieses Fundament erhält beim Anlegen eine Nummer (Fundament Nr.) und gegebenenfalls eine vom Benutzer eingegebene Bezeichnung. Ein Bemessungsfall (Bemessungsfall-Nr.) besteht aus beliebig vielen dieser Fundamente (Fundament-Nr.). Die Fundamente (Fundament-Nr.) innerhalb eines Bemessungsfalls müssen sich dadurch unterscheiden, dass keinem von ihnen die gleiche Auflagerknotennummer zugewiesen wurde. Am einfachsten verinnerlicht man sich diesen Sachverhalt, dass, wie am späteren Bauwerk auch, unter jeder Stütze nur ein Fundament stehen kann, beispielsweise entweder ein Köcherfundament oder ein Blockfundament.

Die unten abgebildete Grafik verdeutlicht diesen Zusammenhang.



Zusammenhang zwischen Bemessungsfall, Fundament, Auflagerknoten, LF und Auflagerkraft

In der oben abgebildeten Grafik wurden zwei Bemessungsfälle angelegt. Der erste Bemessungsfall enthält zwei Fundamente. Das Fundament Nr.1 soll als Köcherfundament ausgebildet werden und später an den Auflagerknoten Nummer 1,2 und 3 entstehen. Bemessen werden soll dieses Fundament Nr.1 für alle Auflagerkräfte, die sich aus den Lastfällen LF1, LF2 und LF3 ergeben. Bei drei Auflagerknoten und drei zugewiesenen Lastfällen sind dies bis zu neun verschiedene Auflagerkräfte (P-Z,P-X,P-Y,M-X,M-Y). Es entsteht also an drei Auflagerknoten, dass gleiche Fundament für das, die zusätzliche Belastungen aus Einzellasten, Gleichstreckenlasten, Überschüttung oder Auftrieb, sowie die Exzentrizität und die Abmessungen der Stütze identisch sind. Unterscheiden sich also beispielsweise die Abmessungen der Stütze, die an den zugewiesenen Auflagerknoten eines Lastfalls enden oder soll diese mit einer anderen Ausmitte auf dem Fundament stehen, so ist eines neues Fundament (Fundament Nr.2) im gleichen Bemessungsfall (Bemessungsfall Nr.) anzulegen, dem dann diese entsprechenden Knoten zugewiesen werden muß. In der oben dargestellten Abbildung, soll an Knoten Nr. 41 und 52 ein anderes Fundament, nämlich ein Blockfundament entstehen. Deshalb wurde ein neues Fundament Nr.2 angelegt. Diesem Fundament können natürlich die gleichen oder verschiedene LF,LG und LK zugewiesen werden. Aus der Belastung dieser LF,LG und LK ergeben sich an den Auflagerknoten wieder verschiedene Auflagerkräfte. Als letztes soll beispielsweise untersucht werden, ob es vielleicht nicht doch sinnvoller ist, das Fundament an Auflagerknoten Nr. 41 und Nr. 51 als Köcherfundament auszubilden. Dazu muss ein neuer Bemessungsfall (Bemessungsfall Nr.2) angelegt werden, da im ersten Bemessungsfall bereits an den Knoten Nr.41 und Nr.51 ein Blockfundament entstanden ist. Alternativ hätte im Bemessungsfall Nr. 1 auch das Fundament Nr.2 gelöscht und als Köcherfundament ausgebildet werden können. Will man jedoch, wie hier, mehrere technische Lösungen für den gleichen Knoten durchspielen, so empfiehlt sich natürlich das Anlegen eines weiteren Bemessungsfalls, weil dessen Ergebnisse jederzeit wieder einsehbar sind.

Unterhalb der Titelleiste befinden sich die zwei Pulldownmenüs *Datei* und *Hilfe*. In *Datei* finden Sie Möglichkeiten einen neuen Bemessungsfall anzulegen, zu löschen, umzubenennen oder zu kopieren.



Bemessungsfall bearbeiten



Unterhalb der Titelzeile dieser Maske befinden sich eine Kombobox, sowie links daneben, die beiden Button *Neu* und *Verzeichnis* gefolgt von einer weiteren Kombobox, mit denen Sie neue Fundamente (Fundament-Nr.) anlegen, bezeichnen und angelegte Fundamente betrachten können.

Unterhalb der Titelzeile dieser Maske befinden sich eine Kombobox in der die Nummer des gerade betrachteten Fundaments angezeigt wird. Links daneben, befindet sich der Button *Neu*, durch dessen Pressen in der zuvor genannten Kombobox die nächste freie Fundamentnummer eingestellt und somit dem Programm mitgeteilt wird, dass die gemachten Eingaben in den folgenden Masken sich auf das Fundament mit dieser Nummer beziehen. Über *Verzeichnis* kann ein Dialogdialog aufgerufen werden, der die Nummern der bisher angelegten Fundamente, einschließlich der von Ihnen eingegebenen, Bezeichnungen zeigt. Diese können dann dort eventuell auch gelöscht werden. In der anschließenden Kombobox kann die Bezeichnung eines Fundamentes eingegeben oder aus den bereits vergebenen Bezeichnungen ausgewählt werden.

Fundament bearbeiten

Als nächstes folgt eine Textbox in die, die Nummer der Knoten, deren Auflagerkräfte für die Bemessung dieses Fundamentes verwendet werden sollen, eingegeben werden können.

Auswahl der Auflagerknoten

Über den Button *Pick* gelangen Sie in den Arbeitsbereich von R-Stab. Dort können Sie mit der Maus den gewünschten Auflagerknoten anklicken („picken“). Wollen Sie mehrere Auflagerknoten auswählen, so müssen Sie beim Anklicken, die Shift-Taste gedrückt halten. Nach getaner Auswahl verlassen Sie den Arbeitsbereich wieder, indem Sie im eingeblendeten Dialogfenster, den Button *Ok* drücken.

Beenden des Auspickens der Knoten

Steht fest, dass an allen Auflagerknoten, dass gleiche Fundament entstehen soll, so kann die Checkbox vor *Alle Auflager* abgehakt werden. Es werden dann automatisch sämtliche Auflagerknoten bestimmt.

Automatische Auswahl sämtlicher Auflagerknoten

Dies empfiehlt sich jedoch nur dann, wenn wirklich alle Auflagerknoten, das gleiche Fundament bekommen sollen und wenn sicher gestellt ist, dass keiner der Auflagerknoten auf Grund seiner Auflagerkräfte bei der Bemessung ausgeschlossen werden kann. Ansonsten

wird nur die Rechenzeit teilweise erheblich verlängert, da für sämtliche Auflagerkräfte die bodenmechanischen Nachweise und der Nachweis von Stahl und Beton geführt werden müssen. Ein Beispiel dafür, wie der Rechenaufwand vertretbar gehalten werden kann, ist bei der Suche nach einem Köcherfundament, Auflagerknoten mit gelenkig angeschlossenen Stützen auszuschließen, wenn Auflagerquerkräfte und Auflagernormalkraft nicht maßgebend werden.

Als nächstes muss der Typ des Fundaments ausgewählt werden. Dies geschieht, indem einer der vier möglichen Radiobutton angeklickt wird. In der Grafik daneben erscheint eine erläuternde Abbildung.

Auswahl des Fundamenttyps

Als nächstes kommen zwei Radiobutton. Ist der erste der beiden aktiviert, so wird die zulässige Bodenpressung für jeden Auflagerkraft eigens mit Hilfe der Tabelle 1-7 der DIN 1054 ermittelt. Dies bedeutet vor allem bei der Auslegung einen teilweise erheblicheren Rechenaufwand. Um die zulässige Bodenpressung mit Hilfe der Tabellen ermitteln lassen zu können, muß in der Listbox unterhalb des ersten Radiobutton zwischen bindigen, nicht bindigen Boden und Fels ausgewählt werden. Drückt der Benutzer anschließend den Button [...] erscheint ein Detaildialog im dem weitere Einstellungen zur Ermittlung der zulässigen Bodenpressung gemacht werden können. Ist hingegen der zweite Radiobutton aktiviert, so ist die zulässige Bodenpressung für alle Auflagerkräfte gleich. Sie muß vom Benutzer in das Textfeld unterhalb dieses zweiten Radiobutton eingetragen werden.

Ermittlung der zulässigen Bodenpressung

Nach Drücken des Button [...] erscheinen folgende Detaildialoge.



Zulässige Bodenpressung für Regelfall bei bindigem Baugrund

Bodenart nach DIN 18196

☒ Tabelle 3 - Reiner Schluff
 Bodengruppe UL

☐ Tabelle 4 - Gemischtkörniger Boden
 Bodengruppe SU', ST', ST'', GU', GT'

☐ Tabelle 5 - Tonig schluffiger Boden
 Bodengruppe UM, TL, TM

☐ Tabelle 6 - Fetter Ton
 Bodengruppe TA

Konsistenz

☒ steif ☐ halbfest ☐ fest

Tabelle 3 - Reiner Schluff
steife Konsistenz

Einbindetiefe des Fundaments [m]	Reiner Schluff (UL) steif
0.5	130
1	180
1.5	220
2	250

Erfüllen der Voraussetzungen für Regelfall

☒ Frostfreie Einbindetiefe ($t > 80 \text{ cm}$)

☒ Mindesteinbindetiefe bei nicht lotrechter resultierender Vertikallast ($t \geq 1.4 \cdot b' \cdot H / V$)

☒ Maximale effektive Breite der kürzeren Fundamentsseite ($b' \leq 5 \text{ m}$)

Beim Auslegen im Falle des Nichterfüllens der Voraussetzungen soll vergrößert werden:

☒ Höhe der Überschüttung

☐ Fundamentplattendicke

Erhöhung des Tabellenwertes nach 4.2.2

☒ um 20 % falls Seitenverhältnis $a' / b' < 2$ und $t \geq 0.6 \cdot b'$

☒ um die zulässige Bodenbelastung der Mehrtiefe bei Einbindetiefen $t > 2 \text{ m}$

Herabsetzung des Tabellenwertes nach 4.2.2

☒ bei $b' > 2 \text{ m}$ um 10 % je Meter zusätzlicher Fundamentbreite

Einbindetiefe des Fundamentes

☐ Definieren t: [m]

☒ Durch das Programm ermitteln lassen:
 $t = \text{Fundamentplattendicke} + \text{Höhe der Überschüttung}$

OK Abbruch Hilfe

Detaildialog für bindige Böden

Dieser Detaildialog beginnt mit vier Radiobutton, über die der Benutzer die Bodenart nach DIN 18196 angeben kann. Es folgen drei weitere Radiobutton [steif], [halbfest] und [fest], mit denen die Konsistenz des bindigen Bodens durch Auswahl bestimmt wird. Je nach den, über die Auswahl der entsprechenden Radiobutton gemachten, Angaben zum anstehenden Boden, ändert sich die eingeblendete Tabelle, die die zulässige Bodenpressung in Abhängigkeit von der zu erwarteten Einbindetiefe zeigt. Auf der rechten Seite dieses Detaildialogs sind die Voraussetzungen genannt, die erfüllt sein müssen, damit die zulässige Spannung aus den Tabellen 3-6 der DIN 1054 ermittelt werden dürfen. Wird eine der vier Checkbox vor der entsprechenden Voraussetzung deaktiviert, so bedeutet dies, dass keine Auslegung bis zur Einhaltung der Voraussetzung stattfindet. Falls doch bis zur Erfüllung der Voraussetzung ausgelegt werden soll, so entscheidet der Benutzer über die beiden Radiobutton in der Mitte der rechten Hälfte dieses Detaildialogs, wie dies geschehen soll. Ist der erste der beiden Radiobutton aktiviert, so wird das Fundament tiefer eingebunden, indem die Überschüttung vergrößert wird. Ist der zweite Radiobutton aktiviert, so wird so lange die Dicke der Fundamentplatte vergrößert, bis die entsprechende Voraussetzung erfüllt ist. Im unteren rechten Teil dieses Detaildialogs kann der Benutzer durch Abhacken einer der drei Checkbox dem Programm mitteilen, unter welcher Voraussetzung er eine Erhöhung der ermittelten zulässigen Bodenpressung wünscht. In der rechten unteren Ecke dieser Maske befindet sich zwei Radiobutton. Ist der erste aktiviert, so wird ein Textfeld verfügbar, in das die Einbindetiefe, mit der die zulässige Bodenpressung und ihre Erhöhung zu ermitteln ist, eingegeben werden kann. Ist der zweite Radiobutton hingegen aktiviert, so wird die Einbindetiefe immer automatisch aus der Summe von Fundamentplattendicke plus Überschüttung berechnet. Im Falle der Auslegung des Fundaments ist automatisch der zweite Radiobutton voreingestellt und kann nicht verändert werden.

Zulässige Bodenpressung für Regelfall bei nichtbindigem Baugrund							
Bauwerksart				Erfüllen der Voraussetzungen für Regelfall			
<input checked="" type="radio"/> setzungsempfindlich (DIN 1054, Tabelle 1) <input type="radio"/> setzungsunempfindlich (DIN 1054, Tabelle 2)				<input checked="" type="checkbox"/> Frostfreie Einbindetiefe ($t > 80 \text{ cm}$) <input checked="" type="checkbox"/> Mindesteinbindetiefe bei nicht lotrechter resultierender Vertikallast ($t \geq 1.4 \cdot b' \cdot H / V$) <input checked="" type="checkbox"/> Mindesteinbindetiefe bei Grundwasserspiegel über Fundamentsohle ($t \geq 80 \text{ cm}$ bzw. b') <input checked="" type="checkbox"/> Maximale effektive Breite der kürzeren Fundamentseite ($b' \leq 5 \text{ m}$)			
Tabelle 1 - Nichtbindiger Baugrund und setzungsempfindliches Bauwerk							
Kleinste Einbindetiefe [m]	Zulässige Bodenpressung [kN/m ²] bei Fundamentbreite b'						
	0.5 m	1 m	1.5 m	2 m	2.5 m	3 m	
0.5	200	300	330	280	250	220	
1	270	370	360	310	270	240	
1.5	340	440	390	340	290	260	
2	400	500	420	360	310	280	
Erhöhung des Tabellenwertes nach 4.2.1.3				Herabsetzung des Tabellenwertes nach 4.2.1.4			
<input checked="" type="checkbox"/> um 20 % falls Seitenverhältnis $a' / b' < 2$ und $t \geq 0.6 \cdot b'$ <input type="checkbox"/> bis zu 50 % bei nachgewiesener Lagerungsdichte				<input checked="" type="checkbox"/> um bis zu 40 % beim Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Gründungsohle $< b'$ <input checked="" type="checkbox"/> bei Wirkung der waagerechten Kräfte mit dem Abminderungsfaktor $(1 - H / V)^2$			
Bodengruppe nach DIN 18196: <input checked="" type="radio"/> SE, GE, SU, GU, GT mit $U \leq 3$ <input type="radio"/> SE, SW, SI, GE, GW, GT, SU, GU, GT mit $U > 3$				Einbindetiefe des Fundamentes			
Lagerungsdichte D: <input type="text" value="0.50"/> [%] Proctordichte D-Pr: <input type="text" value="95.00"/> [%]				<input type="radio"/> Definieren t : <input type="text" value="1.00"/> [m] <input checked="" type="radio"/> Durch das Programm ermitteln lassen: $t = \text{Fundamentplattendicke} + \text{Höhe der Überschüttung}$			
<input checked="" type="checkbox"/> um die zulässige Bodenbelastung der Mehrtiefe bei Einbindetiefen $t > 2 \text{ m}$				<div>OK</div> <div>Abbruch</div> <div>Hilfe</div>			

Detaildialog für nicht bindige Böden

Dieser Dialogdialog beginnt mit zwei Radiobutton [setzungsempfindlich] und [setzungsnempfindlich], mit denen der Benutzer vorgegeben kann, wie das von ihm gewählte statische System auf mögliche Setzungen reagiert. Je nach dem, über die Auswahl welches Radiobutton, gemachten Angaben zum anstehenden Boden, ändert sich die eingeblendete Tabelle, die die zulässige Bodenpressung in Abhängigkeit von der zu erwarteten Einbindetiefe zeigt. Unter der Tabelle befinden sich auf der linken Seite drei Checkboxes mit denen ausgewählt werden kann, ob bei bestimmten Gegebenheiten eine Erhöhung der zulässigen Bodenpressung möglich sein soll. Wird die zweite dieser Checkboxes aktiviert, so kann über zwei Radiobutton die Bodengruppe nach DIN 18196 bestimmt werden. Die Lagerungsdichte und die Proctordichte sind dann über die beiden Textfelder einzugeben. Analog zur Erhöhung der Tabellenwerte kann auf der rechten Seite im unteren Teil dieser Dialogmaske über zwei Checkboxes abgehakt werden, unter welchen Voraussetzungen es zu einer Verminderung der ermittelten zulässigen Tabellenwerte kommen soll. Unter diesen beiden Checkboxes befindet sich zwei Radiobutton. Ist der erste aktiviert, so wird ein Textfeld verfügbar, in das die Einbindetiefe, mit der die zulässige Bodenpressung und ihre Erhöhung zu ermitteln ist, eingegeben werden kann. Ist der zweite Radiobutton hingegen aktiviert, so wird die Einbindetiefe immer automatisch aus der Summe von Fundamentplattendicke plus Überschüttung berechnet. Im Falle der Auslegung des Fundaments ist automatisch der zweite Radiobutton voreingestellt und kann nicht verändert werden.

Um mit den zulässigen Bodenpressung für nicht bindige Böden der DIN 1054 überhaupt arbeiten zu dürfen, müssen vier Voraussetzungen erfüllt sein. Diese sind im rechten oberen Teil dieser Detailmaske aufgeführt. Halten Sie eine dieser Voraussetzung für nicht relevant, so können Sie die entsprechende Checkboxen davor deaktivieren. Eine Vergrößerung der Einbindetiefe durch Erhöhung der Überschüttung oder Vergrößern der Fundamentplattenstärke wie sie, je nach Auswahl des entsprechenden Radiobutton in der Mitte der rechten Hälfte dieses Detaildialogs bestimmt werden kann, findet dann nicht statt.

In der Maske 1.1 Basisangaben folgt als nächstes ein Textfeld, in das die zulässige Bodenpressung eingegeben werden kann, sofern der davorstehende Radiobutton aktiviert wurde.



Daneben sind weitere Angaben zum Boden zu machen, falls Sie die Checkbox vor [Passiver Erdwiderstand] abgehakt haben und somit dem Programm mitgeteilt, dass Sie beim Nachweis der Gleitsicherheit, den passiven Widerstand der, das Fundament in Höhe der Fundamentplatte umgebenden, Erdmassen berücksichtigen wollen.

Angaben zur Berücksichtigung des passiven Erdwiderstands

In die oberste Textbox ist die Wichte des Bodens einzugeben. Darunter befinden sich drei Komboboxen. Wenn Sie aus der ersten einen Erdwiderstandsbeiwert auswählen erscheint in den unter beiden Komboboxen, der Bodenreibungswinkel und der Wandreibungswinkel, die gegeben sein müssen, damit dieser Erdwiderstandsbeiwert zu Stande kommt. Wählen Sie jedoch aus den unteren beiden Komboboxen einen Wert aus, so wird aus Bodenreibungswinkel und Wandreibungswinkel der Erdwiderstandsbeiwert ermittelt.

Am unteren Rand der ersten Maske 1.1 Basisangaben finden sich die Button *Berechnung* und *Details*. Sobald die Eingabe abgeschlossen ist, kann über den Button *Berechnung* die Berechnung gestartet werden. Nach Pressen des Button *Details* erscheint folgender Detaildialog:

Detaildialog

In diesem Detaildialog kann über eine der beiden Radiobutton entschieden werden, nach welcher Norm die Stahlbetonbemessung stattfinden soll. Fünf weitere Radiobutton sind dazu da, die Lage des Bemessungsschnittes, also jene Linie bis zu der die Bodenpressung zur

Ermittlung des Bemessungsmoment für die untere und die obere Biegebewehrung der Fundamentplatte berücksichtigt werden soll, festzulegen. Ist einer der ersten vier dieser fünf Radiobutton aktiviert, so ist die gemachte Angabe für die obere und die untere Biegebewehrung gleich. Ist hingegen der Radiobutton vor „Definieren“ aktiviert, so kann über [...] für die obere und die untere Biegebewehrung ein eigener Bemessungsschnitt ausgewählt oder in einem selbstdefiniertem Abstand festgelegt werden. Auf der linken Seite dieses Dialoges kann durch das Abhacken einer Checkbox festgelegt werden, ob die in Maske 1.4 Belastung einmal gemachten Angaben für jedes Fundament neu einzugeben sind oder automatisch beim Anlegen eines neuen Fundaments wieder erscheinen sollen. Im unteren Teil dieses Dialogs sind ebenfalls zwei Radiobutton. Mit ihnen kann die Form der horizontalen Bügel für Köcherfundamente bestimmt werden. Im rechten oberen Teil dieses Detaildialogs befinden sich fünf Checkboxes. Je nachdem, ob sie abgehakt sind oder nicht wird der entsprechende Nachweis geführt. Die nächste Checkbox eröffnet die Möglichkeit, bei der Auslegung vorzugeben, dass sich der Durchstanzkegel stets innerhalb der Fundamentplatte befinden soll. Dies bedeutet, dass das Durchstanzanzen stets über den im Theorieteil beschriebenen Durchstanznachweis geführt wird und die Fundamentplatte, wenn sie besonders hoch ist, etwas üppiger ausfallen kann. Ist diese Checkbox nicht abgehakt, so wird bei sehr schmalen Fundamentplatten, bei denen der Durchstanzkegel zwei gegenüberliegende Fundamentplattenränder schneidet, anstelle des Durchstanznachweises eine Schubnachweis geführt. Die letzte Checkbox dieses Detaildialogs entscheidet darüber, ob das Fundament als unbewehrtes oder als bewehrtes Fundament ausgeführt werden soll. Als unbewehrtes Fundament bedeutet, dass der Durchstanznachweis und der Nachweis der Biegebruchsicherheit entfallen, da das Fundament eine gedrungene Form zu haben hat.

Die Ansteuerung aller Masken kann wahlweise durch Anklicken des entsprechenden Eintrages im *FUND-Navigator* oder sequentielles Durchblättern geschehen. Geblättert werden kann entweder mit den Tasten [F2] und [F3] oder durch Anklicken der Buttons [<<] und [>>].

7.2.2 Maske 1.2 Geometrie

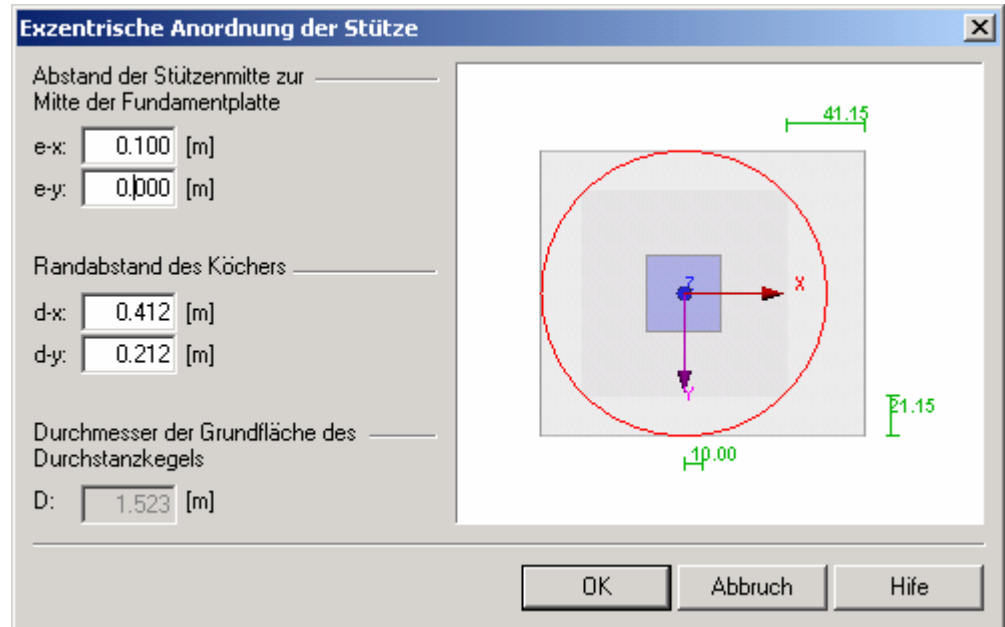
Maske 1.2 Geometrie

Zu Beginn der Maske können Eingaben gemacht werden, die die Stütze betreffen. In den ersten beiden Textfeldern finden sich die, vom Programm vergebenen, Standardstützenabmessungen. Diese können durch den Benutzer beliebig manipuliert werden. Durch Pressen des daneben befindlichen Buttons [<] werden die Inhalte der beiden Textfelder mit den Stützenabmessungen, jener Stütze ersetzt, die an die ausgewählten Knoten, die dieser Fun-



dament Nr. zugewiesen wurden, angreift. Nach dem Pressen des Buttons *Profil-Details ...* erscheint der bekannte RSTAB-Dialog mit weiteren Angaben zum gewählten Querschnitt.

Ist die Checkbox vor [Exzentrische Anordnung] abgehakt, so können Mittelpunkt der Stütze und Mittelpunkt der Platte gegeneinander verschoben sein. Nach Drücken von [...] erscheint ein Detaildialog, in dem die Exzentrizität des Plattenschwerpunkts im Bezug auf das Auflagerkoordinatensystem genau definiert werden kann.



Detaildialog zur Definition der Stützenexzentrizität und zur Festlegung der Mindestabmessungen der Fundamentplatte

Innerhalb dieses Dialogs befindet sich rechts eine interaktive Grafik. Diese zeigt die Draufsicht auf das Fundament einschließlich des Auflagerkoordinatensystems. Weiter befinden sich in dieser Grafik bis zu vier Maßketten. Zwei von Ihnen geben den Abstand zwischen Schwerpunkt Stütze und Schwerpunkt Fundamentplatte an. Die anderen beiden beziffern den Abstand zwischen der Ecke der Stütze bzw. Köcher und jener Ecke der Fundamentplatte, die beide im positiven Quadranten des Auflagerkoordinatensystems liegen. Der rote Kreis um die Stütze ist die untere Aufstandsfläche des Durchstanzkegels oder sofern nach DIN 1045-1 bemessen werden soll, der kreisförmig idealisierte kritische Rundschnitt.

Der Durchmesser ist in dem untersten Textfeld dieses Dialogs zu finden. Über die vier darüber befindlichen Textfelder kann nun die Exzentrizität der Stütze bestimmt werden. In die ersten beiden Textfelder ist Verschiebung des Schwerpunkts der Fundamentplatte gegenüber dem Auflagerkoordinatensystem einzugeben. Dabei ist besonders auf das Vorzeichen der Verschiebung zu achten. Soll z.B. die Stütze etwas weiter rechts stehen, so muss dieser Betrag mit einem negativen Vorzeichen eingegeben werden, da hierzu der Fundamentplattenschwerpunkt in negative x-Richtung des Auflagerkoordinatensystems verschoben werden muss.

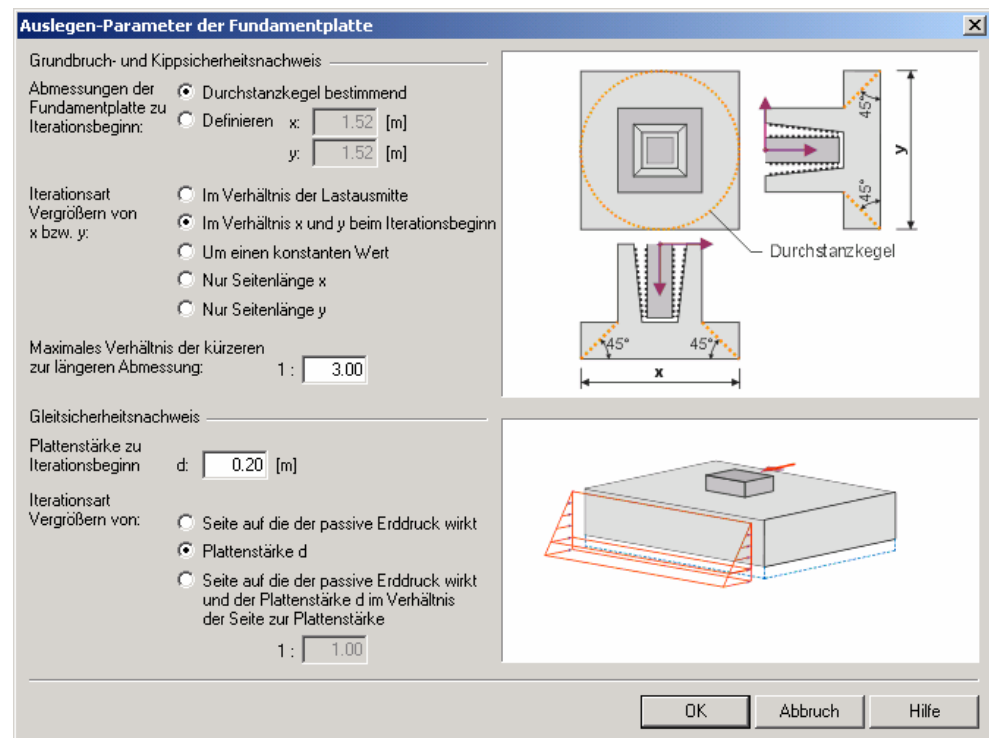
In den mittleren beiden Textfeldern sind die Abstände der Ecken von Stütze bzw. Köcher und der Ecke der Fundamentplatte immer als positiver Wert einzutragen.

Besonders sei noch einmal darauf hingewiesen, welche Konsequenzen es hat, wenn im Dialog, der erscheint, sobald der Button Details, der ganz unten in diesem Modul neben dem Button Berechnung zu finden ist, eine ganz bestimmte Checkbox abgehakt ist. Dabei handelt sich um die Checkbox mit der bestimmt werden kann, ob der Durchstanzkegel bzw. der kreisförmig idealisierte kritische Rundschnitt sich innerhalb der Fundamentplatte zu befinden hat oder die Fundamentplattenränder schneiden darf. Ist diese Checkbox aktiviert, so bedeutet dies, dass bei Auslegung der Fundamentplatte vom Programm bei Wahl der Mindestabmessungen oder Vergrößerung der Fundamentplatte immer darauf geachtet wird, dass sich die Aufstandsfläche des Durchstanzkegels stets innerhalb der Fundamentplatte befindet. Vom Benutzer definierte Abmessungen müssen zu einer Fundamentplatte führen,

deren Seiten die Aufstandsfläche des Durchstanzkegels höchstens tangieren. Der wesentliche Unterschied, zwischen einem Fundament bei dem die Grundfläche des Durchstanzkegels innerhalb der Fundamentplatte liegt und einem Fundament, bei dem dies nicht der Fall ist, ist die Art und Weise, wie der Durchstanznachweis geführt wird (sh. Handbuch Theorieteil).

Ist in Maske 1.2 Geometrie Auslegung der Fundamentplatte ausgewählt, so wird im Falle einer vorgegebenen Exzentrizität, bei der die untere Aufstandsfläche die Ränder der Fundamentplatte schneiden würde, die Fundamentplatte so vergrößert, damit diese vergrößerten Ränder tangiert werden. Ist jedoch die *Abmessungen definieren* in Maske 1.2 Geometrie eingestellt, so wird bei einer vom Benutzer vorgegebenen unmöglichen Exzentrizität, die maximal mögliche berechnet und die Stütze gegenüber dem Mittelpunkt der Fundamentplatte genau um diesen Wert verschoben, so dass die Aufstandsfläche des Durchstanzkegels auch hier wieder die Ränder der Fundamentplatte höchstens tangieren.

Als nächstes stehen in Maske 1.2 Geometrie nun die Eingaben an, die zur Fundamentplatte gemacht werden können. Zunächst finden sich hier zwei Radiobuttons, über die bestimmt werden kann, ob der Benutzer die *Abmessungen definieren* will oder ob die Abmessungen vom Programm bestimmt (ausgelegt) werden sollen. Voreingestellt ist immer das *Auslegen*, d.h., daß die drei Textfelder für die Abmessung x, y und d zu reinen Ausgabefeldern werden, in denen dem Benutzer die vom Programm ermittelten Mindestabmessungen angezeigt werden. Wie ausgelegt werden soll, erscheint der Benutzer in dem Detaildialog, der erscheint, sobald der Button [...] gedrückt wird. Es erscheint dann folgender Detaildialog.



Details Stützenexzentrizität

Der Dialog beginnt mit zwei Radiobuttons, über die der Benutzer entscheiden kann, wie groß seine Fundamentplatte zu Beginn der Iteration sein soll. Voreingestellt ist der erste Radiobutton, dies bedeutet, dass die Mindestabmessungen vom Programm bestimmt werden. Hat der Benutzer in der Detailmaske zur Stützenexzentrizität vorgegeben, dass die Platte mindestens so groß ist, um die Aufstandsfläche des Durchstanzkegels unter der Berücksichtigung einer eventuellen Exzentrizität aufnehmen zu können, so sind dies die Fundamentplattenabmessungen, mit denen die Iteration begonnen wird. Ansonsten muß die Fundamentplatte mindestens so groß sein, dass Köcher oder Stütze auf ihr Platz finden. Die zu dieser Plattengröße gehörenden Mindestabmessungen erscheinen in den beiden Anzeigefeldern darunter. Will der Benutzer diese Mindestabmessungen verändert, weil sie beispielsweise krumme Werte sind oder weil er andere Mindestabmessungen für angebracht hält, so muss er zunächst den zweiten Radiobutton aktivieren. Die beiden Anzeigefelder



werden nun zu Textfeldern und er kann hier seine eigenen Mindestabmessungen eingeben. Diese Mindestabmessungen müssen natürlich größer sein als die vom Programm ermittelten Mindestabmessungen, da es sich bei ihnen schon um die kleinstmöglichen Abmessungen handelt.

Als nächstes wird über die Wahl eines von fünf Radiobutton vorgegeben, auf welche Art das Fundament für die Nachweise der Grundbruchsicherheit und der Kippsicherheit vergrößert werden soll (Einzelheiten siehe theoretischer Teil des Handbuchs). Im Grafikfenster erscheint zu jeder Auswahl eine Grafik, die das Ausgewählte verständlicher erscheinen lässt.

Es folgt ein weiteres Textfeld über das der Benutzer dem Programm mitteilen kann, das er als Ergebnis der Iteration nur Fundamentplatten wünscht, bei denen die längere Seite geteilt durch die kürzere der beiden Seiten höchstens den von ihm vorgegebenen Wert ergibt.

Maximales Verhältnis der kürzeren zur längeren Fundamentseite:
Verhältnis kurze Seite/lange Seite = 1 :

Maximales Verhältnis von kurzer zu langer Fundamentseite

Durch das nächste Textfeld wird die Möglichkeit eröffnet, festzulegen mit welcher Ausgangsplattenstärke die Auslegung begonnen werden soll.

Plattenstärke zu Iterationsbeginn
Fundamentplattenstärke d: [m]

Plattenstärke zu Iterationsbeginn

Voreingestellt ist in diesem Textfeld die vom Programm festgelegte Mindestplattenstärke. Wichtig ist es hier zu wissen, dass eine größere Plattenstärke eventuell längere Fundamentseiten bedeutet, wenn der Benutzer den Durchstanzkegel innerhalb der Platte haben möchte, weil mit zunehmender Plattenstärke die Grundfläche des Durchstanzkegels anwächst, die von den Seiten der Fundamentplatte höchstens tangiert werden darf. Vergrößert der Benutzer also die Mindestplattenstärke, so wird automatisch die Mindestseitenlängen vom Programm neu berechnet, wenn der Benutzer den Durchstanzkegel in der Platte haben möchte. Gleichzeitig bedeutet dies natürlich, dass größere Exzentrizitäten der Stützenstellung möglich sind. Als nächstes kann bestimmt werden, wie die Fundamentplatte für den Nachweis der Gleitsicherheit zu vergrößern ist. Die ersten beiden Radiobutton sind dazu da, sich entweder nur dafür zu entscheiden die Länge der Fundamentseiten zu erhöhen oder nur die Dicke der Fundamentplatte zu vergrößern.

Iterationsweise
☐ Vergrößern der Seite auf die der passive Erddruck wirkt
☒ Vergrößern der Fundamenthöhe d
☐ Vergrößern der Seite auf die der passive Erddruck wirkt und der Fundamenthöhe d im Verhältnis
 Vergrößern Seite/Fundamenthöhe = 1 : [-]

Vergrößerung Fundamentplatte für den Nachweis der Gleitsicherheit

Bei Aktivierung des dritten Radiobuttons wird ein Eingabefeld verfügbar gemacht, mit dem das Verhältnis der Vergrößerung von Fundamentseite zu Fundamenthöhe eingegeben werden kann. Vergrößert sich in jedem Iterationsschritt die Länge der Fundamentseite beispielsweise um einen Zentimeter, so kann der Benutzer bestimmen, ob im gleichen Iterationsschritt, die Plattendicke um ein halbes oder zwei Zentimeter anwachsen soll.

Wie bei allen anderen Detaildialogen auch, kann auch dieser zur Optimierung der Fundamentplattenabmessungen, über zwei verschiedene Button verlassen werden. Mit dem Button [OK] werden beim Verlassen die gemachten Einstellungen gespeichert und mit dem Button [Cancel] bleiben die Einstellungen, die der Benutzer beim Öffnen der Detailmaske vorgefunden hat, erhalten.

Zurück in der Maske 1.2 Geometrie bleibt noch zu erwähnen, was passiert, wenn der Benutzer den voreingestellten Radiobutton für die Auslegung der Fundamentplatte deaktiviert, indem er den Radiobutton *Abmessungen definieren* aktiviert. Die Anzeigefelder auf der rechten Seite werden zu Textfeldern, in die nun Längenausdehnung der Fundamentplatte in alle drei Dimensionen eingetragen werden kann. Natürlich können diese Längenausdehnungen nicht geringer sein als die Mindestabmessungen der Fundamentplatte. So kann beispielsweise die Fundamentplatte nicht kleiner sein als der Köcher. Trägt der Benutzer dennoch kleinere Werte ein, so wird seine Eingabe automatisch auf die Mindestabmessungen abgeändert. Bei Eingabe einer größeren Fundamentplattendicke werden die Mindestseitenlängen automatisch neu berechnet.

Abmessungen können verändert werden

Würde mit der Einstellung [Abmessungen definieren] die Berechnung gestartet werden, so werden zunächst geprüft, ob mit dieser Fundamentplatte alle bodenmechanischen Nachweise erfüllbar sind. Ist dies nicht der Fall, wird die Berechnung mit der entsprechenden Fehlermeldung beendet. Ist dies jedoch der Fall, wird für diese vorgegebene Platte die Bewehrung ermittelt.

Die nächsten Eingabefelder unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit je nach Fundamenttyp. Handelt es sich beim Fundamenttyp um ein Köcherfundament, können hier nach der gleichen, schon für die Platte beschriebenen Logik, die Abmessungen entweder definiert werden oder auf die Mindestwerte für die Auslegung gesetzt werden. Bei definierten Abmessungen werden diese durch die Berechnung nicht verändert, es wird vom Programm versucht eine Bewehrung zu finden, die allen statischen Anforderungen genügt und die sich in diesen definierten Abmessungen auch unterbringen lässt. Besondere Beachtung sollen hier die beiden Eingabefelder [Köcherhöhe] und [Einbindetiefe] der Stütze finden.

Köcherhöhe und Einbindetiefe der Stütze sind gleich

Die Köcherhöhe kann größer sein, als die Einbindetiefe, als jene Länge der Stütze, die in den Köcher eintaucht, gemessen ab der OK Köcher. Andererseits kann die Einbindetiefe nicht größer sein, als die Köcherhöhe, da die Stütze auf der Oberseite der Fundamentplatte steht und nicht in diese eingelassen wird. Gibt der Benutzer jetzt doch eine Einbindetiefe vor, die größer als die Köcherhöhe ist, so wird bei der Auslegung solange erst mal die Köcherhöhe erhöht, bis diese mindestens gleich der geforderten Einbindetiefe ist. Bei der Berechnung für definierte Abmessungen führt dieser Umstand, daß die Einbindetiefe größer als die Köcherhöhe ist, zu einer Fehlermeldung.

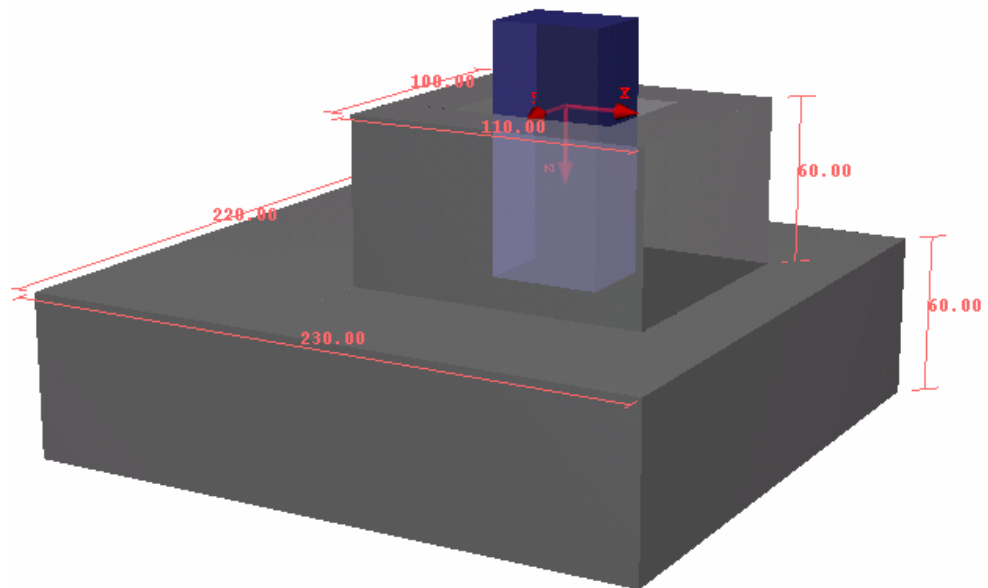
Beim Fundamenttyp Blockfundament beschränkt sich die Eingabe auf die Höhe des Blockfundaments, die Einbindetiefe der Stütze und das obere und untere Stützenspiel.

Handelt es sich beim Fundamenttyp ausschließlich um eine Fundamentplatte sind natürlich keine der Eingabefelder für die Abmessungen des Köchers verfügbar.

Ist die Eingabe der Abmessungen der Fundamentplatte und gegebenenfalls die, des Köcher abgeschlossen, so kann über den, sich am unteren Teil dieser Maske 1.2 Geometrie befindlichen Button *Grafik*, die gemachten Eingaben im Rendering überprüft werden.

Grafik

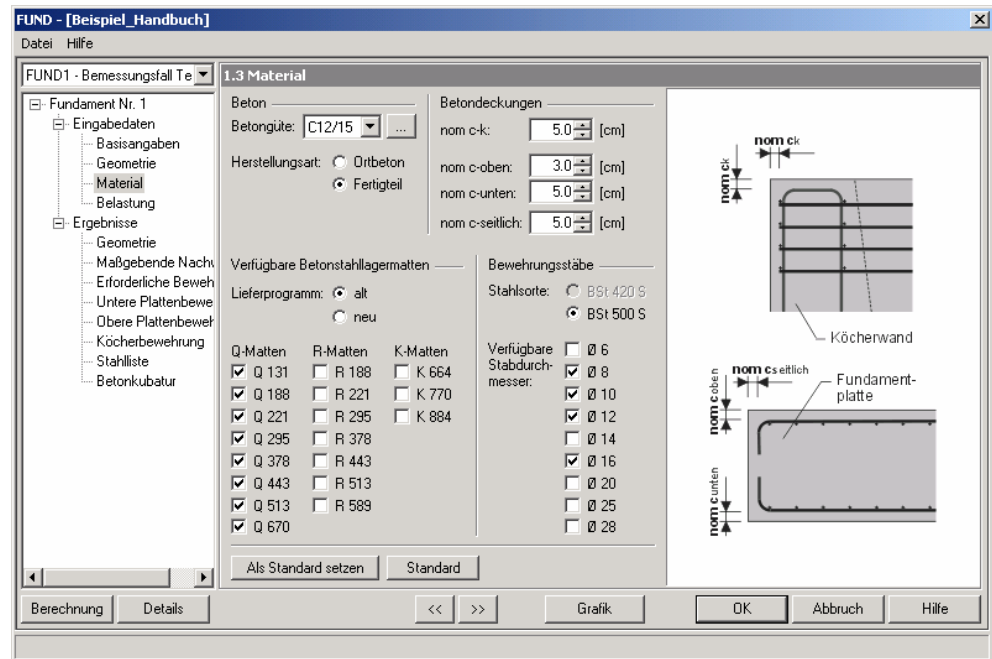
Button zur Darstellung des Fundaments im Rendering



Rendering der vorgegebenen Abmessungen

Bevor zur nächsten Eingabemaske gegangen wird, muss erwähnt werden, was in dieser Maske nach der Berechnung zu finden ist. Die Radiobutton sind nun auf [Abmessungen definieren] eingestellt, jedoch befinden sich in den Anzeigefeldern die Ergebnisse der Auslegung. Diese sind keine auf 10 cm genauen Abmessungen, sondern stellen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, im Hinblick auf den Materialverbrauch, die optimale, auf 1 cm genaue Lösung dar. Dieses Ergebnis kann nun verändert werden. Nach einer Veränderung verschwinden die Ausgabemasken, da diese für die nun eingegebenen Fundamentabmessungen nicht mehr aktuell sind. Sind alle Veränderungen gemacht, kann hat der Benutzer nun erneut folgende beiden Möglichkeiten. Zum einen kann er die Radiobutton auf *Abmessungen definieren* stehen lassen, d.h. die von ihm veränderten Abmessungen werden nachgewiesen und es wird für diese Abmessung die erforderliche Bewehrung gesucht. Diese wird auch immer dann gefunden werden, sobald Abmessungen vergrößert werden.

7.2.3 Maske 1.3 Material



Maske 1.3 Material

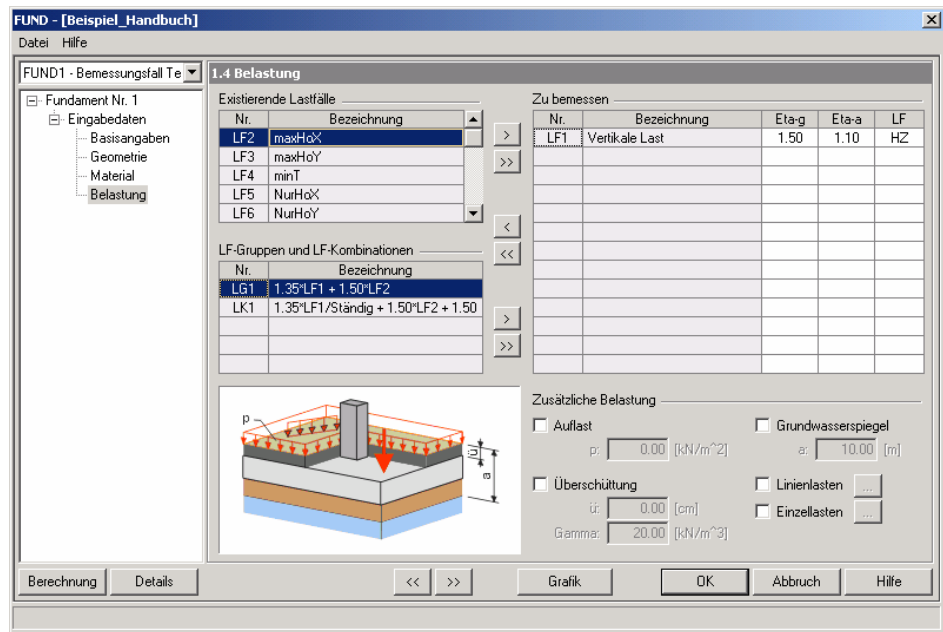
Im oberen Teil der Maske kann über eine Listbox die Betonklasse ausgewählt werden. Ob das Fundament als Fertigteil hergestellt oder erst auf der Baustellen betoniert wird, lässt sich über die Auswahl des entsprechenden Radiobuttons darunter entscheiden. Links daneben befinden sich vier weitere Listboxen über die, die Betondeckungen vorgegeben werden können. Wie auch der Graphik zu entnehmen bedeuten folgende Variablennamen:

- nom c-k = Betondeckung des Köchers
- nom c-o = Betondeckung der oberen Fundamentplattenbewehrung
- nom c-u = Betondeckung der unteren Fundamentplattenbewehrung
- nom c-s = Seitliche Betondeckung der Fundamentplattenbewehrung

Im unteren Teil dieser Maske kann sich zunächst über Auswahl des entsprechenden Radiobuttons für das alte oder das neue Lieferprogramm von Betonstahllagermatten entschieden werden. Durch Abhaken der entsprechenden Checkboxes können dann diejenigen Lagermatten ausgewählt werden, die bei der Suche der wirtschaftlichsten Lösung bei der Biegebemessung mit in Betracht gezogen werden sollen. Im rechten unteren Teil der Maske finden sich weitere Checkboxes über die die verfügbaren Durchmesser derjenigen Stabstähle ausgewählt werden können, mit denen entweder ebenfalls die Biegebewehrung der Fundamentplatte oder gegebenenfalls die des Köchers oder Blockfundaments gebildet wird. Dabei ist zu beachten, dass Stäbe, die einen Durchmesser von mehr als 16 mm haben, bei der Auslegung nicht als Blockfundamentbewehrung bzw. Köcherbewehrung verwendet werden. Über den Checkboxes für die Auswahl der Bewehrungsstäbe befinden sich zwei Radiobutton, durch deren Auswahl die Stahlsorte bestimmt wird. Diese gilt dann für sämtlichen Bewehrungsstahl.

Die Maske schließt mit den beiden Button *Als Standard setzen* und *Standard setzen*. Mit dem ersten werden die Auswahl der Matten und Stabdurchmesser, die von ihnen gemacht wurden gespeichert. Durch Pressen des zweiten Buttons wird genau diese Speicherung wieder eingestellt.

7.2.4 Maske 1.4 Belastung



Maske 1.4 Belastung

In den beiden linksstehenden Tabellen dieser Maske befinden sich die zuvor in RSTAB angelegten Lastfälle, LF-Gruppen und LF-Kombinationen. Rechts neben diesen Tabellen befinden sich jeweils zwei Button. Über den Button [$>$] kann der, in der linken Tabelle durch Anklicken mit der Maus die ausgewählte, Lastfall, die ausgewählte LF-Gruppe und LF-Kombinationen zur Bemessung bestimmt werden. Eine Mehrfachselektion ist dann möglich, wenn bei der Auswahl die Strg-Taste gedrückt wurde. Die ausgewählten Lastfälle, die ausgewählten LF-Gruppe und LF-Kombinationen erscheinen dann in der rechten Tabelle. Wird hingegen der Button [$>>$] gedrückt, so wird der komplette Inhalt der linken Tabelle zugewiesen. Egal durch Pressen welches der beiden Button die LF, LG bzw. LK selektiert worden sind, es muss für jede dieser Belastungen noch die Gleitsicherheit η_g oder die Auftriebsicherheit η_a und der Lasttyp (H bzw. HZ) bestimmt werden. Für die Gleitsicherheit ist in die entsprechende Zelle der rechten Tabelle zu klicken. Die Zelle verwandelt sich in eine [Listbox], aus der dann die möglichen Gleitsicherheiten ausgewählt werden können. Diese Gleitsicherheiten sind für die drei Lastfälle der DIN 1054 vorgesehen:

Lastfall 1: Ständige Lasten und regelmäßige Verkehrslasten (auch Wind).

Lastfall 2: Außer den Lastfällen des Lastfalls 1 gleichzeitig, aber nicht regelmäßig auftretende große Verkehrslasten; Belastungen die nur während der Bauzeit auftreten.

Lastfall 3: Außer den Lasten des Lastfalls 2 gleichzeitig mögliche außerplanmäßige Lasten (z.B. durch Ausfall von Betriebs- und Sicherungsvorrichtungen oder bei Belastung infolge von Unfällen).

Hat man sich also für eine Gleitsicherheit entschieden, so steht auch gleichzeitig der Lastfall fest, mit dem wiederum in der nächsten Spalte die Sicherheit gegen Auftrieb automatisch vom Programm ermittelt wird. In der letzten Spalte dieser Tabelle steht der ausgewählte Lastfalltyp. Wird das Feld dieser Tabelle angeklickt, so verwandelt es sich in eine Listbox, aus der dann der gewünschte Lastfalltyp ausgewählt werden kann.

Der untere Teil dieser Maske ist zur Eingabe von zusätzlichen Belastungen. Jeder dieser Belastungen ist mit einer Checkbox ausgestattet. Ist diese abgehakt, so sind die zu ihr gehörenden Textfelder für die Eingabe verfügbar. Ist eine von ihnen nicht abgehakt, so wird die entsprechende Last bei der Bemessung auch nicht berücksichtigt. Wird die Checkbox vor [Linienlast] aktiviert, erscheint der entsprechende Detaildialog für die Eingabe von Einzellasten.

Linienlasten

Nr.	Lastposition [m]				Last p [kN/m]	Kommentar
	x-1	y-1	x-2	y-2		
1	12.00	1.00	1.00	2.00	2.00	
2	13.00	3.00	0.00	-6.00	2.00	
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

OK

Abbruch

Hilfe

Details Linienlasten

In die ersten vier Spalten können die Anfangs- bzw. Endkoordinaten der Linienlast eingegeben werden, die sich auf das Auflagerkoordinatensystem beziehen. In der letzten Spalte kann der Betrag der Linienlast eingegeben werden. Wurde anstelle die Checkbox für die zusätzlichen Einzellasten abgehakt, so kann in diesem Dialog die Lage und die Größe der zusätzlichen Einzellast(-en) eingetragen werden

Einzellasten

Nr.	Lastposition [m]		Last P [kN]	Kommentar
	x	y		
1	1.00	2.00	2.00	
2	3.00	4.00	4.00	
3	5.00	2.00	2.00	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

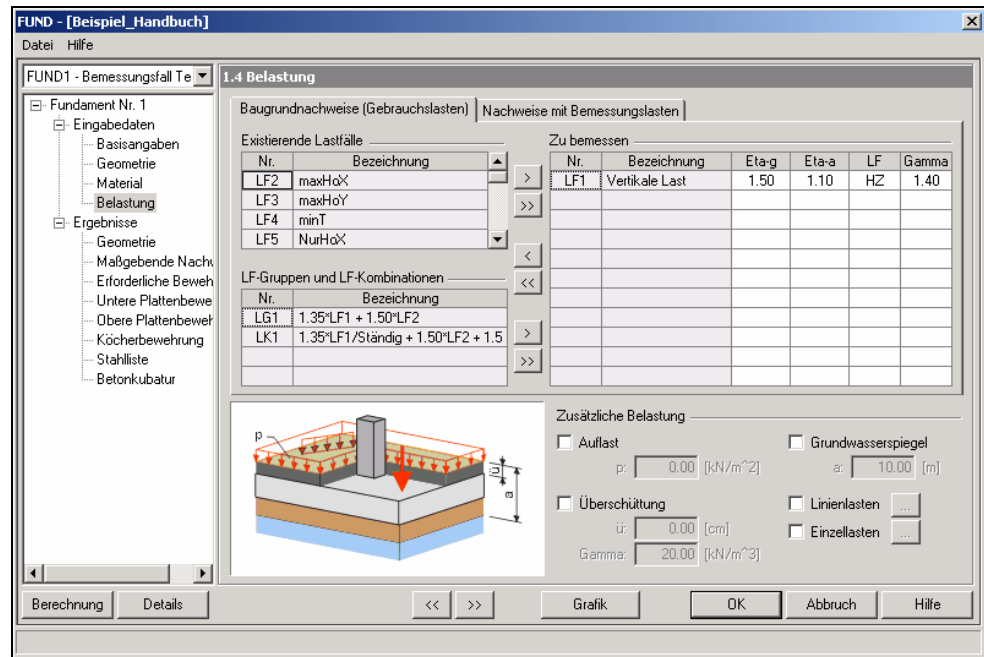
OK

Abbruch

Hilfe

Details Einzellasten

Diese Maske verändert sich, sobald der Benutzer die Bemessung nach der DIN 1045-1 durchführen lassen möchte.



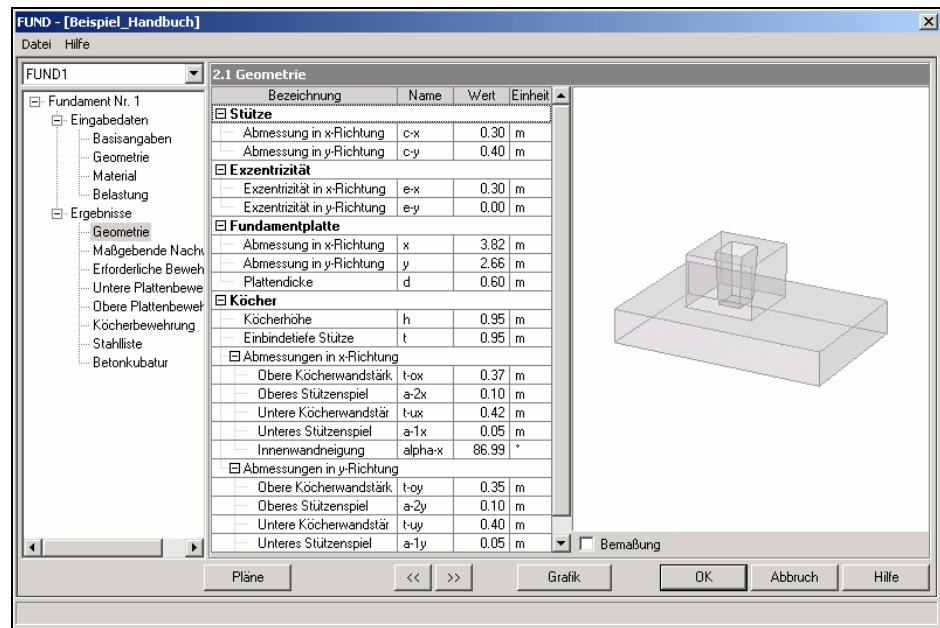
Maske 1.4 Belastung zur Bemessung nach DIN 1045 - 1

Sie enthält dann zwei Registerblätter.

Erstes Registerblatt: Die ausgewählten Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen des ersten Registerblattes [Baugrundnachweise (Gebrauchslasten)] sind für die bodenmechanischen Nachweise nach DIN 1054 und die Biegebemessung und den Durchstanznachweis der Fundamentplatte, da sich das Moment und die zu übertragende Querkraft für die Bemessung, aus der Belastung durch die Bodenpressung mal einem Sicherheitsfaktor Gamma auf der Einwirkungsseite, ergibt. Die ausgewählten Lastfälle, Lastfallgruppen und Lastfallkombinationen des zweiten Registerblattes [Nachweis mit Bemessungslasten] sind für die reine Stahlbetonbemessung des Köchers- oder Blockfundaments. Die Tabelle unterscheidet sich deshalb von derjenigen für die Bemessung nach DIN 1045-88, da sich in der letzten Spalte der allgemeine Teilsicherheitsbeiwert mit dem das Moment bzw. die zu übertragende Querkraft aus der Bodenpressung multipliziert werden, befindet.

Zweites Registerblatt [Nachweis mit Bemessungslasten] : Dieses Registerblatt ist analog im Aufbau dem ersten, mit dem einzigen Unterschied, das die spezifischen Baugrundangaben fehlen.

7.2.5 Maske 2.1 Geometrie



Maske 2.1 Geometrie

In dieser Maske erhalten Sie sämtliche Abmessungen, die sich während des Auslegungsprozesses für die Fundamentplatte und gegebenenfalls für den Köcher ergeben haben. In der linksstehenden Tabelle sehen Sie die neue Ausgabeweise in RSTAB als sogenannte Baumstruktur. Klicken Sie mit der Maus beispielsweise auf eines der Minuszeichen in den Quadraten, so verwandelt sich dieses in ein Pluszeichen und die Zeilen mit den Unterpunkten verschwinden.

Bezeichnung	Name	Abmessung [m]
<input checked="" type="checkbox"/> Stütze		
<input checked="" type="checkbox"/> Fundamentplatte		
<input type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung	x	3.07
<input type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung	y	2.47
<input type="checkbox"/> Plattendicke	d	0.60
<input checked="" type="checkbox"/> Köcher		
<input type="checkbox"/> Köcherhöhe	h	0.90
<input type="checkbox"/> Einbindetiefe Stütze	t	0.90
<input checked="" type="checkbox"/> Abmessung in x-Richtung		
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	tox	0.37
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	a2x	0.10
<input type="checkbox"/> Untere Köcherwandstärke	tux	0.42
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	a1x	0.05
<input checked="" type="checkbox"/> Abmessung in y-Richtung		
<input type="checkbox"/> Obere Köcherwandstärke	toy	0.35
<input type="checkbox"/> Oberes Stützenspiel	a2y	0.10
<input type="checkbox"/> Untere Köcherwandstärke	tuy	0.40
<input type="checkbox"/> Unteres Stützenspiel	a1y	0.05

Baumstruktur der Ausgabemasken

Obere Abbildung zeigt das der Überpunkt *Stütze* geschlossen ist (Pluszeichen). Will man nun mehr Informationen zur Stütze haben, so ist einfach das *Pluszeichen* anzuklicken und schon erscheinen die Zeilen der nächsten Hierarchiestufe wieder. Diese Form der Ausgabe schafft mehr Übersichtlichkeit bei komplexeren Nachweisen, da die vom Programm als wesentlich erachteten Ausgabedaten sofort ersichtlich sind, während detailliertere Information durch Öffnen von Überpunkten abgefragt werden können.

7.2.6 Maske 2.2 Nachweise

2.2 Maßgebende Nachweise

Nachweisart	Knoten	Maßgebender LF	Nachweis-Kriterium	Kommentar zur Nachweisart
Sicherheit gegen Abheben	1	LF2		Nachweis nicht erforderlich
Sicherheit gegen Grundbruch	1	LF2	0.555	
Sicherheit gegen Kippen	1	LF9	0.993	
Sicherheit gegen Gleiten	1	LF2	0.614	
Biegebruchsicherheit Platte	1	LF2	0.956	
Sicherheit gegen Durchstanzen	1	LF2	0.195	
Mindesteinbindetiefe der Stütze	1	LF2	0.632	
Biegebruchsicherheit Köcherwand	1	LF9	0.806	

Sicherheit gegen Kippen ; Knoten 1 ; LF9

☒ Auflagerkräfte und -momente

Vertikalkraft	P-Z	100.00	kN
Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.00	kN
Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.00	kN
Moment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
Moment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm

☒ Vorhandene Lastausmitte

☒ Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge

aus Fundamentplatteneigengewicht	G-p	152.81	kN
aus Köchereigengewicht	G-k	38.28	kN
aus der Stützennormalkraft	P-Z	100.00	kN
Resultierende Vertikalkraft in der Bod	res V-min	291.09	kN

☒ Resultierende Moment in Bodenfuge

Nachweis anzeigen:
☒ Maßgebend
☐ Gezielter Knoten: 1
 Lastfall: LF2

Maske 2.2 Nachweise

Die Maske 2.2 Nachweise ist zweigeteilt in eine obere Tabelle, der alle Nachweise schnell und übersichtlich entnommen werden können, so wie eine untere Detailtabelle, die zusätzliche Informationen zu dem, in der oberen Maske durch Anklicken ausgewählten, Nachweis enthält. Die obere Tabelle besteht aus fünf Spalten. In der ersten Spalte ist die Bezeichnung des geführten Nachweises zu finden. Die nächsten beiden Spalten geben Auskunft, an welchem Auflagerknoten die maßgebenden Auflagerkräfte aufgetreten sind und in welchem Lastfall dies geschah. In der vierten Spalte ist das sogenannte *Nachweiskriterium* zu finden. Dies ist der Quotient aus Beanspruchung durch Beanspruchbarkeit. Es muss stets kleiner oder gleich eins sein, damit der Nachweis erfüllt ist. Finden sich anstatt einer Zahl ein Minuszeichen dann bedeutet dies entweder, daß dieser Nachweis nicht erforderlich war oder dass er durch Benutzervorgabe nicht geführt wurde. In der letzten Spalte können sich Angaben dazu finden, warum ein Nachweis nicht geführt wurde.

Exemplarisch für den Aufbau einer Detailtabelle wird die Detailtabelle des Nachweises der Kippsicherheit vorgestellt.

Details: Sicherheit gegen Kippen Knoten 1 LF9			
⊞ Auflagerkräfte und -momente			
— Vertikalkraft	P-Z	100.00	kN
— Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.00	kN
— Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.00	kN
— Moment um die x-Achse	M-X	0.00	kNm
— Moment um die y-Achse	M-Y	327.00	kNm
⊞ Vorhandene Exzentrizität			
⊞ Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge			
⊞ aus Fundamentplatteneigengewicht	G-p	113.99	kN
⊞ aus Köchereigengewicht	G-k	36.18	kN
⊞ aus Überschüttung	G-ü	119.82	kN
⊞ aus zusätzlichen Einzellasten	G-P	17.00	kN
⊞ aus zusätzlichen Gleichstreckenlasten	G-S	32.36	kN
— aus der Stützennormalkraft	P-Z	100.00	kN
— Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge	res V-min	419.35	kN
⊞ Resultierende Moment in Bodenfuge			
⊞ Zur Bemessung in x-Richtung	res M-X	283.95	kNm
⊞ Zur Bemessung in y-Richtung	res M-Y	7.89	kNm
⊞ Exzentrizität der resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge			
— in x-Richtung	e-x	-0.677	m
— in y-Richtung	e-y	0.019	m
— Vorhandene Exzentrizität	vorhe	0.05	kN/m ²
⊞ Verlauf der klaffenden Fuge			
⊞ Druckspannungsverteilung			
⊞ Verlauf der klaffenden Fuge			
⊞ Nachweis			
— Vorhandene Exzentrizität	vorhe	0.05	kN/m ²
— Zulässige Exzentrizität	zule	0.11	kN/m ²
— Lastfalltyp	LF	HZ	
— Nachweiskriterium	Kriterium	0.438	< 1.0

Detailtabelle zum Nachweis der Kippsicherheit

In der Kopfzeile dieser Tabelle wird noch einmal erwähnt, um welchen Nachweis es sich handelt und an welchem Knoten in welchem Lastfall sich die maßgebenden Auflagerreaktionen ergaben. Diese sind auch als erstes in der Detailtabelle aufgeführt. Der Gesamtaufbau dieser Tabelle ist angelegt wie der Ablauf einer handerstellten Statik. Begonnen wird mit der Ermittlung der maßgebenden Schnittgrößen, dann werden sämtlichen Zwischenergebnisse in ihrer chronologischen Reihenfolge genannt, zum Schluß wird die ermittelte Beanspruchbarkeit der ermittelten Beanspruchung gegenüber gestellt und schließlich endet der Nachweis mit der Bezifferung des Ausnutzungsgrades, dem Nachweiskriterium. Am Beispiel der Detailtabelle zum Nachweis der Kippsicherheit sieht man, dass zur Ermittlung der vorhandenen Exzentrizität folgende Zwischenergebnisse berechnet werden müssen.

⊞ Vorhandene Exzentrizität			
⊞ Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge			
⊞ Resultierende Moment in Bodenfuge			
⊞ Exzentrizität der resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge			
— Vorhandene Exzentrizität	vorhe	0.05	kN/m ²

Zwischenergebnisse bei der Ermittlung der vorhandenen Exzentrizität

Diese Zwischenergebnisse sind:

- Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge
- Resultierende Momente in der Bodenfuge
- Exzentrizität der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge

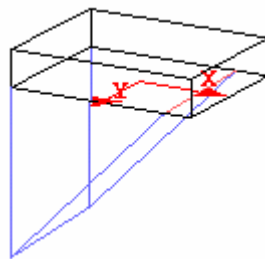
Der Benutzer, den als Zwischenergebnis nur die vorhandene Exzentrizität interessiert, findet diese stets, wie alle Ergebnisse eines geöffneten Überpunkts, an dessen Ende bevor es mit dem nächsten Überpunkt auf gleicher Hierarchiestufe in der anschließenden Zeile weitergeht. Der Benutzer jedoch, der genau wissen will, wie sich beispielsweise die *Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge* zusammensetzt, kann zunächst das Pluszeichen anklicken und sich damit alle Zwischenergebnisse der nächsten Hierarchiestufe anzeigen lassen.

Dies sind im Fall der *Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge* die Bestandteile aus denen sich die resultierende Vertikalkraft zusammensetzt, also Eigengewicht der Fundamentplatte, Resultierende aus Überschüttung usw.. Um nun den Aufwand für das Auf- und Zuklappen vertretbar zu halten, sind wie beispielsweise am *Eigengewicht der Fundamentplatte* zu sehen, die Ergebnisse der Überpunkts manchmal in der gleichen Zeile zu finden, wie der Überpunkt selber.

Das Aufklappen kann fortgesetzt werden, bis der Benutzer auf der untersten Hierarchiestufe angelangt ist.

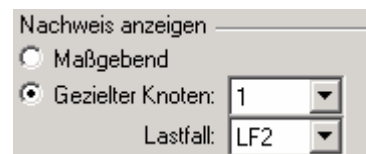
Der letzte Überpunkt ist immer *Nachweis*, unter dem sich die Größe auf der Widerstandsseite, sowie die Einwirkung und der Quotient als Nachweiskriterium befinden.

Unten rechts in dieser Maske befindet sich ein Fenster für interaktive Graphiken, die sich, je nach dem welchen Zeile man in der Detailtabelle angeklickt hat, verändern können. Klickt man beispielsweise auf einen der Unterpunkte zum Überpunkt *Verlauf der klaffenden Fuge*, so wird, anstelle der Kernweite mit Lage der Resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge, der Verlauf der klaffenden Fuge dargestellt.



Interaktive Graphik nimmt Bezug auf den gerade betrachteten Detailpunkt

Unter dieser Graphik befinden zwei Radiobutton und zwei Listboxen. Voreingestellt ist stets der erste Radiobutton, d.h. es werden in den beiden Tabellen nur die Ergebnisse, derjenigen Auflagerreaktionen angezeigt, die bei den einzelnen Nachweisen zu den größten Nachweiskriterien geführt haben, die also maßgebende waren. Will der Benutzer jedoch sich auch die Nachweise für weitere Auflagerkräfte anzeigen lassen, so kann er den zweiten Radiobutton aktivieren.



Auswahl ganz bestimmter Auflagerkräfte über Auswahl von Knoten und LF

Es werden dann zwei Listboxen aktiv. In der oberen Listbox kann er aus den, für dieses Fundament gepickten, Auflagerknoten einen auswählen und die Ergebnisse der einzelnen Nachweise, die sich aus den Auflagerkräften des in der zweiten Listbox ausgewählten Lastfalls ergeben, in den beiden Tabellen an Stelle der maßgebenden anzeigen lassen.

7.2.7 Maske 2.3 Erforderliche Bewehrung

FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

- [-] Fundament Nr. 1
 - [-] Eingabedaten
 - ... Basisangaben
 - ... Geometrie
 - ... Material
 - ... Belastung
 - [-] Ergebnisse
 - ... Geometrie
 - ... Maßgebende Nachk.
 - ... Erforderliche Beweh.
 - ... Untere Plattenbeweh.
 - ... Obere Plattenbeweh.
 - ... Köcherbewehrung
 - ... Stahlst.
 - ... Betonkubatur
 - ... Nachweise

2.3 Erforderliche Bewehrung

Bewehrungsart	Pos	Name	Fläche	Einheit	Kommentar
Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I	1, 2	axl	9.674	cm ² /m	
Fundamentplatte, unten, in y, Bereich I	1, 3	ayl	6.139	cm ² /m	
Fundamentplatte, oben, in x	4	ax	0.603	cm ² /m	
Fundamentplatte, oben, in y	4	ay	0.639	cm ² /m	
Horizontale Köcherbügel (allseitig außen)	5	Bu	3.193	cm ²	
Horizontale Köcherbügel BuX (in x-Richtung außen)	6	BuX	3.132	cm ²	
Horizontale Köcherbügel BuY (in y-Richtung außen)	7	BuY	6.134	cm ²	
Vertikale Köcherbügel Vy (Wandscheibe in y-Richt)	11	Vy	1.775	cm ²	

Details: Fundamentplatte, unten, in x, Bereich I | Pos: 1, 2 | Name: axl

Auflagerkräfte und -momente

Nr.	1
Am Knoten	LF2
Lastfall	P-Z
Vertikalkraft	300.00 kN
Horizontalkraft in x-Richtung	-50.00 kN
Horizontalkraft in y-Richtung	20.00 kN
Moment um die x-Achse	100.00 kNm
Moment um die y-Achse	250.00 kNm
Lastfalltyp	LF
	HZ

Bemessungsstreifen

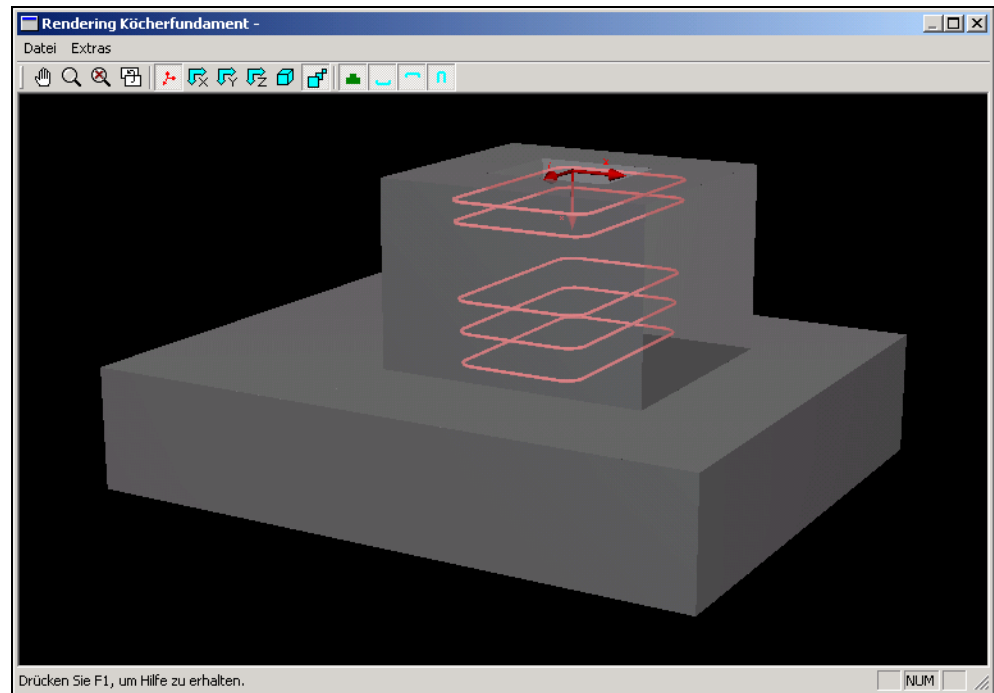
Mx-Bruch	73.951 kNm
Bruchmoment	M-ii.4
Inneres Moment	74.464 kNm
Nachweis	

3D-Visualisierung der Bewehrung:

Buttons: << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

2.3 Erforderliche Bewehrung

Auch diese Maske beinhaltet wieder zwei Tabellen. Die obere besteht aus sechs Spalten. In der ersten befindet sich eine kurze Beschreibung der Bewehrung. Die nächste Spalte nennt die Positionsnummer der vom Programm gewählten Bewehrung, durch die der Stahlbedarf in diesem Bereich abgedeckt wurde. In der darauf folgenden Spalte steht die Kurzbezeichnung dieser Bewehrung. Ihr folgt in der nächsten Spalte der erforderliche Stahlquerschnitt, dessen Einheit der anschließenden Spalte zu entnehmen ist. Je nachdem, welche Zeile in der oberen Tabelle durch Anklicken aktiviert ist, erscheint die dazugehörige Detailtabelle. Darüber hinaus kann der Benutzer sich die Bewehrung mit durch Pressen des Buttons *Grafik* am unteren Rand dieser Maske anzeigen lassen. Es erscheint das Fenster für das Rendern.

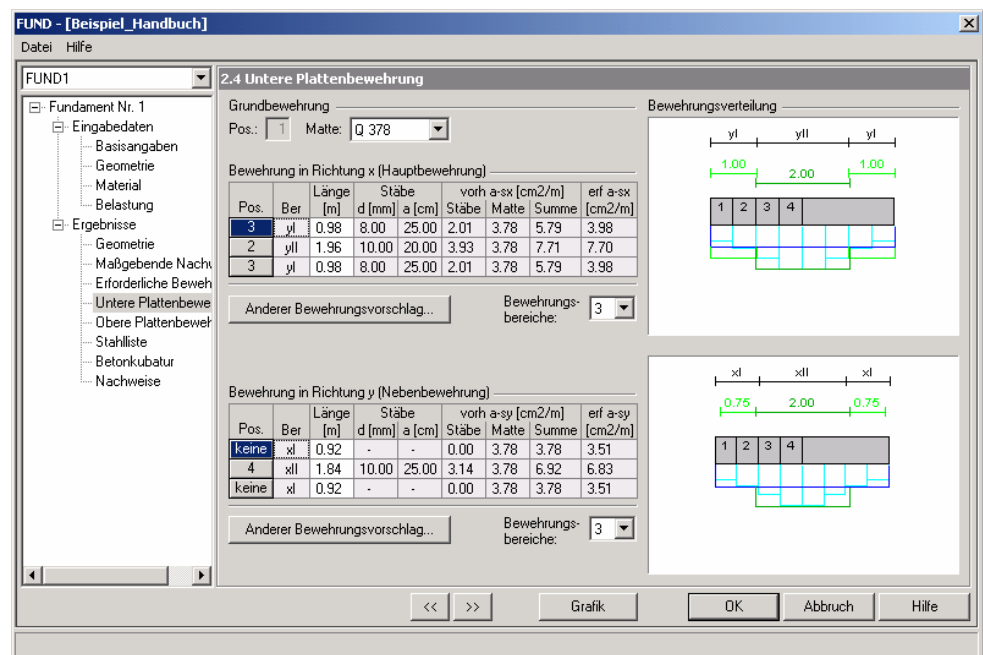


Darstellen der gerade betrachteten Bewehrung im Rendering

Auf die einzelnen Einstellungsmöglichkeiten dieses Fensters für das Rendering wird später näher eingegangen.

Bevor die Beschreibung dieser Maske beendet ist, soll noch einmal in groben Zügen auf den Aufbau der Detailtabellen eingegangen werden. Diese beinhalten zunächst einmal die Auflagerkräfte, die bei der Bemessung maßgebend waren. Dann kommen spezifische Angaben zu Ermittlung der einzelnen erforderlichen Bewehrungsquerschnitte. Die Detailtabellen enden mit der Benennung von Details zur vom Programm gewählten Bewehrung. Dies sind beispielsweise Stababstände, Stabdurchmesser, Anzahl der gewählten Stäbe usw.

7.2.8 Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung



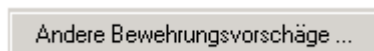
Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung

Diese und die nächsten beiden Masken sind zur Veränderung der vom Programm vorgeschlagenen Bewehrung. Die Maske 2.4 beginnt zunächst mit einem Ausgabefeld in dem sich die Positionsnummer einer als unterste Bewehrungslage eingelegten Lagermatte befindet, falls diese zur Biegebewehrung der Fundamentplatte verwendet wird. Rechts daneben befindet sich eine Listbox über die eine andere Lagermatte aus all denjenigen Lagermatten ausgewählt werden kann, die der Benutzer in der Eingabemaske 2.3 Material dem Programm zur Verfügung gestellt hat. Es wird für jede Grundmatte die wirtschaftlichste Lösung bestimmt. Dazu werden die Anzahl und der Durchmesser der einzelnen Stabstähle, die dann zugelegt werden müssen, automatisch neu ermittelt. Wählt man aus dieser Listbox [alle] aus, so wird die wirtschaftlichste Bewehrung aus allen zur Verfügung gestellten Matten bestimmt und diejenige Matte dann vom Programm in der Listbox voreingestellt. Wird in dieser Listbox [keine] ausgewählt, so sucht das Programm nur nach einem bestimmten Durchmesser von Stäben, in einem bestimmten Abstand, deren vorhandener Bewehrungsquerschnitt pro Meter größer als der erforderliche ist.

Darunter folgt die erste von zwei Tabellen, in der sich alle Informationen für die Bewehrung in x-Richtung befinden. In der Überschrift über der Tabelle ist in Klammer zu entnehmen, ob diese Bewehrung in Hauptbewehrungsrichtung oder Nebenbewehrungsrichtung verläuft, also ob die eingelegten Stähle in diese Richtung am nächsten am unteren Rand der Fundamentplatte liegen oder die Stähle, die senkrecht zu ihnen verlaufen. Die Tabelle selber gibt Auskunft über die zugelegten Einzelstäbe und den sich daraus ergebenden Gesamtbewehrungsquerschnitt. Diese Tabelle besteht aus neun Spalten. Die erste Spalte gibt die Positionsnummer der zugelegten Stäbe an. In der zweiten Spalte findet sich die Bezeichnung der Bewehrungsbereiche. Daneben ist die Breite des jeweiligen Bewehrungsbereichs eingetragen. Da die Tabellenfelder dieser Spalte weißen Hintergrund haben, sind sie Textfelder, deren Inhalte sich verändern lassen. Hier kann der Benutzer also die Breite der äußeren Bewehrungsbereiche und des inneren Bewehrungsbereichs selbst bestimmen. Dazu gilt folgendes zu sagen. Erstens, die Breiten der beiden äußeren Bewehrungsbereiche werden vom Programm immer gleich gesetzt. Bei nur einem Bewehrungsbereich, ist dessen Breite stets die komplette Fundamentbreite. Diese Breiten sind nur Richtgrößen, da sich die tatsächliche Breite der Bewehrungsbereiche als Vielfache des Abstands der in ihnen liegenden Bewehrungsstäbe ergibt. In den nächsten beiden Spalten finden sich der Durchmesser und der Abstand der zugelegten Bewehrungsstäbe. Ist hier nur ein Minuszeichen zu finden, sind keine Bewehrungsstäbe zugelegt worden, da der in diesem Bereich erforderliche Bewehrungsbedarf sich durch die eingelegte Matte hat abdecken lassen. In der sechsten Spalte findet sich der vorhandene Bewehrungsquerschnitt pro Meter der sich aus den zugelegten Einzeleisen ergibt. In der siebten Spalte findet sich der vorhandene Bewehrungsquerschnitt pro Meter der sich aus der in Hauptbewehrungsrichtung ausgerichteten Grundmatte ergibt. Die achte Spalte zeigt die Summe des vorhandenen Bewehrungsquerschnitts aus Grundmatte plus zugelegte Bewehrungsstäbe. Dieser deckt den Spitzenbedarf des jeweiligen Bewehrungsbereichs ab. Dieser Spitzenbedarf ist in der letzten Spalte zu finden. Natürlich wird er jedes Mal neu bestimmt, sobald die Breite des Bewehrungsbereichs verändert wurde.

Unter dieser Tabelle befindet sich ein Button *Andere Bewehrungsvorschläge ...*, über den der Durchmesser und der Abstand (und somit auch indirekt die Anzahl) der Bewehrungsstäbe verändert werden können.

Unter dieser Tabelle befindet sich ein Button *Andere Bewehrungsvorschläge ...*



Button zur Veränderung der vorgeschlagenen Bewehrung

Nach dem Pressen erscheint folgende Detailtabelle.



Anderen Bewehrungsvorschlag wählen

Grundbewehrung _____

Matte:

Bewehrung in Richtung x (Nebenbewehrung) _____

Bereich I:

Vorschlag Nr.	Grundmatte	Stäbe		vorh as-x [cm ² /m]			erf asx [cm ² /m]
		d [mm]	a [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
1	keine	10.00	9.50	8.27	0.00	8.27	8.14
2	keine	8.00	6.00	8.38	0.00	8.38	8.14
3	keine	16.00	24.00	8.38	0.00	8.38	8.14
4	keine	12.00	13.50	8.38	0.00	8.38	8.14

Bereich II:

Vorschlag Nr.	Grundmatte	Stäbe		vorh as-x [cm ² /m]			erf asx [cm ² /m]
		d [mm]	a [cm]	Stäbe	Matte	Summe	
1	keine	16.00	12.00	16.75	0.00	16.75	16.29
2	keine	12.00	6.50	17.40	0.00	17.40	16.29
3	keine	16.00	11.50	17.48	0.00	17.48	16.29
4	keine	16.00	11.00	18.28	0.00	18.28	16.29

OK Abbruch Hilfe

Detaildialog zur Veränderung der Bewehrung in Nebenbewehrungsrichtung

Dieser Detaildialog beginnt zunächst mit zwei Anzeigefeldern, die Auskunft darüber erteilen, ob sich bei der gerade betrachteten Bewehrung um Bewehrung in Haupt- oder Nebenbewehrungsrichtung handelt und welche Grundmatte gewählt wurde. Es schließen zwei Tabellen für jeden der beiden Bewehrungsbereiche an. Gibt es nur einen Bewehrungsbereich, so gibt es hier natürlich auch nur eine Tabelle. Diese Tabelle besteht aus sechs Spalten. In der ersten Spalte findet sich nur die Nummer des Bewehrungsvorschlages. Die nächste Spalte zeigt die gewählte Grundmatte. In der dritten Spalte finden sich der Durchmesser des zugelegten Bewehrungsstabes, in der vierten Spalte sein Abstand. Nächste Spalte zeigt den vorhandenen Bewehrungsquerschnitt, der sich aus der Grundmatte plus zugelegten Bewehrungsstäben ergibt. Geht man diese Spalte hinab, so ist zu erkennen, dass mit steigender Nummer des Bewehrungsvorschlages auch der vorhandene Stahlquerschnitt größer wird. Das heißt die einzelnen Bewehrungsvorschläge werden in der Reihenfolge ihrer Wirtschaftlichkeit vorgeschlagen. Letzte Spalte zeigt noch einmal zum Vergleich den erforderlichen Stahlquerschnitt in cm² pro Meter. Getrennt voneinander kann jetzt aus der oberen und der unteren Tabelle durch Anklicken in die jeweilige Zeile ein Lösungsvorschlag ausgewählt werden. Mit dem Pressen des Buttons [OK] wird dieser dann in die Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung übernommen. Presst man in dieser Maske den Button [Andere Bewehrungsvorschläge...] unter der Tabelle derjenigen Bewehrung, die in Hauptbewehrungsrichtung verläuft, so erscheint ein etwas modifizierter Detaildialog.

Anderen Bewehrungsvorschlag wählen

Grundbewehrung

Matte: keine

Bewehrung: Q 188 Q 221 Q 295 Q 378 Q 443 Q 513 Q 670

Bereich: Hauptbewehrung

Vorschlag Nr.	Grundmatte	Stäbe d [mm]	a [cm]	vorh as-y [cm ² /m]	erf as-y [cm ² /m]
1	keine	10.00	10.50	7.48	7.42
2	keine	12.00	15.00	7.54	7.42
3	keine	8.00	6.50	7.73	7.42
4	keine	12.00	14.50	7.80	7.42

Bereich II:

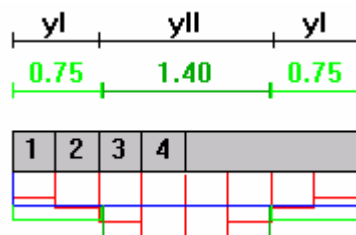
Vorschlag Nr.	Grundmatte	Stäbe d [mm]	a [cm]	vorh as-y [cm ² /m]	erf as-y [cm ² /m]
1	keine	10.00	5.50	14.28	14.27
2	keine	16.00	14.00	14.36	14.27
3	keine	16.00	13.50	14.89	14.27
4	keine	12.00	7.50	15.08	14.27

OK Abbruch Hilfe

Detaildialog zur Veränderung der Bewehrung in Hauptbewehrungsrichtung

In diesem Detaildialog befindet sich zusätzlich eine Listbox, aus der, neben den, in Maske 1.3 Material zur Verfügung gestellten, Lagermatten, die beiden Optionen *keine* und *alle* gewählt werden können. Bei *keine* werden nur Lösung aus Bewehrungsstäben mit verschiedenen Abständen und verschiedenen Durchmessern vorgeschlagen. Bei Auswahl von *alle* werden sämtliche Matten mit sämtlichen Eisen kombiniert und diese Vorschläge mit verschiedenen Matten werden dann ausgegeben. Zu Beachten gilt hier ganz besonders, dass nur ein Mattentyp im Fundament liegen kann. Entscheiden Sie sich beispielsweise im Detaildialog *Andere Bewehrungsvorschläge ...* der Nebewehrungsrichtung für eine Lösung mit einer bestimmten Grundmatte und wählen dann im Detaildialog der Hauptbewehrungsrichtung eine andere Grundmatte, so geht die zuerst getroffene Auswahl natürlich verloren und wird durch die wirtschaftlichste ersetzt.

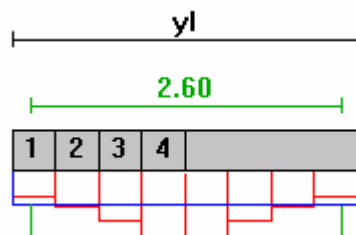
Jeweils rechts neben den Button *Andere Bewehrungsvorschläge ...* befinden sich eine Listbox, über die die Anzahl der Bereiche, die unterschiedlich bewehrt werden, festzulegen sind. Um zu verstehen, was dies bedeutet, betrachtet man am besten die Graphik im Graphikfenster auf der rechten Seite.



Graphik bei zwei Bewehrungsbereichen

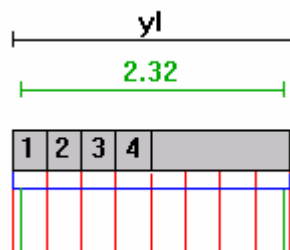
Im oberen Graphikfenster ist ein Schnitt durch die Fundamentplatte mit Blickrichtung in x-Richtung zu sehen (x-Richtung = Richtung in die, die betrachtete Bewehrung verläuft). Die Nummerierungen 1-4 bezeichnen die Bemessungstreifen. Für jeden dieser Bemessungs-

streifen wurden ein erforderlicher Stahlquerschnitt pro Meter ermittelt. Dieser ist in der Graphik als türkises Rechteck über dem dazugehörigen Bemessungsstreifen abgetragen. Die blaue Linie stellt den vorhandenen Bewehrungsquerschnitt pro Meter dar, der alleine durch das Einlegen einer Lagermatte (Grundmatte) erzielt wird. Oberhalb dieser blauen Linie verlaufen hell und dunkelgrüne Linie. Sie zeigen an, welchen Bewehrungsquerschnitt die zugelegten Einzeleisen besteuern. Es ist zu erkennen, dass entweder insgesamt drei Bewehrungsbereiche gewählt wurden, zwei äußere, identische und ein innerer Bereich oder ein einziger Bewehrungsbereich über die ganze Fundamentbreite. Die Breite dieser Bereiche, über die die Einzeleisen in y-Richtung verteilt werden, findet sich in der Bemessung oberhalb der Fundamentplatte wieder. Die Breite der Bewehrungsbereiche ergeben sich als ein vielfaches des gewählten Abstandes der zugelegten Bewehrungsstäbe. Oberhalb dieser hell- und dunkelgrünen Bemaßung ist eine weitere Maßkette angeordnet, die die vorgegebenen Breite und die Bezeichnung der Bewehrungsbereiche anzeigt. Eben diese können über die Listbox [Anzahl der Bereiche] von 3 auf 1 umgestellt werden.



Grafik bei einem Bewehrungsbereich (vom Benutzer gewählt)

Ergibt sich bei der Auslegung jedoch standardmäßig ein Bewehrungsbereich, da in jedem Streifen die gleiche Bewehrung eingelegt werden muß, ist diese Listbox für ein Umstellen von einem auf drei Bewehrungsbereiche nicht verfügbar.



Grafik bei einem Bewehrungsbereich als Ergebnis der Auslegung

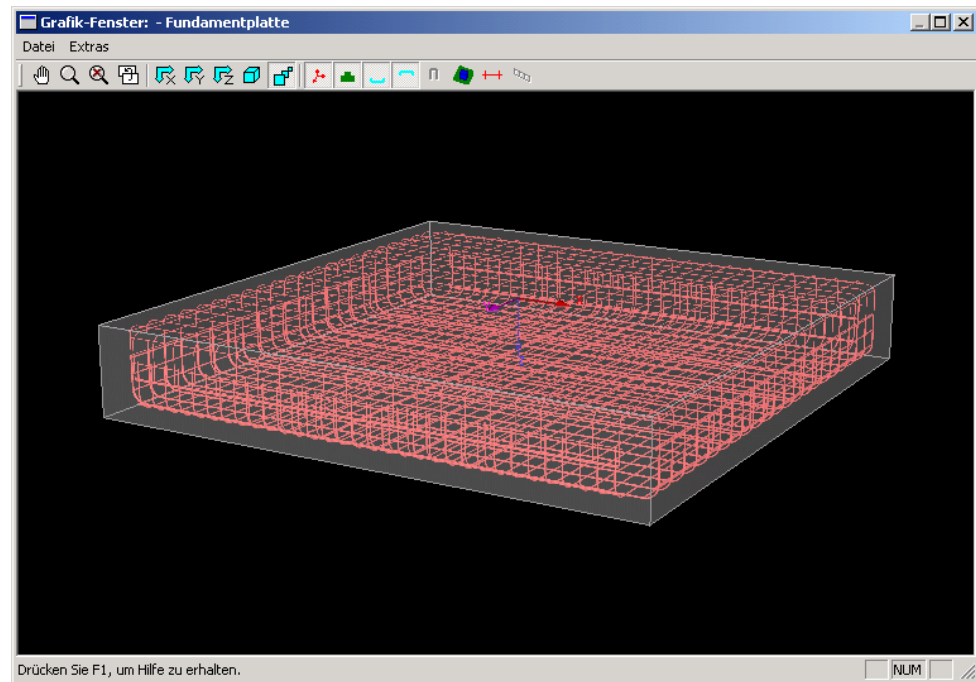
Jede Veränderung der Bewehrung kann sofort über *Grafik* im Rendering angeschaut werden.

Unten auf der linken Seite dieser Maske befindet sich noch der ganz wichtige Button *Berechnung*.

Nachdem die Bewehrung verändert worden ist, stimmen das quantitative Ergebnis der inneren Standsicherheit (Biegebruchsicherheit, Durchstanzen) nicht mehr, wie es in der Maske 2.2 Maßgebende Nachweise ausgegeben wird. Um dies zu korrigieren muss nach Abschluß der Bewehrungswahl dieser Button gedrückt werden.

7.2.9 Fenster für das Rendering

Auf jeder Maske befindet sich der Button *Grafik*. Presst man ihn auf einer der Ausgabemasken, erscheint das Fenster mit dem Rendering der Betonabmessungen und der gewählten Bewehrung.



Rendering der unteren Plattenbewehrung

Im Fenster befindet sich mehrere Schaltfläche, unter anderem die mit der Hand.



Schaltfläche mit der Hand

Ist sie gedrückt verändert sich der Mauszeiger gemäß folgender Abbildung:



Veränderte Schaltfläche zum Verschieben

Ist der Mauszeiger so ausgebildet kann nun mittels Drag & Drop das gerenderte Fundament verschoben werden. Dazu ist einfach die Hand an eine beliebige Stelle des Renderings zu verschieben und dann die linke Maustaste zu drücken und gedrückt zu halten. Die Hand verformt sich, als würde sie etwas festhalten wollen und bei abermaligem Verschieben der Maus verschiebt sich das Bauteil mit.

Halten Sie noch gleichzeitige die Strg-Taste gedrückt, so wird das Bauteil anstatt verschoben gedreht. Die Hand sieht dabei so aus.



Veränderte Schaltfläche zu Rotieren

Die nächste Schaltfläche ist die mit der Lupe.



Schaltfläche mit der Lupe



Ist sie gedrückt, so verwandelt sich der Mauszeiger in eine Lupe. Durch Gedrückhalten der linken Maustaste wird ein gestricheltes Fenster gezogen, dessen Inhalt vergrößert wird. Drückt man hingegen die Schaltfläche mit der durchgestrichenen Lupe, wird zurück auf Normalansicht geschaltet.



Schaltfläche mit durchgestrichener Lupe

Die nächste Schaltfläche zeigt zwei Seiten, die vertauscht werden.



Schaltfläche zum Wechseln der Ansicht

Mit dieser Schaltfläche kann durch einmaliges Anklicken zwischen dieser und der vorherigen Ansicht hin und her gesprungen werden.

Die weiteren Schaltflächen sind zum Ein- und Ausschalten des Auflagerkoordinatensystems, Perspektive verändern mit Blick in x-, y- oder z-Richtung, Perspektivische Darstellung und Perspektivische Verzerrung.



Weitere Schaltflächen zum Wechseln der Ansicht

Dann kommen Schaltflächen mit denen bestimmte Bewehrungsteile ein bzw. ausgeblendet werden können.



Weitere Schaltflächen zur Veränderung dessen was dargestellt wird

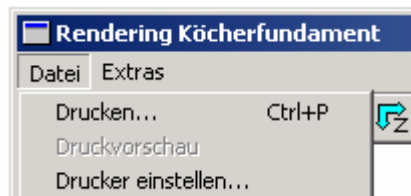
Mit der ersten Schaltfläche kann der Beton, mit der zweiten die untere Plattenbewehrung, mit der dritten die obere Plattenbewehrung und mit der vierten die Köcher- bzw. Blockfundamentbewehrung ein- und ausgeschaltet werden.

Die letzten drei Button sind zum Ein- bzw. Ausblenden der Stütze, der Bemassung und eventuell zusätzlich definierter Einzel- und Gleichstreckenlasten.



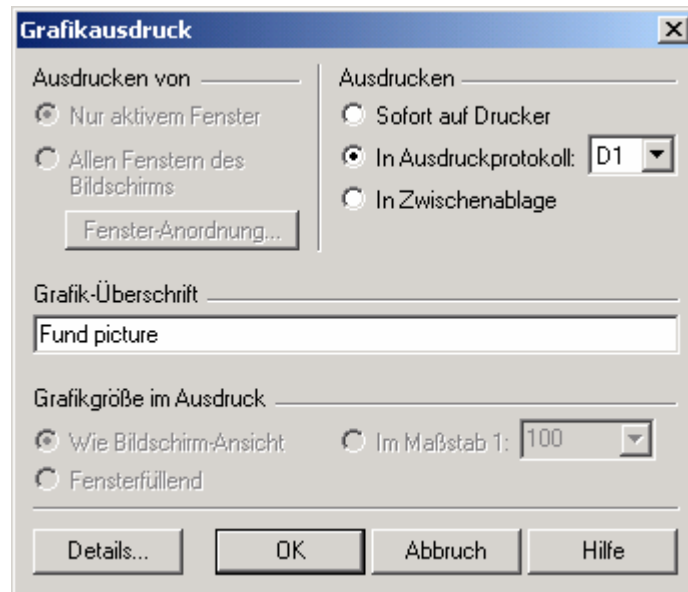
Weitere Schaltflächen zur Veränderung dessen was dargestellt wird

Unterhalb der Titelleiste befinden sich mehrere Pull-Down-Menues.



Pull-Down-Menue innerhalb des Fensters für das Rendering

Über *Drucken ...* beispielsweise erscheint folgender Detaildialog.



Detaildialog Grafikausdruck

Mit Hilfe dieses Dialoges kann der Benutzer die aktuelle Renderingansicht durch Aktivierung eines der drei Radiobutton im rechten oberen Teil entweder sofort drucken lassen oder dem Ausdruckprotokoll oder der Zwischenablage hinzufügen.

Öffnet man das Pull-Down-Menue *Extras* so findet sich dort neben den bereits beschriebenen Funktionen zum Wechseln der Ansicht ein Menüpunkt *Darzustellende Bewehrung*. Wird er ausgewählt, so erscheint folgender Detaildialog.



Darzustellende Bewehrung

☒ Bewehrungsbezeichnung

<p>Plattenbewehrung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Grundmatte</p> <p><input type="checkbox"/> Grundmatte unten</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Grundmatte oben</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Zugelegte Bewehrungsstäbe</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Untere Plattenbewehrung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Hauptbewehrungsrichtung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Mittlerer Bewehrungsbereich</p> <p><input type="checkbox"/> Äußerer Bewehrungsbereich</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nebenbewehrungsrichtung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Mittlerer Bewehrungsbereich</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Äußerer Bewehrungsbereich</p> <p><input type="checkbox"/> Obere Plattenbewehrung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Hauptbewehrungsrichtung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Nebenbewehrungsrichtung</p>	<p>Köcherbewehrung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Obere horizontale Bügel</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Bu</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Buy</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Bux</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Untere horizontale Bügel</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Bu (Unten)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Buy (Unten)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Bux (Unten)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Statisch ... Vertikale Bügel</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vx</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vy</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Konstruktive Vertikale bewehrung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vx, konstr.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vy, konstr.</p>
---	---

☐ Bewehrung aus Beanspruchung

☒ M-y, P-x

☒ M-x, P-y

☒ Konstruktive Bewehrung

OK Cancel

Detaildialog Darzustellende Bewehrung

Mit diesem Dialog kann sich der Benutzer ganz gezielt bestimmten Bewehrung darstellen lassen. Auf diesem Dialog befinden sich zwei Radiobutton. Ist der obere aktiviert, so kann durch die Abhacken der entsprechenden Checkbox, die gewünschte Bewehrung dargestellt werden. Ist eine Checkbox nicht verfügbar, so ist die übergeordnete Checkbox deaktiviert. Diese muss dann als erstes abgehakt werden. Durch den zweiten Radiobutton werden die Checkboxes verfügbar, mit denen sich die Bewehrung für ganz bestimmte Belastungen oder die konstruktiven Bewehrungen anzeigen lassen.

7.2.10 Maske 2.5 Obere Plattenbewehrung

FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

2.5 Obere Plattenbewehrung

Grundbewehrung
Pos.: 1 Matze: Q 188

Bewehrung in Richtung x (Hauptbewehrung)

Pos.	Ber	Länge [m]	Stäbe d [mm]	a [cm]	vorh a-sx [cm ² /m]	Stäbe	Matte	Summe	erf a-sx [cm ² /m]
keine	yl	3.56	-	-	0.00	1.88	1.88	1.62	

Anderer Bewehrungsvorschlag...

Bewehrung in Richtung y (Nebenbewehrung)

Pos.	Ber	Länge [m]	Stäbe d [mm]	a [cm]	vorh a-sy [cm ² /m]	Stäbe	Matte	Summe	erf a-sy [cm ² /m]
keine	xl	3.56	-	-	0.00	1.88	1.88	1.22	

Anderer Bewehrungsvorschlag...

Berechnung Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

Maske 2.5 Obere Plattenbewehrung

Diese Maske ist analog im Aufbau und in der Handhabung wie die Maske 2.4 Untere Plattenbewehrung mit dem einzigen Unterschied, dass es hier keine Staffelung der Bewehrung gibt, da auf alle 8 Bemessungstreifen das gleiche Moment entfällt.

7.2.11 Maske 2.6 Köcherbewehrung

FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf As [cm ²]	vorh As [cm ²]	d [mm]	Verlegete [cm]	Anzahl der Bewehrung erforderl. möglich gewählt	Abstand [cm]	Kommentar
7	Bu	3.19	4.02	16	45.0	2 3	2	9.00
8	BuY	6.13	8.04	16	45.0	4 4	4	9.00
9	BuX	3.13	4.02	16	45.0	2 4	2	9.00
10	Bu(unten)			16	45.0	0 2	2	15.00
11	BuY(unten)			16	45.0	0 2	2	15.00
12	BuX(unten)			16	45.0	0 2	2	15.00
15	Vx	3.43	4.52	12	12.4	2 2	2	12.40
13	Vy	1.78	2.01	8	14.6	2 2	2	12.20
14	Vx, Konstr.	0.00	3.02	8	45.2	0 3	3	20.00
16	Vy, Konstr.	0.00	2.01	8	32.8	0 2	2	20.00

Berechnung Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

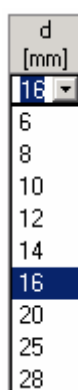
Maske 2.6 Köcherbewehrung

Wie auch die beiden Masken davor ist diese Maske zur Abänderung des vom Programm gemachten Bewehrungsvorschlags. Diese Maske beinhaltet zunächst eine obere Tabelle zur



Manipulation der einzelnen Bewehrungsgruppen, sowie ein Fenster zur Darstellung der Köcherbewehrung.

Die oberste Tabelle besteht aus 11 Spalten. In der ersten Spalte befindet sich jeweils die Positionsnummer. Die nächste Spalte enthält die Bezeichnung der Bewehrung wie sie im Handbuch und in der Berechnung (Ausdruck) benannt wird. In den nächsten beiden Spalten wird der erforderliche Bewehrungsquerschnitt dem vorhandenen gegenübergestellt. In der fünften Spalte wird angezeigt, welcher Durchmesser der Bewehrungsstab hat. Der Hintergrund dieser Spalte unterscheidet sich von dem anderer Spalten bzw. Spaltenbereiche dadurch, dass er weiß anstatt grau ist. Dies bedeutet, dass dieser Wert durch den Benutzer verändert werden kann. Klickt man beispielsweise auf den vorhandenen Durchmesser, so erscheint eine Listbox mit allen Stabdurchmessern, die dem Programm in der Maske 2.3 Material durch Anklicken verfügbar gemacht wurden.



Wahl des Bewehrungsdurchmessers

In der Spalte nach dem Bewehrungsdurchmesser findet sich eine Breitenangabe, die angibt, wie viel Platz besteht, um die Bewehrung unterzubringen. Die nächste Spalte gibt Auskunft, welche Anzahl von Bügeln mit dem gewählten Durchmesser notwendig sind, um den erforderlichen Stahlbedarf aus Spalte 3 abzudecken. Auch die nächste teilt eine Anzahl von Bügeln mit und zwar jene, die konstruktiv überhaupt unterzubringen ist. Zwischen diesen beiden letzten Spalten muss sich ihre gewählte Bügelanzahl bewegen, d.h. mindestens so viele Bügel wie statisch notwendig sind, aber höchstens so viele wie überhaupt unterzubringen sind. Die gewählte Anzahl befindet sich dann in der anschließenden Spalte (Spalte 9). Auch diese Spalte hat wieder einen weißen Hintergrund, d.h. es kann die vorhandene Anzahl durch eine gewünschte Anzahl vom Benutzer ersetzt werden. In der nächsten, der vorletzten Spalte, findet sich nun der Abstand zwischen den einzelnen Bügeln. Auch dieser Abstand kann verändert werden. Die letzte Spalte gibt lediglich einen Hinweis darauf, welche Manipulation unzulässig oder sinnlos war.

Das Rendering zeigt die komplette Bewehrung in rot, nur jene Bewehrungsgruppe (Position), dessen Zeile in der oberen Tabelle durch Anklicken zur Manipulation ausgewählt wurde, wird in silbern dargestellt.

Wird eine unzulässige Veränderung vorgenommen, so erscheint links neben der dargestellten Bewehrung ein Meldungsfeld, dass die Begründung dazu liefert, warum die Manipulation bestimmter Tabellenwerte unzulässig war. Dies lässt sich am besten an Hand eines Beispiels erklären. Dazu wird das in der bisherigen Beschreibung verwendete Ergebnis einer Berechnung nun durch Veränderung der Werten in der Tabelle manipuliert.

Veränderung: Verringern des Durchmessers der horizontalen Bügel auf 12 mm

2.6 Köcherbewehrung				
Pos.	Bewehrung	erf As [cm ²]	vorh As [cm ²]	d [mm]
7	Bu	3.19	4.02	12
8	BuY	6.13	8.04	12
9	BuX	3.13	4.02	12

Verringerung des Durchmesser der horizontalen Bügel

Noch passiert nach dieser Manipulation gar nichts. Um nun zu Kontrollieren, ob diese Manipulation in Ordnung war und um die qualitativen und quantitativen Ergebnisse der Berechnung neu zu ermitteln, muss der Button [Berechnung] am unteren Ende dieser Maske gedrückt werden.

Nach dem Drücken dieses Buttons verändert sich die Maske 2.6 Köcherbewehrung.

Fehlermeldung für die Bügelgruppe Bu

Die Schrift der obersten Zeile wird rot hinterlegt und in der letzten Spalte der Tabelle erscheint die Nummer des Fehlers. Der Benutzer weiß also sofort, welche Bewehrung nicht in Ordnung ist. Dem Meldungsfeld kann er nun entnehmen, dass für diese Bügelgruppe weniger Bügel gewählt wurden, als statisch zur Abdeckung des erforderlichen Eisenbedarfs notwendig sind. Ein Blick in die siebte Spalte „erforderl.“ und in die neunte Spalte „gewählt“ der obersten Zeile bestätigt dies: 3 Bügel sind erforderlich, aber gewählt wurden nur zwei. Auch die nächsten Zeilen zeigen, dass stets weniger Bügel gewählt wurden, als statisch erforderlich sind (z.B.: BuY: erforderl. = 6, gewählt = 4). Dem Hinweis im Anzeigefeld folgend, wird die gewählte Anzahl auf die erforderliche Anzahl in den ersten drei Zeilen der Tabelle erhöht und abermals der Button [Berechnung] gedrückt.



FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf As [cm ²]	vorh As [cm ²]	d [mm]	Verlegebreite [cm]	Anzahl der Bewehrung			Abstand [cm]	Kommentar
						erforderl.	möglich	gewählt		
	Bu	3.18	3.39	12	45.0	3	3	3	9.00	
	BuY	6.05	0.00	12	45.0	6	4	6	9.00	21)
	BuX	3.08	3.39	12	45.0	3	4	3	9.00	
	Bu(unten)			12	45.0	0	2	2	15.00	
	BuY(unten)			12	45.0	0	2	2	15.00	
	BuX(unten)			12	45.0	0	2	2	15.00	
	Vx	3.43	4.52	12	15.2	2	2	2	12.40	
	Vy	1.78	2.01	8	17.4	2	2	2	12.20	
	Vx, Konstr.	0.00	3.02	8	45.2	0	3	3	20.00	
	Vy, Konstr.	0.00	2.01	8	32.8	0	2	2	20.00	

21)
Gewählte oder erforderliche Anzahl an oberen horizontalen
Bügeln (BuY) kann nicht untergebracht werden.

Bitte gewählte Anzahl verringern
bzw. Abstand der Bügel verringern

bzw. erforderliche Anzahl verringern durch:
- Vergrößerung des Bügeldurchmessers
- Vergrößerung der Köcherhöhe
- Vergrößerung der Köcherwanddicke

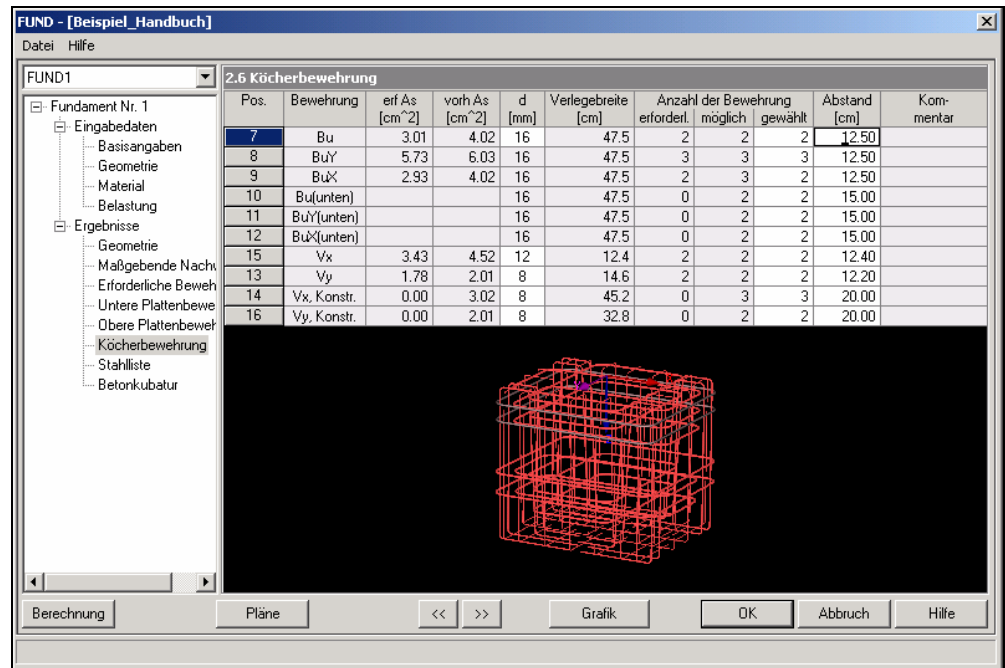
bzw. mögliche Verlegebreite vergrößern durch:
- Vergrößern der Köcherhöhe

Berechnung Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

Fehlermeldung für die Bügelgruppe BuY

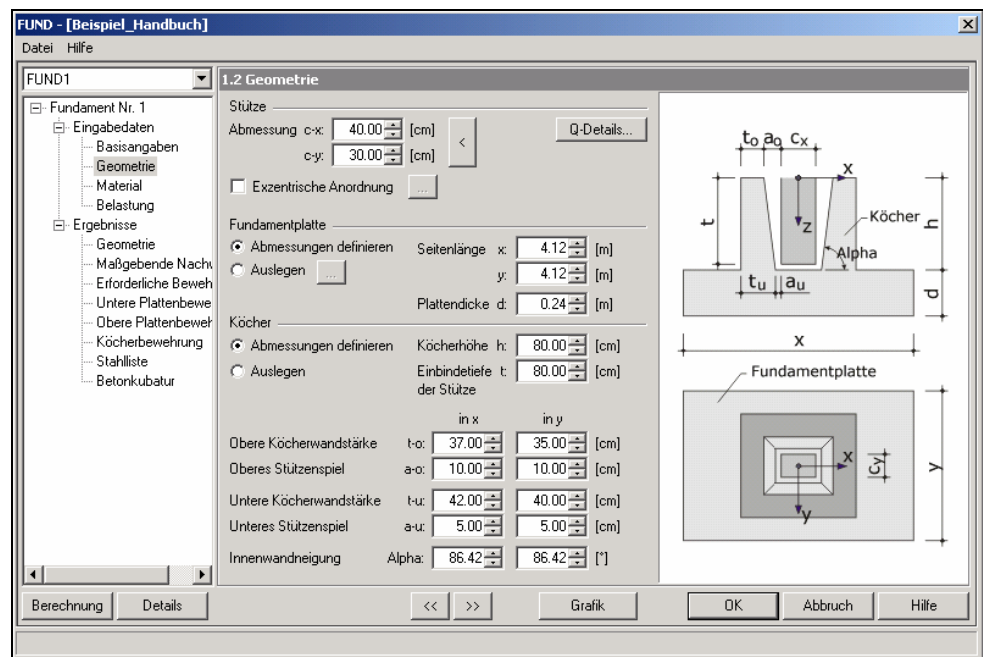
Die Schrift der zweit oberste Zeile wird rot und somit weiß der Benutzer sofort, dass diesmal der Konstruktionsvorschlag für diese Position nicht in Ordnung war. Dem Meldungsfeld kann er nun entnehmen, dass für diese Bügelgruppe mehr Bügel zur Abdeckung des erforderlichen Eisenbedarfs gewählt wurden, als konstruktiv überhaupt unterzubringen sind. Ein Blick in die achte Spalte „möglich“ und die neunte Spalte „gewählt“ der zweit obersten Zeile bestätigt dies: vier Bügel sind konstruktiv möglich, aber gewählt wurden sechs. Auch die nächsten Zeilen zeigen, dass mehr Bügel gewählt wurden, als konstruktiv möglich sind (z.B.: BuX: gewählt = 4, möglich = 3). Dem Hinweis im Anzeigefeld folgend, wird der Abstand der Bügel verringert, um so bei gleichbleibender Breite des Bewehrungsbereich die gewählte Bügelanzahl unterbringen zu können. Es wurde in der vorletzten Spalte für die Bügelgruppen Bu, BuY und BuX ein Abstand von 6 cm gewählt und anschließend der Button [Berechnung] gedrückt. Der rote Rotfärbung der Schrift der zweiten Zeile verschwindet und keine weitere Zeile erhält eine rote Beschriftung. Dies bedeutet, es liegt eine fehlerfreie Konstruktion vor.

Und noch mehr Möglichen zur Veränderung der Konstruktion vorzustellen, wird ein zweites Beispiel durchgeführt. Nach der Auslegung erhält der Benutzer folgenden Bewehrungsvorschlag.



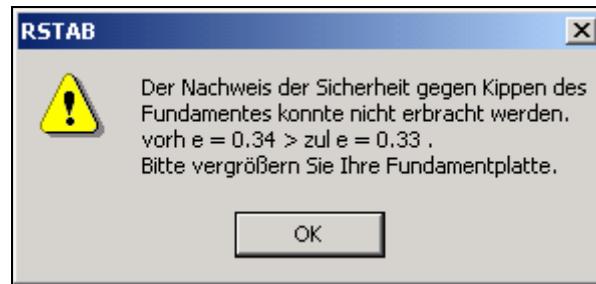
Bewehrungsvorschlag nach der Auslegung

Veränderung: Die vorgeschlagene Einbindetiefe und Köcherhöhe wird in Maske 1.2 Geometrie von 95 cm auf 80 cm verringert.



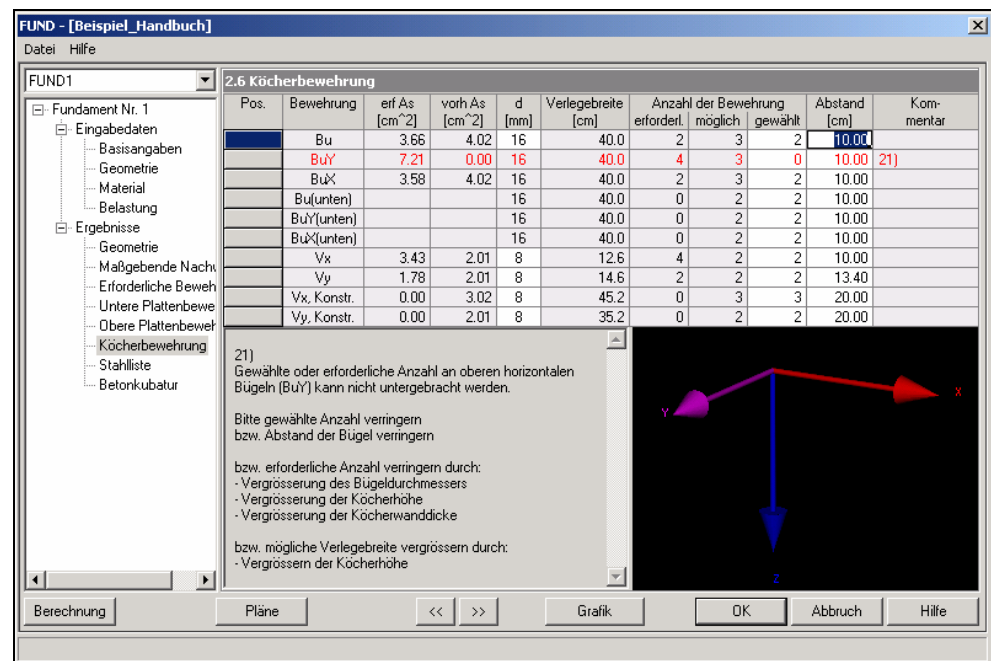
Veränderung der Köcherhöhe

Es wird der Button [Berechnung] auf dieser Maske gedrückt. Es erscheint folgendes Meldungsfeld.



Meldungsfeld

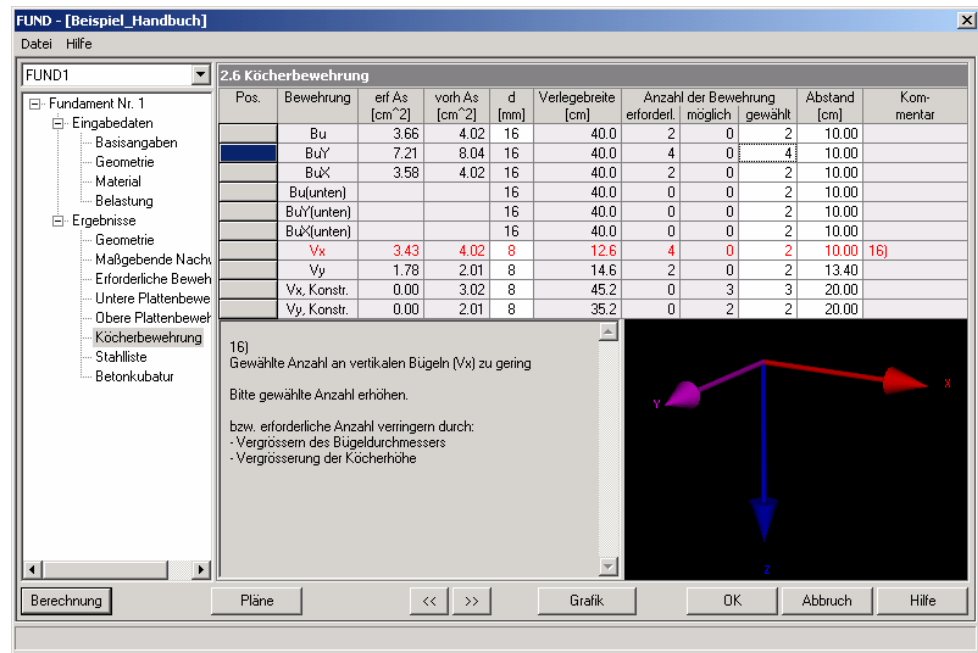
Durch die Verringerung der Köcherhöhe verringert sich natürlich auch das Eigengewicht des Köchers und somit die Größe der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge. Daraus folgt, dass die vorhandene Exzentrizität größer wird und der Nachweis der Fundamentplatte gegen das Kippen deshalb nicht mehr erbracht ist. Es wird deshalb für die Fundamentplatte von [Abmessungen definieren] auf [Auslegen] durch Aktivieren der entsprechenden Radio-button umgestellt und erneut der Button [Berechnung] gedrückt. Es erscheint sofort die Maske 2.6 Köcherbewehrung, da sich in den vom Benutzer gemachten Abmessungen des Köchers keine Bewehrung unterbringen lässt.



Fehlermeldung für Bügelgruppe BuY

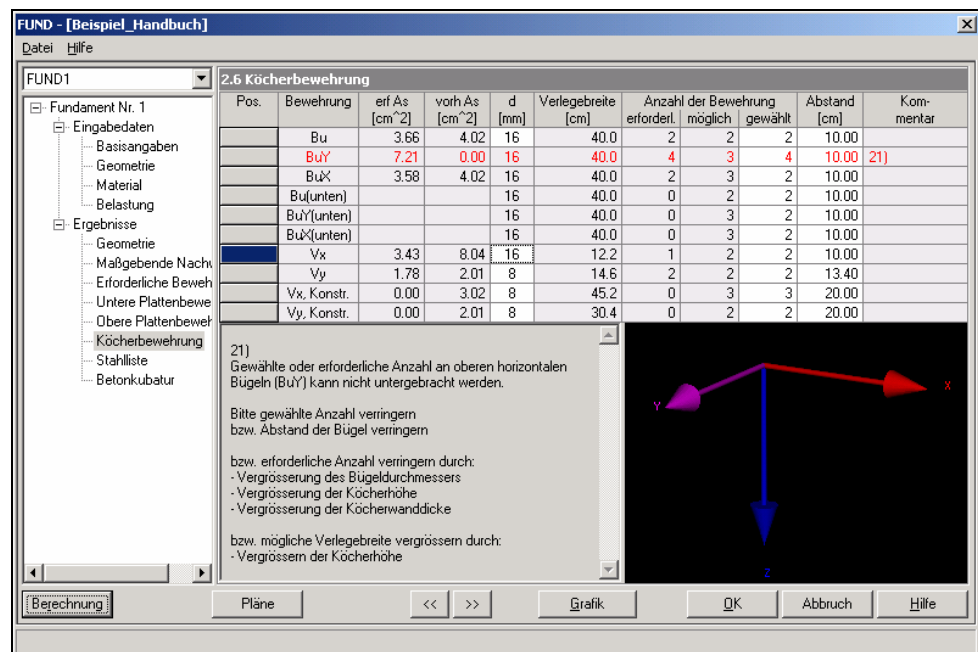
Durch die geringere Köchereinbindetiefe erhöhen sich die oberen Horizontalkräfte auf die Köcherwände, dass bedeutet deren Biege- und Zugbeanspruchung wird größer und es werden somit mehr Bügel statisch erforderlich. Diese Information ist auch der Meldung im Anzeigefeld zu entnehmen.

Die Schrift der zweit obersten Zeile wird rot. Dem Meldungsfeld kann nun entnommen werden, dass für diese Bügelgruppe weniger Bügel gewählt wurden, als statisch zur Abdeckung des erforderlichen Eisenbedarfs notwendig sind. Ein Blick in die siebte Spalte „erforderl.“ und in die neunte Spalte „gewählt“ der zweit obersten Zeile bestätigt dies: Vier Bügel sind erforderlich, aber gewählt wurden nur drei. Die gewählte Anzahl wird auf die erforderliche angehoben. Abermals wird der Button [Berechnung] gedrückt. Folgende Veränderung tritt ein.



Fehlermeldung für die vertikalen Bügel Vx

Die Inhalt der siebten Zeile wird rot. Auch hier ist wieder zu entnehmen, dass weniger Bügel gewählt wurden als statisch erforderlich sind. Dies ist deshalb der Fall, da beim Nachweis der vorher definierten Köcherabmessungen die Auslegung einer Bewehrung bereits dann vom Programm abgebrochen wurde, als feststand, dass bei diesen Köcherabmessung keine horizontalen Bügel im Mindestabstand von 10 cm unterzubringen sind. So wie das Programm bei der Auslegung auch weiter vorgegangen wäre, wenn alle anderen vorherigen Bewehrung gefunden hätten werden können, erhöhen wir jetzt den Durchmesser der vertikalen Bügel Vx auf 16 mm, um damit die erforderliche Bügelanzahl zu verringern. Danach wird erneut der Button [Berechnen] gedrückt. Folgende Veränderung der Maske tritt ein.

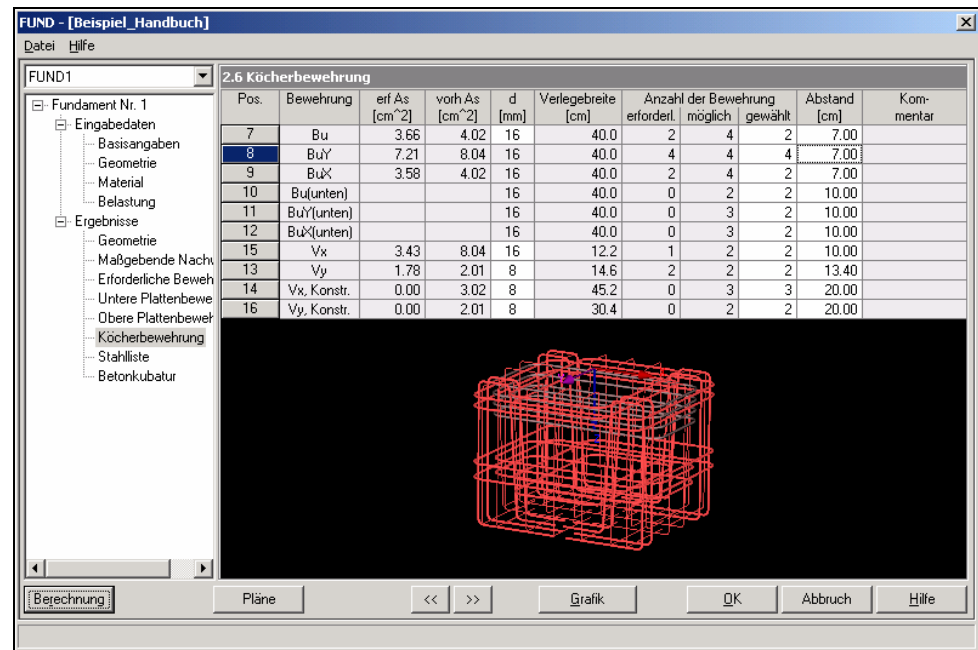


Fehlermeldung für die horizontalen Bügel BuY



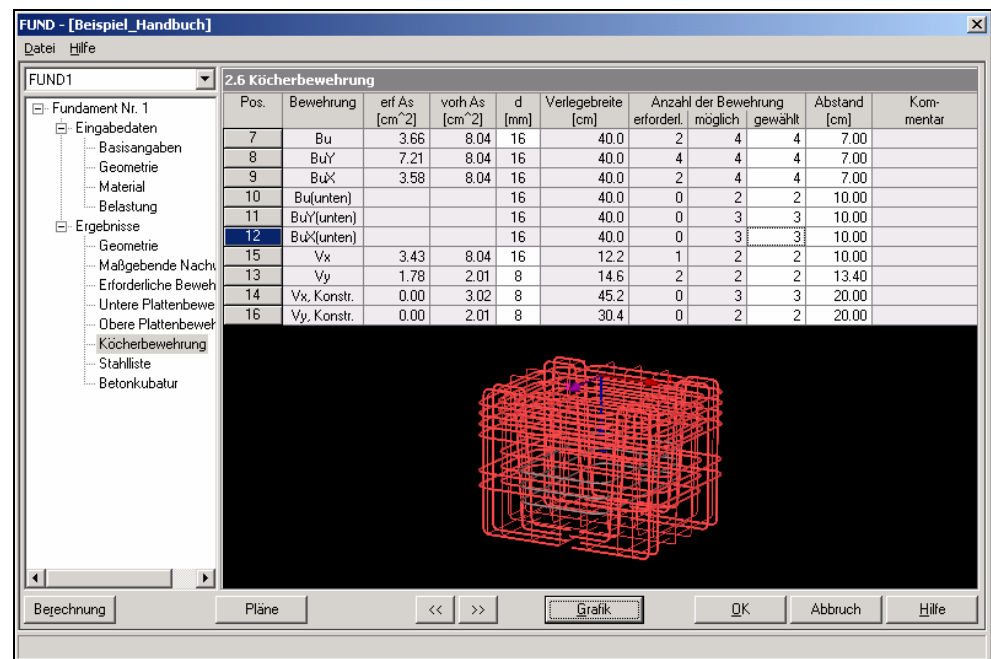
Dem Meldungsfeld ist diesmal zu entnehmen, dass die gewählte Anzahl an Bügeln BuY jetzt zwar aus statischer Sicht ausreichend ist, aber nicht untergebracht werden kann. Dem Hinweis folgend wird der Abstand nach Gefühl auf 7 cm verringert.

Nach dem Pressen des Buttons [Berechnung] tritt folgende Veränderung auf.



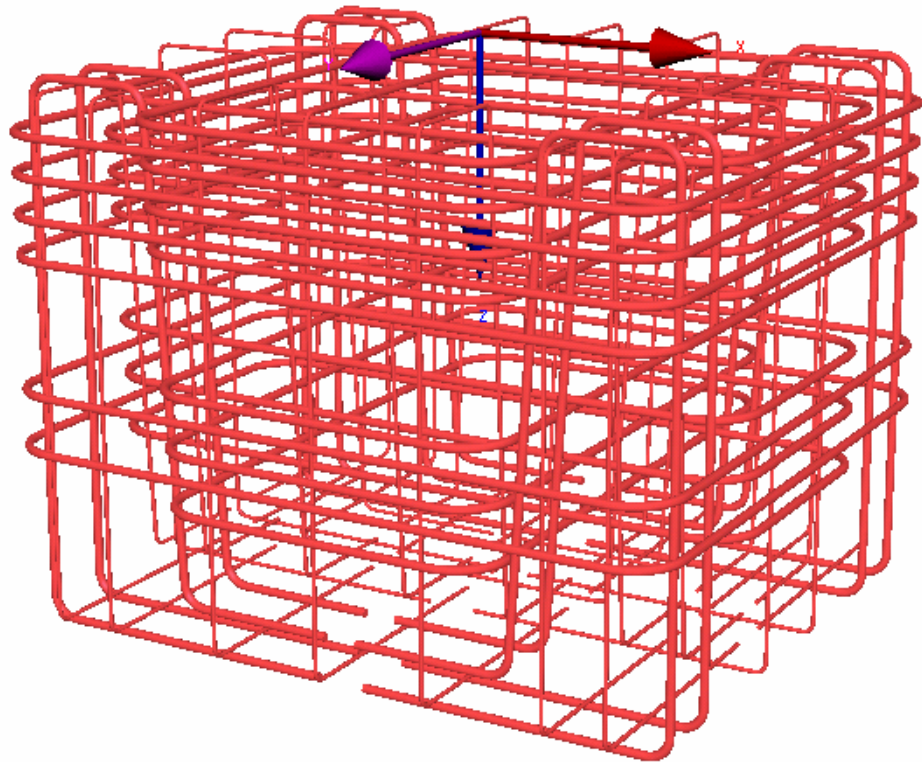
Fehlerfrei Konstruktion

Der Benutzer sieht, dass noch zwei weitere Bügel Bu und Bügel BuX und jeweils ein Bügel BuX(unten) und BuY(unten) hätten untergebracht werden können. Um die Konstruktion noch sicherer zu machen, erhöht er die Anzahl der Bügel Bu und Bügel BuX von 2 auf 4 und der Bügel BuX(unten) und BuY(unten) von 2 auf 3 und drückt anschließend [Berechnen]. Folgende Veränderung tritt auf.



Fehlerfrei Konstruktion

Die gesamte Köcherbewehrung sieht dann so aus.



Gewählte Köcherbewehrung

Es kann jedoch nicht beliebig viel Bewehrung zugelegt werden. Wird beispielsweise der Abstand der oberen horizontalen Bügel auf 5 cm verringert und anschließend der Button [Berechnung] gedrückt, so erhält man in Spalte 8 die konstruktiv mögliche Anzahl. Setzt man diese in Spalte 9 ein und drückt dann den Button [Berechnen] so erhält man folgende Fehlermeldung.

FUND - [Beispiel_Handbuch]

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf As [cm ²]	vorh As [cm ²]	d [mm]	Verlegebreite [cm]	Anzahl der Bewehrung erforderl. möglich gewählt	Abstand [cm]	Kommentar
	Bu	3.66	10.05	16	40.0	2 5 5	5.00	
	BuY	7.21	12.06	16	40.0	4 6 6	5.00	
	BuK	3.58	12.06	16	40.0	2 6 6	5.00	
	Bu(unten)			16	40.0	0 3 2	10.00	
	BuY(unten)			16	40.0	0 3 3	10.00	
	BuK(unten)			16	40.0	0 3 3	10.00	
	Vx	3.43	8.04	16	12.2	1 2 2	10.00	
	Vy	1.78	2.01	8	14.6	2 2 2	13.40	
	Vx, Konstr.	0.00	3.02	8	45.2	0 3 3	20.00	
	Vy, Konstr.	0.00	2.01	8	30.4	0 2 2	20.00	

30)
Zuviel Bewehrung für Köcherwand in x-Richtung gewählt.
Bitte die Betondruckzone vergrößern durch:
- Vergrößerung der Köcherwanddicke
- Vergrößerung der Höhe des Köchers.
bzw. Betongüte erhöhen.
bzw. Anzahl der Bügel (Bu) und Bügel (BuK) verringern.

Bezeichnung Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

Fehlermeldung bei Auswahl von zuviel Bewehrung

Die komplette Schrift der Tabelle wird rot hinterlegt. Dem Meldungsfeld ist zu entnehmen, dass der eingelegte Bewehrungsquerschnitt der Köcherwand in x-Richtung (setzt sich zusammen aus dem Bewehrungsquerschnitt der Bügelgruppe Bu plus dem Bewehrungsquer-



schnitt der Bügelgruppe BuX) unverhältnismäßig im Vergleich zur Betondruckzone ist. Das heißt, selbst wenn man eine Mindeststahldehnung von 2 ‰ der Bewehrung und eine Maximalstauchung von 3.5 ‰ des Betons (DIN 1045-88) ansetzt, so ist die sich im Beton einstellende Druckkraft geringer als die Zugkraft im Bewehrungsstahl. Es lässt sich kein Gleichgewicht der inneren Kräfte finden. Neben der Erhöhung der Einbindetiefe oder der Verwendung eines festeren Betons, schlägt das Programm vor, die Dicke in y-Richtung der Köcherwand in x-Richtung zu erhöhen. Diese Köcherwanddicke wird deshalb in Maske 1.2 Geometrie von 37 cm auf 40 cm erhöht.

1.2 Geometrie

Stütze
 Abmessung c-x: 40.00 [cm]
 c-y: 30.00 [cm]

☐ Exzentrische Anordnung

Fundamentplatte
☒ Abmessungen definieren
☐ Auslegen

Seitenlänge x: 4.17 [m]
 y: 4.17 [m]
 Plattendicke d: 0.24 [m]

Köcher
☒ Abmessungen definieren
☐ Auslegen

Köcherhöhe h: 80.00 [cm]
 Einbindetiefe t der Stütze: 80.00 [cm]

	in x	in y
Obere Köcherwandstärke t-o:	37.00 [cm]	40.00 [cm]
Oberes Stützenspiel a-o:	10.00 [cm]	10.00 [cm]
Untere Köcherwandstärke t-u:	42.00 [cm]	40.00 [cm]
Unteres Stützenspiel a-u:	5.00 [cm]	5.00 [cm]
Innenwandneigung Alpha:	86.42 [°]	86.42 [°]

Diagramm: 3D-Ansicht der Fundamentplatte und des Köchers mit den Dimensionen t_o, a_o, c_x, t_u, a_u, h, d, x, y, Alpha.

Vergrößern der Köcherwanddicke in y-Richtung

Jetzt muß zunächst in die Maske 2.6 Köcherbewehrung zurück gekehrt werden, da die in dieser Maske ausgewählte Bewehrung ansonsten neu ausgelegt werden würde, wenn die Berechnung von der Eingabemaske 1.2 Geometrie aus gestartet werden würde. Es erscheint folgendes in Maske 2.6 Köcherbewehrung.

2.6 Köcherbewehrung

Pos.	Bewehrung	erf As [cm ²]	vorh As [cm ²]	d [mm]	Verlegebreite [cm]	Anzahl der Bewehrung	Abstand [cm]	Kommentar
						erfordert	möglich	gewählt
7	Bu	4.11	10.05	16	40.0	3	5	5
8	BuY	7.69	12.06	16	40.0	4	6	6
9	BuX	3.03	12.06	16	40.0	2	6	6
10	Bu(unten)			16	40.0	0	3	2
11	BuY(unten)			16	40.0	0	3	3
12	BuX(unten)			16	40.0	0	3	3
15	Vx	3.43	8.04	16	17.2	1	2	2
13	Vy	1.66	2.01	8	14.6	2	2	2
14	Vx, Konstr.	0.00	3.02	8	45.2	0	3	3
16	Vy, Konstr.	0.00	2.01	8	30.4	0	2	2

3D-Visualisierung der Bewehrung des Köchers.

Fehlerfreie Konstruktion

Es erscheinen keine weiteren Fehlermeldungen. Somit ist die Betondruckzone durch die Veränderung in Maske 1.2 Geometrie im Verhältnis zum eingelegten Stahl also ausreichend dimensioniert. Ein Blick in den Biegebruchsicherheitsnachweis der Köcherwand in x-Richtung, wie er in Maske 2.2 Maßgebende Nachweise zu finden ist, bestätigt dies.

Biegebruchsicherheit Köcherwand ; Knoten 1 ; LF9			
<input checked="" type="checkbox"/> Köcherwand in x-Richtung	Kriterium	0.274	
<input type="checkbox"/> Auflagerkräfte und -momente			
<input type="checkbox"/> Vertikalkraft	P-Z	500.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in x-Richtung	P-X	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Horizontalkraft in y-Richtung	P-Y	0.00	kN
<input type="checkbox"/> Moment um die x-Achse	M-X	150.00	kNm
<input type="checkbox"/> Moment um die y-Achse	M-Y	-150.00	kNm
<input type="checkbox"/> Lastfalltyp	LF	HZ	
<input checked="" type="checkbox"/> Bemessungsmoment	M	43.31	kNm
<input checked="" type="checkbox"/> Inneres Moment	M- _{ui}	276.47	kNm
<input type="checkbox"/> Statische Höhe der Köcherwand in x-	h	35.87	cm
<input type="checkbox"/> Dehnung der horizontalen Köcherwan	ep-zu	2.23	‰
<input type="checkbox"/> Mindestdehnung der horizontalen Köc	min ep-zu	2.00	‰

Biegebruchsicherheitsnachweis der Köcherwand in x-Richtung

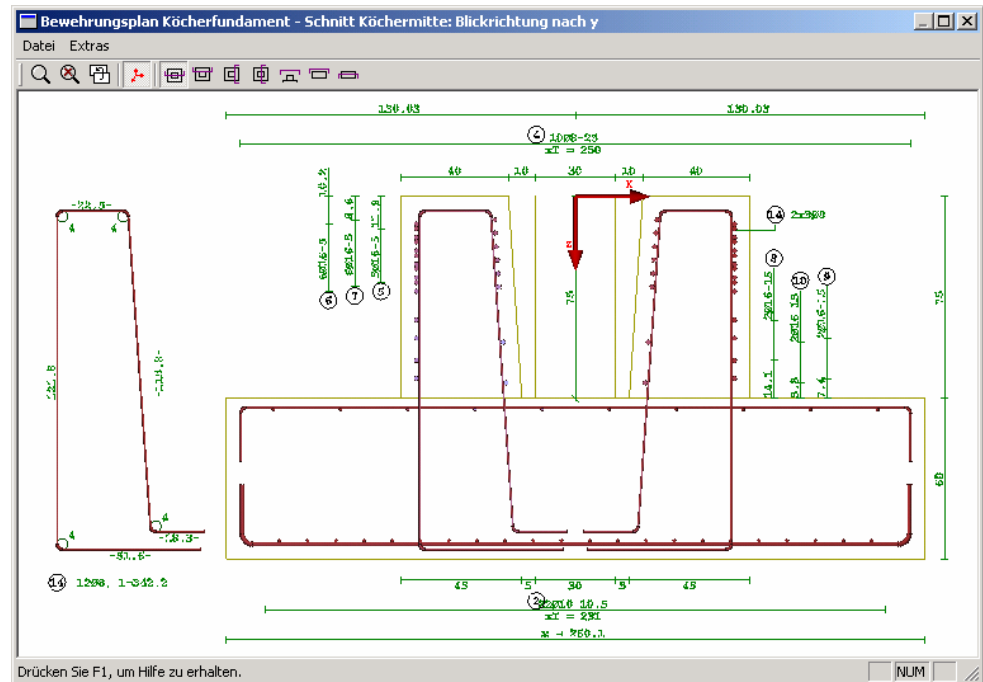
Den letzten beiden Zeilen der obigen Abbildung ist zu entnehmen, dass die vorhandene Dehnung ep-zu der Köcherwandbewehrung, die sich bei einem Gleichgewicht der inneren Kräfte zwischen Stahl und Beton einstellt, größer als die Mindeststahldehnung ist.

Diese Maske 2.6 Köcherbewehrung funktioniert analog für eine Bewehrung aus Bügeln, die innerhalb der Köcherwände liegen und für die Bewehrung des Blockfundamentes.

Zu einem guten Fundamentbemessungsprogramm gehört es natürlich auch, dass die gefundene Konstruktion erschöpfend und übersichtlich in Bewehrungsplänen dargestellt wird. Zu diesen Bewehrungsplänen gelangt man, indem der Button [Bewehrungspläne], der sich auf den Masken 2.4 Untere Plattenbewehrung, 2.5 Obere Plattenbewehrung und 2.6 Köcherbewehrung befindet, gedrückt wird.



7.2.12 Bewehrungspläne



Bewehrungsplan, Schnitt Köchermitte: Blickrichtung nach y

Dieses Fenster zur Darstellung der, je nach Fundamenttyp bis zu sieben, Schnitten zeigt in der Titelzeile an, welcher Schnitt gerade betrachtet wird. Folgende Schnitte sind maximal verfügbar:

- Schnitt Köchermitte: Blickrichtung nach y
- Schnitt Köcherwand: Blickrichtung nach y
- Schnitt Köchermitte: Blickrichtung nach x
- Schnitt Köcherwand: Blickrichtung nach x
- Draufsicht Köcher
- Draufsicht obere Plattenbewehrung
- Draufsicht untere Plattenbewehrung

Die einzelnen Schnitte werden durch Drücken folgender Button dargestellt.



Button zum Wechseln der Schnitte

Die Reihenfolge der Button stimmt mit der Reihenfolge überein, wie die einzelnen Schnitte oberhalb vorgestellt wurden.

7.2.13 Maske 2.7 Stahlliste

FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

2.7 Stahlliste

Fundament Nr.: 1
An Knoten: 1
Anzahl der Fundamente: 1

Bezeichnung: Betonstahl: B St 500S

Pos Nr.: 1

Mattentyp: K 884

Hauptbewehrungsrichtung: x-Richtung

Pos Nr.:	Anzahl pro Fundament	Gesamt-anzahl	Ø [mm]	Schnitt-länge	Gesamtlänge [m]										
					Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 28		
2	22	22	16	423.4						93.15					
3	22	22	10	424.3			93.35								
4	56	56	16	419.2						234.76					
5	22	22	8	434.3		95.54									
6	16	16	8	434.3		69.48									
7	5	5	16	571.3						28.56					
8	6	6	16	454.8						27.29					
9	6	6	16	463.2						27.79					
10	2	2	16	571.3						11.43					
11	3	3	16	438						13.14					
12	3	3	16	445.6						13.37					
13	8	8	16	277.8		22.22									
14	6	6	8	281		16.86									
15	8	8	16	283.5						22.68					
16	4	4	8	286.6		11.46									
Datum:					lfdm	215.57	93.35			472.17					
zu Plan Nr.:					kg/lfdm	0.222	0.395	0.617	0.888	1.21	1.58	2.47	3.85	4.83	
					kg	85.15	57.6			746.02					
					Gesamtgewicht B St 500S:	888.77kg									

Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

Maske 2.7 Stahlliste

Bei dieser Maske handelt es sich um eine reine Ausgabemaske. Detailliert wird hier für jede Position die Anzahl der Bewehrungsstäbe pro Fundament, die Gesamtanzahl der Bewehrungsstäbe aller Fundamente, die Schnittlänge eines Bügels und die Gesamtlänge aller Bügel ermittelt. Danach wird die Gesamtlänge und das Gewicht aller Bewehrungsstäbe gleichen Durchmessers ermittelt. Das Ergebnis dieser Aufstellung findet sich unten rechts auf dieser Maske als das Gesamtgewicht des benötigten Stahles.

7.2.14 Maske 2.8 Betonkubatur

FUND - [Beispiel_Handbuch]

Datei Hilfe

FUND1

2.8 Betonkubatur

Fundament Nr.: 1
An Knoten: 1
Anzahl der Fundamente: 1

Bezeichnung: Betongüte: B 35

	Volumen pro Fundament [m³]	Volumen aller Fundamente [m³]
Fundamentplatte	4.18	4.18
Köcher	1.19	1.19
Full beton	0.1	0.1

Pläne << >> Grafik OK Abbruch Hilfe

Maske 2.8 Betonkubatur



Auch diese Maske ist eine reine Ausgabemaske, die angibt, wie viel Kubikmeter Beton für die Fundamentplatte, den Köcher und den Füllbeton zwischen Köcher und Stütze eines und aller Fundamente benötigt werden.

8. Indizes

Variable	Bedeutung
a	Abstand der oberen Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in x-Richtung
a	Abstand der oberen Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in y-Richtung
a	Abstand der unteren Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in x-Richtung im Bewehrungsbereich I
a	Abstand der unteren Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in x-Richtung im Bewehrungsbereich II
a	Abstand der unteren Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in y-Richtung im Bewehrungsbereich I
a	Abstand der unteren Bewehrungsstäbe der Fundamentplattenbewehrung in y-Richtung im Bewehrungsbereich II
A	Fläche der Betondruckzone der Köcherwand
a'	Längere effektive Fundamentbreite
a-1x	Unteres Stützenspiel in x-Richtung
a1-x	Hebelarm innerhalb der Köcherwand in x-Richtung
a-1y	Unteres Stützenspiel in y-Richtung
a1-y	Hebelarm innerhalb der Köcherwand in y-Richtung
a-2x	Oberes Stützenspiel in x-Richtung
a2-x	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in x-Richtung
a-2y	Oberes Stützenspiel in y-Richtung
a2-y	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in y-Richtung
a3-x	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in x-Richtung
a3-y	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in y-Richtung
a4-x	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in x-Richtung
a4-y	Hebelarm zur Ermittlung des Bemessungsmoments für die Köcherwand in y-Richtung
a5-x	Vertikale Kathede der Druckstrebe innerhalb der Köcherwand in x-Richtung
a5-y	Vertikale Kathede der Druckstrebe innerhalb der Köcherwand in y-Richtung
a6-x	Horizontale Kathede der Druckstrebe innerhalb der Köcherwand in x-Richtung
a6-y	Horizontale Kathede der Druckstrebe innerhalb der Köcherwand in y-Richtung



ab-Schw,4	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom unteren Bewehrungsrand
a-Bu	Abstand der oberen allseitig außenliegenden Bügel
a-Bu	Stababstand der horizontalen Bügel des Blockfundaments
a-Bu	Abstand der horizontalen Bügel des Blockfundaments
a-Bu,unten	Abstand der unteren allseitig außenliegenden Bügel
a-BuX	Abstand der Bügel der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
a-BuX	Abstand der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
a-BuX,unten	Abstand der Bügel der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
a-BuX,unten	Abstand der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
a-BuY	Abstand der Bügel der oberen innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
a-BuY	Abstand der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
a-BuY,unten	Abstand der Bügel der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
a-BuY,unten	Abstand der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
ab-z,4	Abstand des Bewehrungsschwerpunkts vom unteren Plattenrand des 4.Plattenstreifens
alpha	Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung auf die Betonfestigkeit
alpha-x,4	Verteilzahl des Bemessungsmoment in y-Richtung für den 4. Plattenstreifen
alpha-y,4	Verteilzahl des Bemessungsmoment in x-Richtung für den 4. Plattenstreifen
AnzEinz	Anzahl der zusätzlichen Einzellasten
AnzGleich	Anzahl der zusätzlichen Gleichstreckenlasten
ASchub	Mantelfläche des Durchstanzkegels
As-Stab	Querschnittsfläche eines Bewehrungsstabs der horizontalen Bügel des Blockfundaments
As-Stab	Querschnittsfläche eines Bewehrungsstabs der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
As-Stab	Querschnittsfläche eines Bewehrungsstabs der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
As-Stab	Vorhandener Stabdurchmesser eines Bewehrungsstabes
a-Vx	Abstand der vertikalen Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
a-Vx	Vorhandener Abstand der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
a-Vx,konst.	Abstand der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung



	innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
a-Vy	Abstand der vertikalen Bügel der Köcherwandscheibe in y-Richtung
a-Vy	Vorhandener Abstand der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
a-Vy,konst.	Abstand der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
b	Breite der Betondruckzonenfläche der Köcherwand in x-Richtung
b	Breite der Betondruckzonenfläche der Köcherwand in y-Richtung
b'	Kürzere effektive Fundamentbreite
Beta-D	Faktor zur Berücksichtigung der nicht rotationssymmetrischen Verteilung der Bodenpressung
Beta-R	Rechnerische Bruchfestigkeit des Betons
Beta-S	Streckgrenze des Stahls
Bezeichnung	Bezeichnung der Matte
cx	Längenausdehnung der Stütze in x-Richtung
cy	Längenausdehnung der Stütze in y-Richtung
d	Dicke der Fundamentplatte
d	Statische Höhe der Betondruckzone der Köcherwand
D0	Druckspannung unter Fundamentplattenmitte
dAlpha	Differenzwinkel zwischen der Resultierenden des ansetzbaren passiven Erddrucks und der Resultierenden der Horizontalkräfte
D-bu,4	Druckkraft im Beton des 4. Bemessungsstreifens
delta	Sohlreibungswinkel
deltaUX	Abstand des unteren Bemessungsschnitt von der Achsen des Auflagerkoordinatensystems
delta-x,n	Bemessungsschnitt zur Querkraftermittlung in negative x-Richtung
delta-x,p	Bemessungsschnitt zur Querkraftermittlung in positive x-Richtung
delta-y,n	Bemessungsschnitt zur Querkraftermittlung in negative y-Richtung
delta-y,p	Bemessungsschnitt zur Querkraftermittlung in positive y-Richtung
DI	Druckspannung unter Druckpunkt I
DII	Druckspannung unter Druckpunkt II
DIII	Druckspannung unter Druckpunkt III
DIV	Druckspannung unter Druckpunkt IV
dR	Mittlerer Durchmesser des Durchstanzkegels



ds	Durchmesser der flächengleichen Rundstütze
d-s,Bu	Durchmesser der horizontalen Bügel des Blockfundaments
ds-Bu	Durchmesser der oberen allseitig außenliegenden Bügel
ds-Bu,unten	Durchmesser der unteren allseitig außenliegenden Bügel
ds-BuX	Durchmesser der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
ds-BuX	Durchmesser der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
ds-BuX,unten	Durchmesser der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
ds-BuX,unten	Durchmesser der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
ds-BuY	Durchmesser der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
ds-BuY	Durchmesser der oberen innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
ds-BuY,unten	Durchmesser der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
ds-BuY,unten	Durchmesser der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
d-Sigma,a/b	Erhöhung der zulässigen Bodenpressung bei gedrunenen Fundamenten
d-Sigma,b	Herabsetzung der zulässigen Bodenpressung bei breiten Fundamenten
d-Sigma,Di	Erhöhung der zulässigen Bodenpressung durch Bodendichte
d-Sigma,GW	Herabsetzung der zulässigen Bodenpressung bei hohem Grundwasserstand
d-Sigma,H/V	Herabsetzung der zulässigen Bodenpressung bei horizontalen Lasten
d-Sigma,t	Erhöhung der zulässigen Bodenpressung bei großer Einbindetiefe
dStanz	Durchmesser der Aufstandsfläche des Durchstanzkegels
ds-Vx	Durchmesser der vertikalen Bewehrungsstäbe der Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
ds-Vx	Vorhandener Stabdurchmesser der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
ds-Vx, konst.	Durchmesser der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
ds-Vy	Durchmesser der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
ds-Vy	Vorhandener Stabdurchmesser der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
ds-Vy, konst.	Durchmesser der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung



eff A	Effektive Fundamentfläche
eff x	Effektive Fundamentlänge in x-Richtung
eff y	Effektive Fundamentlänge in y-Richtung
Ep`	Resultierende des ansetzbaren passiven Erddrucks
Ep`(parallel)	Richtungsidentische Resultierende des ansetzbaren passiven Erddrucks
ep-bu,4	Stauchung des Betons im 4. Bemessungsstreifens
ep-c	Betondehnung
ep-cu	Rechnerische Bruchfestigkeit des Betons
Epx	Resultierende der passiven Erddrucks in x-Richtung
Epx`	Ansetzbarer Teil der Resultierenden des passiven Erddrucks in x-Richtung
Epy	Resultierende der passiven Erddrucks in y-Richtung
Epy`	Ansetzbarer Teil der Resultierenden des passiven Erddrucks in y-Richtung
ep-zu	Dehnung der horizontalen Köcherbewehrung
ep-zu	Dehnung der horizontalen Köcherbewehrung
ep-zu,4	Dehnung im Stahl des 4. Bemessungsstreifens
erf As-Bu	Erforderlicher Stahlquerschnitt der horizontalen Bügel des Blockfundaments
erf As-Bu	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt der horizontalen Bügel des Blockfundaments
erf As-Bu (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der allseitig außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-Bu (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der allseitig außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-BuX (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in x-Richtung außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-BuX (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-BuX (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in x-Richtung außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-BuX (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-BuY (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in y-Richtung außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-BuY (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel aus dem Lastfall mit der



	größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-BuY (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in y-Richtung außenliegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-BuY (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel aus dem Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-Vx	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
erf As-Vx	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
erf As-Vx (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-Vx (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-Vx,konst.	Erforderlicher Stahlquerschnitt der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
erf As-Vy	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
erf As-Vy	Erforderlicher Stahlquerschnitt der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
erf As-Vy (max HoX)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
erf As-Vy (max HoY)	Erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
erf As-Vy,konst.	Erforderlicher Stahlquerschnitt der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
erf Ax,4	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt im 4. Plattenstreifen
erf ax4 (pro m)	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt pro Meter im 4. Plattenstreifen
erf D	Erforderliche Lagerungsdichte des nicht bindigen Bodens
erf D-Pr	Erforderliche Proctordichte des nicht bindigen Bodens
erf Eta-a	Erforderliche Sicherheit gegen Abheben
erf Eta-g	Erforderliche Sicherheit gegen Gleiten
erf Gamma	Erforderliche Biegebruchsicherheit des Fundamentplattenstreifens
erf Gamma	Erforderliche Biegebruchsicherheit der Köcherwand
erf n	Erforderliches Verhältnis von Plattendicke zu Plattenüberstand
erf n-Bu	Statisch erforderliche Anzahl der horizontalen Bügel des Blockfundaments



erf n-Bu	Statisch erforderliche Anzahl der oberen allseitig außenliegenden Bügel
erf n-Bu	Erforderliche Anzahl der horizontalen Bügel des Blockfundaments
erf n-Bu,unten	Statisch erforderliche Anzahl der unteren allseitig außenliegenden Bügel
erf n-BuX	Statisch erforderliche Anzahl der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
erf n-BuX	Statisch erforderliche Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
erf n-BuX,unten	Statisch erforderliche Anzahl der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
erf n-BuX,unten	Statisch erforderliche Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
erf n-BuY	Statisch erforderliche Anzahl der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
erf n-BuY	Statisch erforderliche Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
erf n-BuY,unten	Statisch erforderliche Anzahl der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
erf n-BuY,unten	Statisch erforderliche Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
erf n-Vx	Statisch erforderliche Anzahl der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
erf n-Vx	Statisch erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung
erf n-Vx,konst.	Statisch erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
erf n-Vy	Statisch erforderliche Anzahl der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
erf n-Vy	Statisch erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
erf n-Vy.konst.	Statisch erforderliche Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
erf t	Erforderliche Einbindetiefe der Stütze in den Köcher oder in das Blockfundament
erf t	Erforderliche Einbindetiefe des Fundaments
erf Z4	Erforderliche Zugkraft im Stahl des 4. Plattenstreifens
E-s	Elastizitätsmodul des Betonstahls
ex	Ausmitte der Stütze in x-Richtung
e-x	Bezogene Lastausmitte in x-Richtung zur Ermittlung der Stützeinbindetiefe
e-x	Lastausmitte der resultierenden Vertikalkraft in der Boden-



	fuge in x-Richtung
ey	Ausmitte der Stütze in y-Richtung
e-y	Bezogene Lastausmitte in y-Richtung zur Ermittlung der Stützeinbindetiefe
e-y	Lastausmitte der resultierenden Vertikalkraft in der Bodenfuge in y-Richtung
Fall	Spannungsverteilungsfall gemäß Handbuch
F-cd	Bemessungswert der Betondruckkraft
f-cd	Bemessungswert der Betonfestigkeit
f-ck	Charakteristische Festigkeit des Betons
F-s	Bemessungswert der Stahlzugkraft
f-tk,cal	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung
f-yk	Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
Gamma	Beiwert zur Ermittlung der zulässigen Schubspannung
gamma-B	Wichte des Betons
Gamma-c	Teilsicherheitsbeiwert des Betons
Gamma-G+Q	Globaler Teilsicherheitsfaktor für ständige Last und Verkehrslast
Gamma-s	Teilsicherheitsbeiwert des Betonstahls
gamma-Üb	Wichte des Überschüttungsmaterials
Gamma-x	Vorhandene Biegebruchsicherheit des eines Plattenstreifens in x-Richtung aus oberer Bewehrung
Gamma-x,4	Vorhandene Biegebruchsicherheit des 4. Plattenstreifens in x-Richtung aus unterer Bewehrung
Gamma-y	Vorhandene Biegebruchsicherheit des eines Plattenstreifens in y-Richtung aus oberer Bewehrung
Gamma-y,4	Vorhandene Biegebruchsicherheit des 4. Plattenstreifens in y-Richtung aus unterer Bewehrung
gew n-Bu	Gewählte Anzahl der horizontalen Bügel des Blockfundaments
gew n-Vx	Gewählte Anzahl der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
gew n-Vy	Gewählte Anzahl der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
G-k	Eigengewicht des Köchers
G-p	Eigengewicht der Fundamentplatte
G-P	Summe der zusätzlichen Einzellasten auf der Fundamentplatte
G-S	Sohlwiderstandskraft
G-S	Summe der resultierenden Gleichstreckenlastenanteile auf der Fundamentplatte



G-ü	Resultierende Belastung aus Überschüttung
h	Höhe des Köchers
h4	Statische Höhe des 4. Plattenstreifens
Hauptbew.	Hauptbewehrungsrichtung
hD	Höhe der dreieckförmigen Betondruckzone der Köcherwand
hm	Mittlere statische Höhe
HoX	Obere Horizontalkraft in x-Richtung
HoY	Obere Horizontalkraft in y-Richtung
hR	Höhe der rechteckförmigen Betondruckzone der Köcherwand
k_pgh	Erddruckbeiwert
Kappa-oben	Faktor zur Bestimmung der aufnehmbaren Querkraft durch die obere Bewehrung
Kappa-unten	Faktor zur Bestimmung der aufnehmbaren Querkraft durch die untere Bewehrung
Kriterium	Nachweiskriterium
LF-Typ	Lastfalltyp (H oder Hz)
maßg erf As-Bu	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der allseitig außenliegenden Bügel
maßg erf As-BuX	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der in x-Richtung außenliegenden Bügel
maßg erf As-BuX	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
maßg erf As-BuY	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der in y-Richtung außenliegenden Bügel
maßg erf As-BuY	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
maßg erf As-Vx	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung
maßg erf As-Vy	Maßgebend erforderlicher Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
maßg Z-Bu	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung des allseitig außen liegenden Bügel
maßg Z-Bu(max HoX)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der Bügelgruppe Bu im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
maßg Z-Bu(max HoY)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der Bügelgruppe Bu im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in Y-Richtung
maßg Z-BuX	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
maßg Z-BuX	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung des in x-Richtung außenliegenden Bügel
maßg Z-BuX(max	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der in x-Richtung



HoX)	außenliegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
maßg Z-BuX(max HoX)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
maßg Z-BuX(max HoY)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der in x-Richtung außenliegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in Y-Richtung
maßg Z-BuX(max HoY)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in Y-Richtung
maßg Z-BuY	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
maßg Z-BuY	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung des in y-Richtung außenliegenden Bügel
maßg Z-BuY(max HoX)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der in y-Richtung außenliegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
maßg Z-BuY(max HoX)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
maßg Z-BuY(max HoY)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der in y-Richtung außenliegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in Y-Richtung
maßg Z-BuY(max HoY)	Maßgebende Zugkraft zur Bemessung der innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in Y-Richtung
maßg Z _{vo,x}	Maßgebende vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in x-Richtung
maßg Z _{vo,y}	Maßgebende vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in y-Richtung
max HoX	Maximale obere Horizontalkraft in x-Richtung
max HoY	Maximale obere Horizontalkraft in y-Richtung
M-D,xminus	Moment aus Druckspannungskörper in negative x-Richtung
M-D,xplus	Moment aus Druckspannungskörper in positive x-Richtung
M-D,yminus	Moment aus Druckspannungskörper in negative y-Richtung
M-D,yplus	Moment aus Druckspannungskörper in positive y-Richtung
M-Ed,x	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments auf die Köcherwand in x-Richtung
M-Ed,y	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments auf die Köcherwand in y-Richtung
M-G,xminus	Moment aus Gleichflächenbelastung in negative x-Richtung
M-G,xplus	Moment aus Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung
M-G,yminus	Moment aus Gleichflächenbelastung in negative y-Richtung
M-G,yplus	Moment aus Gleichflächenbelastung in positive y-Richtung



min ep-zu	Mindestdehnung der horizontalen Köcherbewehrung
min t	Frostfreie Einbindetiefe des Fundaments
mog n-Bu	Konstruktiv mögliche Anzahl der horizontalen Bügel des Blockfundaments
mog n-Bu	Konstruktiv mögliche Anzahl der oberen allseitig außenliegenden Bügel
mog n-Bu,unten	Konstruktiv mögliche Anzahl der unteren allseitig außenliegenden Bügel
mog n-BuX	Konstruktiv mögliche Anzahl der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
mog n-BuX	Konstruktiv mögliche Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
mog n-BuX,unten	Konstruktiv mögliche Anzahl der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
mog n-BuX,unten	Konstruktiv mögliche Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
mog n-BuY	Konstruktiv mögliche Anzahl der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
mog n-BuY	Konstruktiv mögliche Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
mog n-BuY,unten	Konstruktiv mögliche Anzahl der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
mog n-BuY,unten	Konstruktiv mögliche Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
mog n-Vx	Konstruktiv mögliche Anzahl der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
mog n-Vx	Konstruktiv mögliche Anzahl der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung
mog n-Vx	Mögliche Anzahl der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
mog n-Vx,konst.	Konstruktiv mögliche Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
mog n-Vy	Konstruktiv mögliche Anzahl der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
mog n-Vy	Konstruktiv mögliche Anzahl der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
mog n-Vy	Mögliche Anzahl der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
mog n-Vy,konst.	Konstruktiv mögliche Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
M-Rd,x	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemoments auf die Köcherwand in x-Richtung
M-Rd,y	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemoments auf die Köcherwand in y-Richtung



mü	Bewehrungsprozentsatz
M-u,x	Bruchmoment zur Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung
M-u,y	Bruchmoment zur Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung
Mui	Inneres Moment des 4. Plattenstreifens
M-ui,x	Inneres Moment aus Bestimmung der Biegebruchsicherheit der Köcherwand in x-Richtung
M-ui,x	Inneres Moment aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung
M-ui,y	Inneres Moment aus Bestimmung der Biegebruchsicherheit der Köcherwand in y-Richtung
M-ui,y	Inneres Moment aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung
M-X	Auflagermoment mit Momentenvektor in x-Richtung
M-x	Bemessungsmoment zur Bemessung der Köcherwand in x-Richtung
Mx-oben	Bemessungsmomentenanteil eines Plattenstreifens zur Biegebemessung der in x-Richtung verlaufenden oberen Plattenbewehrung
Mxs(S1)	Moment aus 1.Gleichstreckenlast zur Bemessung der in x-Richtung verlaufenden Bewehrung
Mx-unten	Bemessungsmoment zur Biegebemessung der in x-Richtung verlaufenden unteren Plattenbewehrung
Mx-unten,4	Bemessungsmomentenanteil des 4.Plattenstreifens zur Biegebemessung der in x-Richtung verlaufenden unteren Plattenbewehrung
M-Y	Auflagermoment mit Momentenvektor in y-Richtung
M-y	Bemessungsmoment zur Bemessung der Köcherwand in y-Richtung
My-oben	Bemessungsmomentenanteil eines Plattenstreifens zur Biegebemessung der in y-Richtung verlaufenden oberen Plattenbewehrung
Mys(S1)	Moment aus 1.Gleichstreckenlast zur Bemessung der in y-Richtung verlaufenden Bewehrung
My-unten	Bemessungsmoment zur Biegebemessung der in y-Richtung verlaufenden unteren Plattenbewehrung
My-unten,4	Bemessungsmomentenanteil des 4.Plattenstreifens zur Biegebemessung der in y-Richtung verlaufenden unteren Plattenbewehrung
MZ-xminus	Moment aus zusätzlicher Einzel- bzw. Gleichstreckenlast in negative x-Richtung
MZ-xplus	Moment aus zusätzlicher Einzel- bzw. Gleichstreckenlast in positive x-Richtung
MZ-yminus	Moment aus zusätzlicher Einzel- bzw. Gleichstreckenlast in negative y-Richtung



MZ-yplus	Moment aus zusätzlicher Einzel- bzw. Gleichstreckenlast in positive y-Richtung
n-Bu	Anzahl der horizontalen Bügel des Blockfundaments
n-Bu	Anzahl der oberen allseitig außenliegenden Bügel
n-Bu,unten	Anzahl der unteren allseitig außenliegenden Bügel
n-BuX	Anzahl der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
n-BuX	Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
n-BuX,unten	Anzahl der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
n-BuX,unten	Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
n-BuY	Anzahl der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
n-BuY	Anzahl pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
n-BuY,unten	Anzahl der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
n-BuY,unten	Anzahl pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
nom c-k	Betondeckung der Köcherbewehrung
nom c-o	Obere Betondeckung der Fundamentplatte
nom c-s	Seitliche Betondeckung der Fundamentplatte
nom c-u	Untere Betondeckung der Fundamentplatte
Nr.	Nummer des Auflagerknotens
n-Vx	Anzahl der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
n-Vx	Anzahl der vertikalen Bewehrungsstäbe der Bügel der Köcherwandscheibe in x-Richtung
n-Vx,konst.	Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
n-Vy	Anzahl der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe des Blockfundaments
n-Vy	Anzahl der vertikalen Bügel der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
n-Vy,konst.	Anzahl der vertikalen Bügel der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
P1	Größe der ersten zusätzlichen Einzellast
Phi	Bodenscherwinkel
P-X	Auflagerkraft in x-Richtung
P-Y	Auflagerkraft in y-Richtung
P-Z	Auflagerkraft in z-Richtung
Qd	Querkraft aus Druckspannung
Qd	Querkraft aus Druckspannung



$Q_{d-x,n}$	Querkraft aus Bodenpressung in negative x-Richtung
$Q_{d-x,p}$	Querkraft aus Bodenpressung in positive x-Richtung
$Q_{d-y,n}$	Querkraft aus Bodenpressung in negative y-Richtung
$Q_{d-y,p}$	Querkraft aus Bodenpressung in positive y-Richtung
Q_g	Nicht schubrelevanter Querkraftanteil
$Q_{g-x,n}$	Querkraft aus Gleichflächenbelastung in negative x-Richtung
$Q_{g-x,p}$	Querkraft aus Gleichflächenbelastung in positive x-Richtung
$Q_{g-y,n}$	Querkraft aus Gleichflächenbelastung in negative y-Richtung
$Q_{g-y,p}$	Querkraft aus Gleichflächenbelastung in positive y-Richtung
Q_s	Zu übertragende Querkraft
$Q_{s-x,n}$	Zu übertragende Querkraft in negative x-Richtung
$Q_{s-x,p}$	Zu übertragende Querkraft in positive x-Richtung
$Q_{s-y,n}$	Zu übertragende Querkraft in negative y-Richtung
$Q_{s-y,p}$	Zu übertragende Querkraft in positive y-Richtung
$res\ M-X$	Resultierendes Moment in der Bodenfuge zur Bemessung der in x-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ M-X,E$	Summe der Momente aus zusätzlichen Einzellasten zur Bemessung der in x-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ M-X,G$	Summe der Momente aus zusätzlichen Gleichstreckenlasten zur Bemessung der in x-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ M-Y$	Resultierendes Moment in der Bodenfuge zur Bemessung der in y-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ M-Y,E$	Summe der Momente aus zusätzlichen Einzellasten zur Bemessung der in y-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ M-Y,G$	Summe der Momente aus zusätzlichen Gleichstreckenlasten zur Bemessung der in y-Richtung verlaufenden Bewehrung
$res\ V-max$	Maximale resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge
$res\ V-min$	Minimale resultierende Vertikalkraft in der Bodenfuge
$resP$	Resultierende der horizontalen Auflagerkräfte
$Rho-x$	Bewehrungsgrad der Bewehrung in x-Richtung
$Rho-y$	Bewehrungsgrad der Bewehrung in y-Richtung
S_1	Größe der ersten zusätzlichen Gleichstreckenlast
S_1	Resultierende des Gleichstreckenlastanteils der 1. Zusätzlichen Gleichstreckenlast, der sich auf der Fundamentplatte befindet
$Sigma-Z_4$	Spannung im Stahl
t	Vorhandene Einbindetiefe des Fundaments
$\tan\Theta_{1x}$	Tangens des Lastausbreitungswinkels Θ_1 innerhalb der Köcherwand in x-Richtung



tanTeta1y	Tangens des Lastausbreitungswinkels Teta1 innerhalb der Köcherwand in y-Richtung
Teta1x	Lastausbreitungswinkels innerhalb der Köcherwand in x-Richtung
Teta1y	Lastausbreitungswinkels innerhalb der Köcherwand in y-Richtung
t-ox	Obere Köcherwandstärke in x-Richtung
t-oy	Obere Köcherwandstärke in y-Richtung
t-ux	Untere Köcherwandstärke in x-Richtung
t-uy	Untere Köcherwandstärke in y-Richtung
u	Mittlerer Umfang des Durchstanzkegels
U	Ungleichförmigkeit des nicht bindigen Bodens
ü	Höhe der Überschüttung
V-Ed,oben	Bemessungswert der einwirkende Querkraft für die obere Bewehrung
V-Ed,unten	Bemessungswert der einwirkende Querkraft für die untere Bewehrung
vorh a (mittel)	Mittlere Flächenbewehrung aus beiden Richtungen
vorh a (Stab)	Bewehrungsfläche aus Bewehrungsstäben
vorh As	Gesamter Bewehrungsquerschnitt der horizontalen Kocherbewehrung pro Wand
vorh As-Bu	Bewehrungsquerschnitt der allseitig außenliegenden Bügel
vorh As-Bu	Vorhandener Stahlquerschnitt der horizontalen Bügel des Blockfundaments
vorh As-Bu	Vorhandener Stahlquerschnitt der oberen allseitig außenliegenden Bügel
vorh As-Bu,unten	Vorhandener Stahlquerschnitt der unteren allseitig außenliegenden Bügel
vorh As-BuX	Bewehrungsquerschnitt der in x-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuX	Vorhandener Stahlquerschnitt der oberen in x-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuX	Vorhandener Stahlquerschnitt pro Köcherwand der oberen innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
vorh As-BuX,unten	Vorhandener Stahlquerschnitt der unteren in x-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuX,unten	Vorhandener Stahlquerschnitt pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel
vorh As-BuY	Bewehrungsquerschnitt der in y-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuY	Vorhandener Stahlquerschnitt der oberen in y-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuY	Vorhandener Stahlquerschnitt pro Köcherwand der oberen



	innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
vorh As-BuY,unten	Vorhandener Stahlquerschnitt der unteren in y-Richtung außenliegenden Bügel
vorh As-BuY,unten	Vorhandener Stahlquerschnitt pro Köcherwand der unteren innerhalb der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel
vorh As-Vx	Vorhandener Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in y-Richtung
vorh As-Vx	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt der in x-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
vorh As-Vx,konst.	Vorhandener Stahlquerschnitt der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in x-Richtung
vorh As-Vy	Vorhandener Stahlquerschnitt der Randbewehrung der Köcherwandscheibe in x-Richtung
vorh As-Vy	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt der in y-Richtung auslaufenden vertikalen Stäbe eines Blockfundaments
vorh As-Vy,konst.	Vorhandener Stahlquerschnitt der konstruktiven Bewehrung innerhalb der Köcherwandscheibe in y-Richtung
vorh Ax	Bewehrung in x-Richtung innerhalb des Durchstanzkegels
vorh Ax,4	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt im 4. Plattenstreifen
vorh ax4 (pro m)	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt pro Meter im 4. Plattenstreifen
vorh ax-Matte	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt in x-Richtung durch die Matte
vorh Ay	Bewehrung in y-Richtung innerhalb des Durchstanzkegels
vorh ay-Matte	Vorhandener Bewehrungsquerschnitt in y-Richtung durch die Matte
vorh D	Vorhandene Lagerungsdichte des nicht bindigen Bodens
vorh D-Pr	Vorhandene Proctordichte des nicht bindigen Bodens
vorh e	Vorhandene bezogene Lastausmitte
vorh Eta-a	Vorhandene Sicherheit gegen Abheben
vorh Eta-g	Vorhandene Sicherheit gegen Gleiten
vorh Gamma	Vorhandene Biegebruchsicherheit der Köcherwand
vorh n	Vorhandenes Verhältnis von Plattendicke zu Plattenüberstand
vorh Sigma	Vorhandene Bodenpressung
vorh t	Vorhandene Einbindetiefe der Stütze
vorh Tau	Vorhandene Schubspannung
V-Rd,ct,oben	Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft für die obere Bewehrung
V-Rd,ct,unten	Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft für die untere Bewehrung
x	Längenausdehnung der Fundamentplatte in x-Richtung



x(P1)	x-Koordinate der 1. Zusätzlichen Einzellast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
x(P1)	x-Koordinate der 1. Zusätzlichen Einzellast bezogen auf den Plattenschwerpunkt
x1(S1)	x-Koordinate des Beginns der 1. Zusätzlichen Gleichstreckenlast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
x2(S1)	x-Koordinate des Endes der 1. Zusätzlichen Gleichstreckenlast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
xA(S1)	x-Koordinate des Anfangs des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
xE(S1)	x-Koordinate des Endes des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
xl (gewählt)	Gewählte Breite des ersten Bewehrungsbereichs in x-Richtung
xl (möglich)	Mögliche Breite des ersten Bewehrungsbereichs in x-Richtung
xII (gewählt)	Gewählte Breite des zweiten Bewehrungsbereichs in x-Richtung
xII (möglich)	Mögliche Breite des zweiten Bewehrungsbereichs in x-Richtung
xK1	x-Koordinate des Anfangspunkt der klaffenden Fuge
xK2	x-Koordinate des Endpunkts der klaffenden Fuge
XS(S1)	x-Koordinate des Schwerpunkts des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
x-Streif	Breite des Fundamentplattenstreifens in y-Richtung
y	Längenausdehnung der Fundamentplatte in y-Richtung
y(P1)	y-Koordinate der 1. Zusätzlichen Einzellast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
y(P1)	y-Koordinate der 1. Zusätzlichen Einzellast bezogen auf den Plattenschwerpunkt
y1(S1)	y-Koordinate des Beginns der 1. Zusätzlichen Gleichstreckenlast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
y2(S1)	y-Koordinate des Endes der 1. Zusätzlichen Gleichstreckenlast bezogen auf das Auflagerkoordinatensystem
yA(S1)	y-Koordinate des Anfangs des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
yE(S1)	y-Koordinate des Endes des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
yl (gewählt)	Gewählte Breite des ersten Bewehrungsbereichs in y-Richtung
yl (möglich)	Mögliche Breite des ersten Bewehrungsbereichs in y-



	Richtung
yII (gewählt)	Gewählte Breite des zweiten Bewehrungsbereichs in y-Richtung
yII (möglich)	Mögliche Breite des zweiten Bewehrungsbereichs in y-Richtung
yK1	y-Koordinate des Anfangspunkt der klaffenden Fuge
yK2	y-Koordinate des Endpunkts der klaffenden Fuge
yS(S1)	y-Koordinate des Schwerpunkts des 1. Gleichstreckenlastanteils, der auf der Fundamentplatte liegt bezogen auf den Plattenschwerpunkt
y-Streif	Breite des Fundamentplattenstreifens in x-Richtung
Z	Hebelarm zwischen oberer und unterer Horizontalkraft
Z	Resultierende Zugkraft im Bewehrungsstahl der Köcherwand in x-Richtung
Z	Resultierende Zugkraft im Bewehrungsstahl der Köcherwand in y-Richtung
z-4	Hebelarm der inneren Kräfte des 4. Bemessungsstreifens
Z-Bieg,x (max HoX)	Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-Bieg,x (max HoY)	Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-Bieg,y (max HoX)	Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-Bieg,y (max HoY)	Zugkraft im kompletten Bewehrungsstahl aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-Bu,Bieg, x (max HoY)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt
Z-Bu,Bieg,x (max HoX)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt
Z-Bu,Bieg,x (max HoY)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt
Z-Bu,Bieg,y (max HoX)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung auf den allseitig außenliegenden Bügel entfällt
Z-Bu,ZugX (max HoX)	Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung

Z-Bu,ZugX (max HoY)	Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-Bu,ZugY (max HoX)	Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-Bu,ZugY (max HoY)	Anteilige Zugkraft im allseitig außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuX,Bieg (max HoX)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung auf den in x-Richtung außenliegenden Bügel entfällt
Z-BuX,Bieg (max HoX)	Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuX,Bieg (max HoY)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung auf den in x-Richtung außenliegenden Bügel entfällt
Z-BuX,Bieg (max HoY)	Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuX,ZugX (max HoX)	Anteilige Zugkraft im in x-Richtung außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuX,ZugX (max HoY)	Anteilige Zugkraft im in x-Richtung außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuX,ZugY (max HoX)	Anteilige Zugkraft des in der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuX,ZugY (max HoY)	Anteilige Zugkraft des in der Köcherwand in x-Richtung liegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuY,Bieg (max HoX)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung auf den in y-Richtung außenliegenden Bügel entfällt
Z-BuY,Bieg (max HoX)	Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuY,Bieg (max HoY)	Anteilige Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung, die im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung auf den in y-Richtung außenliegenden Bügel entfällt
Z-BuY,Bieg (max HoY)	Zugkraft aus Biegebemessung der Köcherwand in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuY,ZugX (max HoX)	Anteilige Zugkraft im in y-Richtung außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der



	größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuY,ZugX (max HoY)	Anteilige Zugkraft im in y-Richtung außenliegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Z-BuY,ZugY (max HoX)	Anteilige Zugkraft des in der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Z-BuY,ZugY (max HoY)	Anteilige Zugkraft des in der Köcherwand in y-Richtung liegenden Bügel aus Zug der Köcherwand in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
z-Du,4	Höhe der Betondruckzone
Zho-x (max HoX)	Anteilige obere horizontale Zugkraft der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Zho-x (max HoY)	Anteilige obere horizontale Zugkraft der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Zho-y (max HoX)	Anteilige obere horizontale Zugkraft der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Zho-y (max HoY)	Anteilige obere horizontale Zugkraft der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
zug HoX	Zugehörige obere Horizontalkraft in x-Richtung
zug HoY	Zugehörige obere Horizontalkraft in y-Richtung
zul Sigma	Zulässige Bodenpressung
zul Sigma-n.s.	Zulässige Bodenpressung für nicht setzungsempfindliche Bauwerke
zul Sigma-s	Zulässige Bodenpressung für setzungsempfindliche Bauwerke
zul Sigma-Tab	Tabellenwert der zulässigen Bodenpressung gemäß DIN 1054
zul Tau	Zulässige Schubspannung
zul e	Zulässige Gesamtexzentrizität
Zvo-x (max HoX)	Vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Zvo-x (max HoY)	Vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in x-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung
Zvo-y (max HoX)	Vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in x-Richtung
Zvo-y (max HoY)	Vertikale Randzugkraft der Köcherwandscheibe in y-Richtung im Lastfall mit der größten oberen Horizontalkraft in y-Richtung



Anhang A: Literatur

- [1] DIN 1045: Beton- und Stahlbetonbau, Juli 1988.
- [2] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Juli 2001
- [3] DIN 1054: Zulässige Belastung des Baugrundes, November 1976.
- [4] - : Beispiele zur Bemessung nach DIN 1045, Deutscher Beton-Verein E.V., Wiesbaden 1991.
- [5] Grasser E., Thielen G.: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Heft 240), Berlin 1991.
- [6] Steinle, A., Hahn, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau, Betonkalender II, Berlin 1988.