

53Q Setzungsberechnung allgemein

(Stand: 28.09.2010)

Das Programm 53Q bestimmt die Setzungen auf Grund der Belastung durch rechteckige Lastflächen einschließlich deren gegenseitiger Beeinflussung. Die Setzungen werden für die Lastflächen und beliebige weitere Punkte ausgegeben. Dabei kann Linearität oder Nichtlinearität der Steifeiziffer berücksichtigt werden. Grundlage des Programms sind die DIN V 4019-1996 [1] und die EVB [2].

Leistungsumfang

///➔ Bodenkennwerte

- Bis zu 20 Schichten
- Definition einer konstanten Steifeiziffer mit/ohne Wiederbelastungsmodul *oder*
- Definition eines nichtlinearen Druck-Stauchungs-Diagramms für die Schichten möglich

///➔ Belastung

- Bis zu 20 rechteckige Lastflächen, die auch zum globalen Koordinatensystem gedreht sein können
- Definition der Lastflächen auch unterhalb der Sohle (Bezugspunkt) möglich
- Ausmitte der vertikalen Last in x'- und/oder y'-Richtung möglich ($e \leq b/3$)
- Angabe einer Vorbelastung, die entweder direkt von der Zusatzlast abgezogen wird oder durch den Wiederbelastungsmodul berücksichtigt wird

///➔ Berechnungsoptionen

- Anpassungsfaktor für die Bestimmung der Gesamtsetzung
- Berechnung bis zur Grenztiefe oder bis zu einer festen vorgegebenen Tiefe

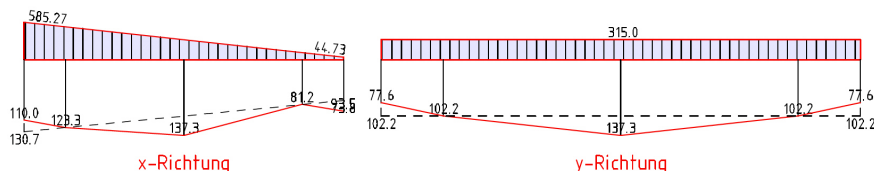
///➔ Ausgabe

- Ausgabe der Setzungen für Randpunkte und charakteristische Punkte der Lastflächen (schlaff und starr)
- Ausgabe der Setzungen für beliebige Zusatzpunkte außerhalb der Lastflächen (≤ 10)
- Ausführliche Spannungs- und Setzungsberechnung für jeden Punkt als Anlage möglich

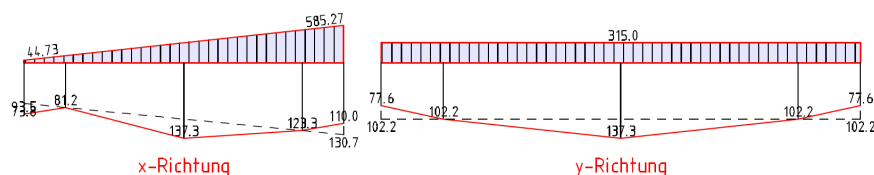
///➔ Grafiken

- Darstellung des Systems
- Darstellung der Setzungen jeder Lastfläche in den Achsen

Lastrfläche 1



Lastrfläche 2



Bezugspunkt

Die Definition der Bodenschichten beginnt ab dem Bezugspunkt als Höhenkote (=OK Gelände), der die OK der ersten Schicht beschreibt. Die Angabe der Lastflächen geschieht durch die Lage der jeweiligen Sohle, ebenfalls als Höhenkote.

Steifeziffer und Vorbelastung

Das Programm erwartet eine Angabe der Steifeziffer für die Bodenschichten (zum Zusammenhang zwischen E-Modul, Steifeziffer und Verformungsmodul s. [2], 4.2.2). Für die Steifeziffer gibt es zwei Möglichkeiten der Definition:

- **Angabe einer konstanten Steifeziffer**

In den meisten Fällen genügt es, eine konstante Steifeziffer E_{s1} anzugeben. Falls der Baugrund eine Vorbelastung erfahren hat, kann diese direkt von der Sohlspannung aus Zusatzlasten σ_z abgezogen (und der Überlagerungsspannung σ_u aus Bodeneigengewicht zugeschlagen) werden, wenn auf Grund der Entlastung noch keine Hebungen stattgefunden haben. Im anderen Fall kann die erhöhte Steifigkeit aus der Vorbelastung durch die Angabe eines Wiederbelastungsmoduls E_{s3} berücksichtigt werden. Hierbei werden Zusatzspannungen bis zur Größe der Vorbelastung σ_v mit E_{s3} erfasst, Spannungen darüber mit E_{s1} (s. Bild 1).

Ohne Vorbelastung:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z$$

$$\sigma_z = \sigma_0$$

Vorbelastung abziehbar:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z + \sigma_v$$

$$\sigma_z = \sigma_0 - \sigma_v$$

Erhöhte Steifigkeit durch Vorbelastung:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z$$

$$\sigma_z = (\sigma_0 - \sigma_v) \text{ mit } E_{s1}, \sigma_v \text{ mit } E_{s3}$$

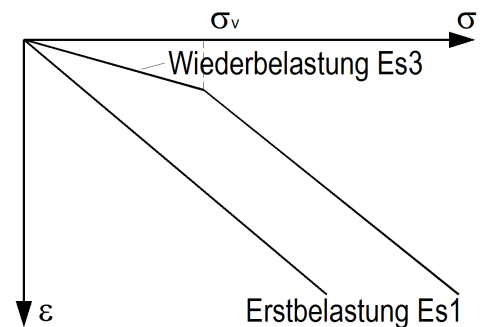


Bild 1: Linearität des Baugrundverhaltens

- **Angabe eines nichtlinearen Verlaufs**

Ist die Steifeziffer nicht als konstant zu betrachten, kann die Nichtlinearität durch ein Druck-Stauchungs-Diagramm beschrieben werden (s. Bild 2). Dies setzt i. Allg. die Ergebnisse eines Kompressionsversuchs voraus. Die Nichtlinearität eines Bodens kann auch durch die Unterteilung der Schicht und die Angabe unterschiedlicher Steifeziffern für die Schicht erfasst werden.

Vorbelastung:

Falls der Baugrund eine Vorbelastung erfahren hat, kann diese direkt von der Sohlspannung aus Zusatzlasten abgezogen (und der Überlagerungsspannung aus Bodeneigengewicht zugeschlagen) werden, wenn auf Grund der Entlastung noch keine Hebungen stattgefunden haben. Im anderen Fall erhöht die Vorbelastung nur den Anteil der Überlagerungsspannung aus Bodeneigengewicht (und damit die Steifigkeit).

Ohne Vorbelastung:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z$$

$$\sigma_z = \sigma_0$$

Vorbelastung abziehbar:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z + \sigma_v$$

$$\sigma_z = \sigma_0 - \sigma_v$$

Erhöhte Steifigkeit durch Vorbelastung:

$$\sigma_u = \gamma \cdot Z \geq \sigma_v$$

$$\sigma_z = \sigma_0$$

Nichtlinearität der Steifeziffer

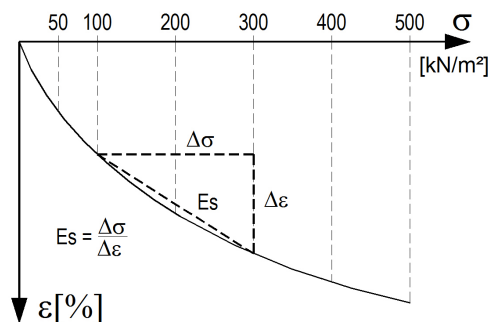


Bild 2: Nichtlineares Baugrundverhalten

σ_u Überlagerungsspannung (erzeugt keine Setzungen)

σ_v Vorbelastung

σ_0 Sohlspannung aus F_z der Lastfläche

σ_z Zusatzspannung (erzeugt Setzungen)

Lastflächen

Als Belastung werden charakteristische Vertikallasten F_z angegeben, die über die definierte Rechteckfläche verteilt werden. Die Vertikallast kann eine Ausmitte in x' - und/oder y' -Richtung haben (s. Bild 3). Es darf durch die Ausmitte eine klaffende Fuge bis maximal zur Seitenmitte entstehen ($e \leq b/3$). Aus der Vertikallast und den Ausmitten werden die Sohlspannungen in den Eckpunkten bestimmt. I. Allg. genügt es, ständige Lasten anzusetzen, die DIN 1054:2005 [3] verlangt jedoch, bei nichtbindigen Böden auch regelmäßige nichtständige Lasten zu berücksichtigen. Die Lastfläche kann auch zum globalen System gedreht sein.

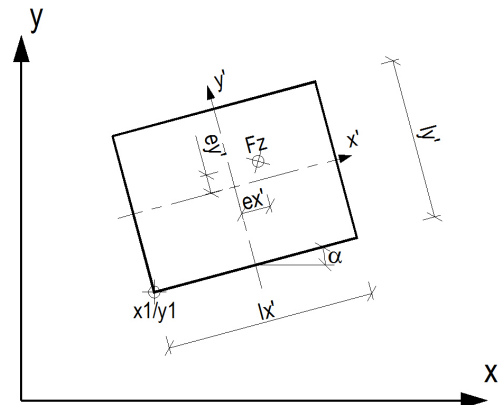


Bild 3: Koordinatensystem und Geometrie

Spannungs- und Setzungsberechnung

Grenztiefe t_s

Die Berechnung der Spannungen kann entweder bis zur UK der letzten Schicht bzw. einer vom Benutzer festgelegten Endtiefe oder bis zur in [1] definierten Grenztiefe t_s . Diese ist erreicht, wenn die Zusatzspannung σ_z nur noch einen bestimmten Bruchteil der Überlagerungsspannung σ_u aus Bodeneigengewicht ausmacht (s. Bild 4). Unterhalb dieser Grenztiefe ist kein nennenswerter Setzungszuwachs mehr zu erwarten.

I. Allg. gilt die Grenztiefe erreicht bei $\sigma_z = f \cdot \sigma_u$ mit $f = 0.20$ (diesen Wert kann der Benutzer modifizieren).

Die Grenztiefe für eine Lastfläche wird mit der mittleren Sohlspannung (ohne Berücksichtigung einer Ausmitte) am charakteristischen Punkt bestimmt.

Spannungsberechnung

Die Spannung an einem beliebigen Punkt aufgrund einer Rechtecklast erfolgt nach [4], womit auch die gegenseitige Beeinflussung ermittelt werden kann. Dazu werden die Schichten in Lamellen eingeteilt, deren Dicke der Benutzer angeben kann. Für jede Lamellengrenze werden die Spannungen bestimmt.

Setzungsberechnung

Für die Stauchungen in der Lamelle i gilt (s. Bild 4):

$$\varepsilon_o = \frac{\sigma_{zo}}{E_s'}, \quad \varepsilon_u = \frac{\sigma_{zu}}{E_s'}, \quad \varepsilon_m = \frac{\varepsilon_o + \varepsilon_u}{2}, \quad d_s = \varepsilon_m \cdot d_i$$

mit d_s = Setzungsanteil einer Lamelle mit der Dicke d_i

Hierbei wird für die Ermittlung der jeweiligen Steifeiziffer E_s' in Abhängigkeit von der Höhe der Zusatzspannung σ_z der Wiederbelastungsmodul bzw. die Nichtlinearität berücksichtigt.

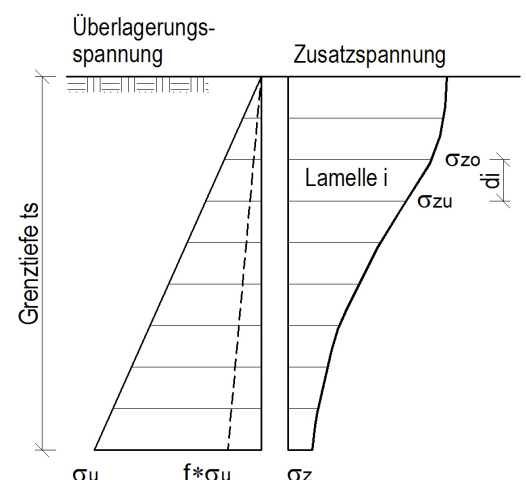
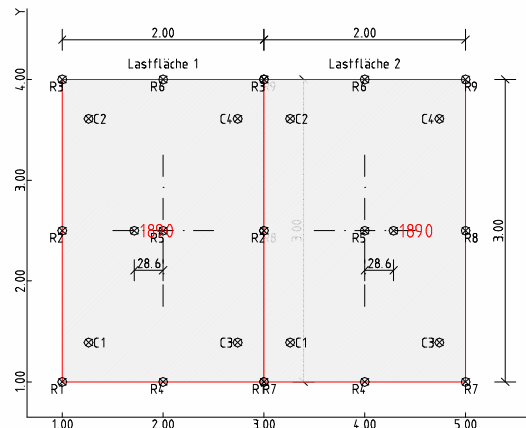


Bild 4: Spannungsberechnung

- [1] DIN V 4019:1996-04
[2] Empfehlungen "Verformungen des Baugrunds bei baulichen Anlagen" – EVB, Ernst & Sohn, 1993
[3] DIN 1054:2005-01
[4] Schultze, E.: Spannungsberechnung. Grundbau-Taschenbuch (1980), Bd.1, S. 167-200

POS. 131 SETZUNGSBERECHNUNG

Allgemeine Setzungsrechnung nach DIN V 4019-100 / EVB (1993)



Bezugshöhe = OK Schicht 1

H = 0.00 m

Kennwerte der Bodenschichten

Nr.	Bodenbezeichnung	Dicke [m]	gamma [kN/m³]	Erstbelastungs-modul Es1 [MN/m²]	wiederbelastungs-modul Es3 [MN/m²]
1	Ton1 (b)	5.00	18.50	5.00	15.00

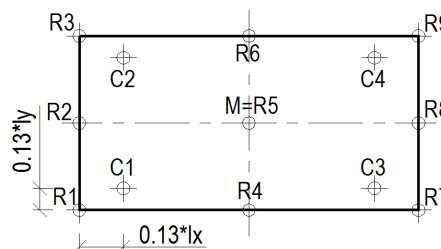
Belastung (rechteckige Lastflächen)

Nr.	Höhe	Eckpunkt P1	Seitenlängen	winkel x-x'	Last Fz	Ausmitten ex'	Vorbelast. ey'	sigma v
		x1 y1	lx' ly'	alpha				
		m		[°]	[kN]	[cm]		[kN/m²]
1	-1.00	1.00 1.00	2.00 3.00	0.00	1890.0	-28.6	0.0	18.5
2	-1.00	3.00 1.00	2.00 3.00	0.00	1890.0	28.6	0.0	18.5

Berechnungsoptionen

- Anpassungsfaktor für errechnete Setzungen kappa = 1.00
- Die Vorbelastung wird durch den wiederbelastungsmodul Es3 berücksichtigt.
- Lamellendicke für Spannungsberechnung ca. d1 <= 0.50 m
- Berechnung der Setzung bis UK letzte Schicht bzw. Grenztiefe ts
- Grenztiefe ts ist erreicht, wenn Zusatzspannung sigma z < 0.20*sigma ü

Punktbezeichnungen



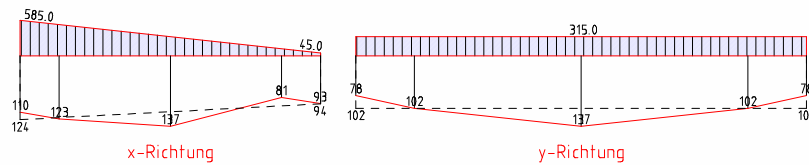
C1-C4: charakteristische Punkte

Berechnung der Setzungen für Lastflächen

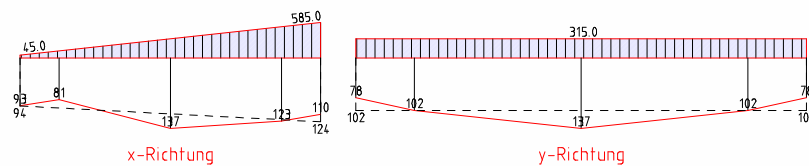
Lastfläche 1: Grenztiefe ts = 5.00 m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	61	110	61	78	137	78	56	93	56	123	123	81	81

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen
x-Richtung: tan ay = -0.015384 Randsetzungen R1 = 124 mm, R4 = 94 mm
y-Richtung: tan ax = 0.000000 Randsetzungen R2 = 102 mm, R3 = 102 mm

Lastfläche 1

Lastfläche 2: Grenztiefe $t_s = 5.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	56	93	56	78	137	78	61	110	61	81	81	123	123

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen
x-Richtung: $\tan a_y = 0.015384$
Randsetzungen R1 = 94 mm, R4 = 124 mm
y-Richtung: $\tan a_x = 0.000000$
Randsetzungen R2 = 102 mm, R3 = 102 mm
Lastfläche 2

Anlage 1 zu Pos.131: Spannungs- und Setzungsverlauf
Spannungs- und Setzungsverteilung für Lastfläche 1 Punkt R2

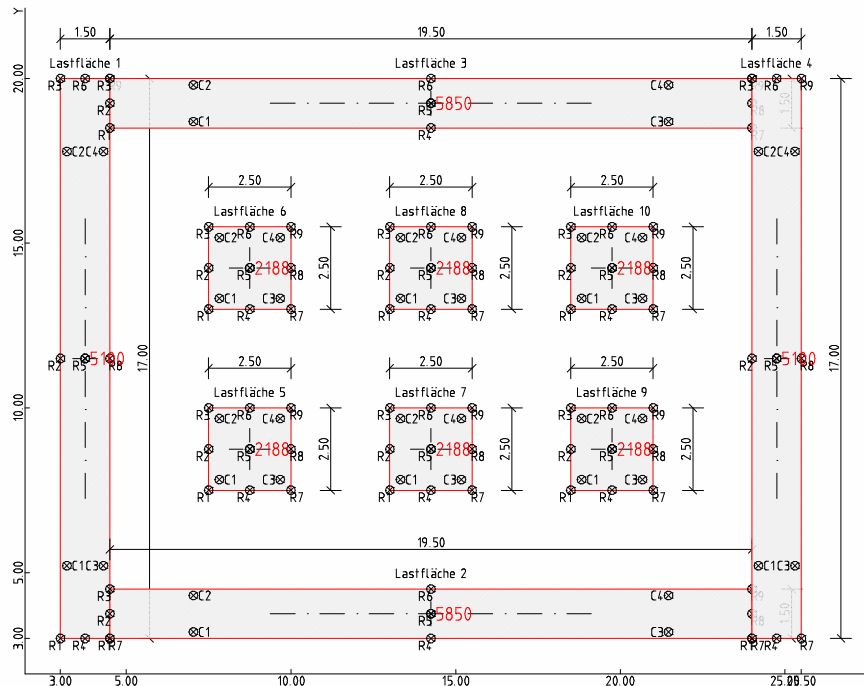
Tiefe z [m]	Lamellen- dicke [m]	sigma ü [—]	sigma z kN/m ²	ges.sigma [—]	Es [MN/m ²]	epsilon [%]	delta s [mm]	Summe s [mm]
1.00	—	0.0	291.8	291.8	5.16	5.650	—	—
1.50	0.50	9.3	248.4	257.7	5.19	4.784	26.09	26.09
2.00	0.50	18.5	202.0	220.5	5.24	3.855	21.60	47.68
2.50	0.50	27.8	160.1	187.9	5.31	3.017	17.18	64.86
3.00	0.50	37.0	127.3	164.3	5.39	2.361	13.44	78.31
3.50	0.50	46.3	103.0	149.2	5.49	1.875	10.59	88.90
4.00	0.50	55.5	85.0	140.5	5.61	1.516	8.48	97.37
4.50	0.50	64.8	71.4	136.2	5.74	1.244	6.90	104.27
5.00	0.50	74.0	60.9	134.9	5.90	1.032	5.69	109.96

Spannungs- und Setzungsverteilung für Lastfläche 1 Punkt C1

Tiefe z [m]	Lamellen- dicke [m]	sigma ü [—]	sigma z kN/m ²	ges.sigma [—]	Es [MN/m ²]	epsilon [%]	delta s [mm]	Summe s [mm]
1.00	—	0.0	515.0	515.0	5.09	10.115	—	—
1.50	0.50	9.3	327.6	336.9	5.15	6.367	41.21	41.21
2.00	0.50	18.5	199.7	218.2	5.24	3.808	25.44	66.64
2.50	0.50	27.8	143.7	171.5	5.34	2.689	16.24	82.89
3.00	0.50	37.0	112.6	149.6	5.45	2.068	11.89	94.78
3.50	0.50	46.3	92.4	138.7	5.56	1.663	9.33	104.11
4.00	0.50	55.5	77.8	133.3	5.67	1.372	7.59	111.69
4.50	0.50	64.8	66.6	131.3	5.81	1.147	6.30	117.99
5.00	0.50	74.0	57.6	131.6	5.96	0.967	5.28	123.28

POS. 132 SETZUNGSBERECHNUNG

Allgemeine Setzungsrechnung nach DIN V 4019-100 / EVB (1993)



Bezugshöhe = OK Schicht 1

H = 0.00 m

Kennwerte der Bodenschichten (Druck-Stauchungs-Diagramm)

Nr.	Dicke [m]	gamma [kN/m³]	Stauchung eps [%] bei Belastung sigma z [kN/m²]	eps(50)	eps(100)	eps(200)	eps(300)	eps(400)	eps(500)
1	5.00	18.00	0.35	0.60	0.90	1.10	1.25	1.35	
2	10.00	12.00	0.60	1.10	1.50	1.75	1.95	2.10	

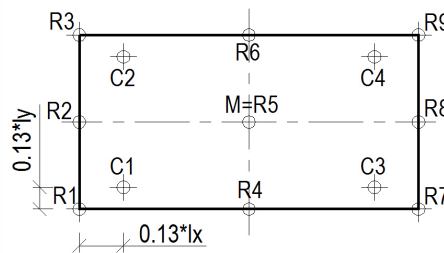
Belastung (rechteckige Lastflächen)

Nr.	Höhe Sohle	Eckpunkt x1 y1	Seitenlängen lx' ly'	winkel x-x' alpha	Last Fz	Ausmitten ex' ey'	Vorbelast. sigma v
1	0.00	3.00 3.00	1.50 17.00	0.00	5100.0	0.0 0.0	18.0
2	0.00	4.50 3.00	19.50 1.50	0.00	5850.0	0.0 0.0	18.0
3	0.00	4.50 18.50	19.50 1.50	0.00	5850.0	0.0 0.0	18.0
4	0.00	24.00 3.00	1.50 17.00	0.00	5100.0	0.0 0.0	18.0
5	0.00	7.50 7.50	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0
6	0.00	7.50 13.00	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0
7	0.00	13.00 7.50	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0
8	0.00	13.00 13.00	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0
9	0.00	18.50 7.50	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0
10	0.00	18.50 13.00	2.50 2.50	0.00	2188.0	0.0 0.0	18.0

Berechnungsoptionen

- Anpassungsfaktor für errechnete Setzungen kappa = 1.00
- Die Vorbelastung wird von der Zusatzspannung abgezogen.
- Lamellendicke für Spannungsberechnung ca. d1 <= 0.50 m
- Berechnung bis Grenztiefe ts = 15.00 m bzw. UK der letzten Schicht

Punktbezeichnungen



C1-C4: charakteristische Punkte

Berechnung der Setzungen für Lastflächen

Lastfläche 1: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	17	25	17	21	30	21	23	28	23	26	26	28	28

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

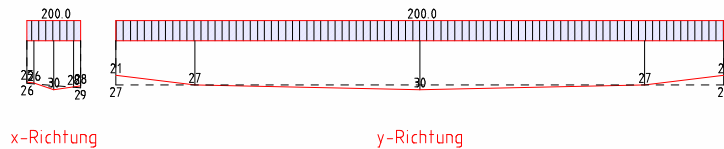
x-Richtung: $\tan a_y = 0.001845$

Randsetzungen R1 = 26 mm, R4 = 29 mm

y-Richtung: $\tan a_x = 0.000000$

Randsetzungen R2 = 27 mm, R3 = 27 mm

Lastfläche 1



Lastfläche 2: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	23	28	28	26	31	28	23	28	28	27	29	27	29

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

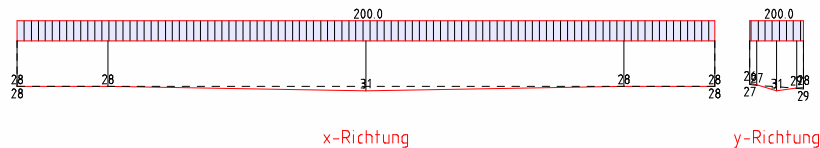
x-Richtung: $\tan a_y = 0.000000$

Randsetzungen R1 = 28 mm, R4 = 28 mm

y-Richtung: $\tan a_x = 0.001712$

Randsetzungen R2 = 27 mm, R3 = 29 mm

Lastfläche 2



Lastfläche 3: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	28	28	23	28	31	26	28	28	23	29	27	29	27

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

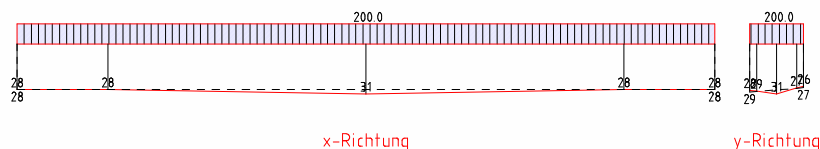
x-Richtung: $\tan a_y = 0.000000$

Randsetzungen R1 = 28 mm, R4 = 28 mm

y-Richtung: $\tan a_x = -0.001712$

Randsetzungen R2 = 29 mm, R3 = 27 mm

Lastfläche 3



Lastfläche 4: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	23	28	23	21	30	21	17	25	17	28	28	26	26

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

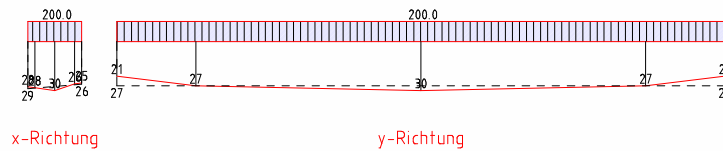
 x-Richtung: $\tan a_y = -0.001845$

Randsetzungen R1 = 29 mm, R4 = 26 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = 0.000000$

Randsetzungen R2 = 27 mm, R3 = 27 mm

Lastfläche 4


 Lastfläche 5: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	30	35	31	35	42	36	31	37	32	37	37	38	38

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

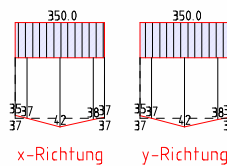
 x-Richtung: $\tan a_y = 0.000434$

Randsetzungen R1 = 37 mm, R4 = 38 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = 0.000364$

Randsetzungen R2 = 37 mm, R3 = 38 mm

Lastfläche 5


 Lastfläche 6: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	31	35	30	36	42	35	32	37	31	37	37	38	38

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

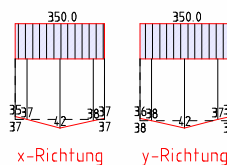
 x-Richtung: $\tan a_y = 0.000434$

Randsetzungen R1 = 37 mm, R4 = 38 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = -0.000364$

Randsetzungen R2 = 38 mm, R3 = 37 mm

Lastfläche 6


 Lastfläche 7: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	32	37	33	36	43	37	32	37	33	38	39	38	39

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

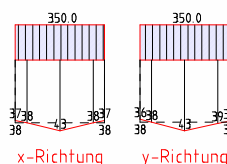
 x-Richtung: $\tan a_y = 0.000000$

Randsetzungen R1 = 38 mm, R4 = 38 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = 0.000412$

Randsetzungen R2 = 38 mm, R3 = 39 mm

Lastfläche 7



Lastfläche 8: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	33	37	32	37	43	36	33	37	32	39	38	39	38

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

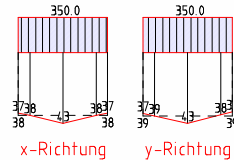
 x-Richtung: $\tan a_y = 0.000000$

Randsetzungen R1 = 38 mm, R4 = 38 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = -0.000412$

Randsetzungen R2 = 39 mm, R3 = 38 mm

Lastfläche 8


 Lastfläche 9: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	31	37	32	35	42	36	30	35	31	38	38	37	37

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

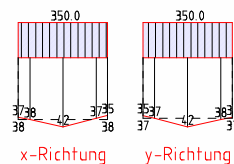
 x-Richtung: $\tan a_y = -0.000434$

Randsetzungen R1 = 38 mm, R4 = 37 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = 0.000364$

Randsetzungen R2 = 37 mm, R3 = 38 mm

Lastfläche 9


 Lastfläche 10: Grenztiefe $t_s = 15.00$ m

Punkt	R1	R2	R3	R4	R5=M	R6	R7	R8	R9	C1	C2	C3	C4
Setzung [mm]	32	37	31	36	42	35	31	35	30	38	38	37	37

Randsetzungen für starres Fundament: Ausgleichsgerade ü. Setzungen in Achsen

 x-Richtung: $\tan a_y = -0.000434$

Randsetzungen R1 = 38 mm, R4 = 37 mm

 y-Richtung: $\tan a_x = -0.000364$

Randsetzungen R2 = 38 mm, R3 = 37 mm

Lastfläche 10

