

## GEO – Beispiel 2: Ermittlung und Verteilung der Lasten aus Schiefstellung

Mit dem Gebäudemodell können die Lasten aus Schiefstellung auf Basis der vertikalen Lasten berechnet werden. Auf den folgenden Seiten werden an einem einfachen, nachvollziehbaren Beispiel die Ergebnisse des Programms einer Handrechnung gegenübergestellt.

### SYSTEMDATEN

```
-----
Anzahl der Geschosse           : 2
Zulässige Bodenpressung       : 250 kN/m²
```

### GESCHOSSEBENEN

```
-----
Geschoss           Oberkante Decke  Geschosshöhe  Deckendicke
Bezeichnung                [m]           [m]           [cm]
-----
OG                   0.00           2.85           20.0
EG                   -2.85          2.85           20.0
```

### GEOMETRIE WÄNDE: DG

```
-----
Wand   Mat   Dicke   xa   ya   xe   ye   Radius
      Nr. [cm]   [m]  [m]  [m]  [m]  [m]  [m]
-----
W1     1    20.0   10.00 10.00 0.00 10.00
W2     1    20.0    0.00 0.00 10.00 0.00
W3     1    20.0    0.00 5.00 10.00 5.00
W4     1    20.0   10.00 0.00 10.00 10.00
```

xa, ya / xe, ye - Koordinaten Wandachse

### GEOMETRIE WÄNDE: EG

```
-----
Wand   Mat   Dicke   xa   ya   xe   ye   Radius
      Nr. [cm]   [m]  [m]  [m]  [m]  [m]  [m]
-----
W1     1    20.0   10.00 10.00 0.00 10.00
W2     1    20.0    0.00 0.00 10.00 0.00
W3     1    20.0    0.00 5.00 10.00 5.00
W4     1    20.0   10.00 0.00 10.00 10.00
```

xa, ya / xe, ye - Koordinaten Wandachse

**Ermittlung der vertikalen Lasten**

**OG und EG**

Die Lasten sind in beiden Geschossen gleich. Deshalb wird hier nur ein Geschoss explizit dargestellt.

**LASTBERECHNUNG:** OG und EG

| ----- |       |         |                          |           |                        |        |                      |
|-------|-------|---------|--------------------------|-----------|------------------------|--------|----------------------|
|       |       |         |                          | G         | Q                      | Σ      | σ                    |
|       |       |         |                          | [kN]      | [kN]                   | [kN]   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| ----- |       |         |                          |           |                        |        |                      |
| OG    | Decke | C 25/30 | d=20 cm                  | OK=2.85 m | A=100.0 m <sup>2</sup> |        |                      |
| ----- |       |         |                          |           |                        |        |                      |
|       | g0    | =       | 5.00 kN/m <sup>2</sup> : | 500.0     |                        | 500.0  | Platte               |
|       | g1    | =       | 2.50 kN/m <sup>2</sup> : | 250.0     |                        | 250.0  |                      |
|       | q1    | =       | 3.50 kN/m <sup>2</sup> : |           | 350.0                  | 350.0  |                      |
| ----- |       |         |                          |           |                        |        |                      |
|       | Summe |         |                          | 750.0     | 350.0                  | 1100.0 |                      |
| ----- |       |         |                          |           |                        |        |                      |

OG Summe Eigengewichte

| ----- |                               |  |  |        |       |        |  |
|-------|-------------------------------|--|--|--------|-------|--------|--|
|       | Wände                         |  |  | 530.0  |       | 530.0  |  |
| ----- |                               |  |  |        |       |        |  |
|       | Summe                         |  |  | 530.0  |       | 530.0  |  |
| ----- |                               |  |  |        |       |        |  |
|       | Eigengewichte + Eingabelasten |  |  | 1280.0 | 350.0 | 1630.0 |  |

OG Wände

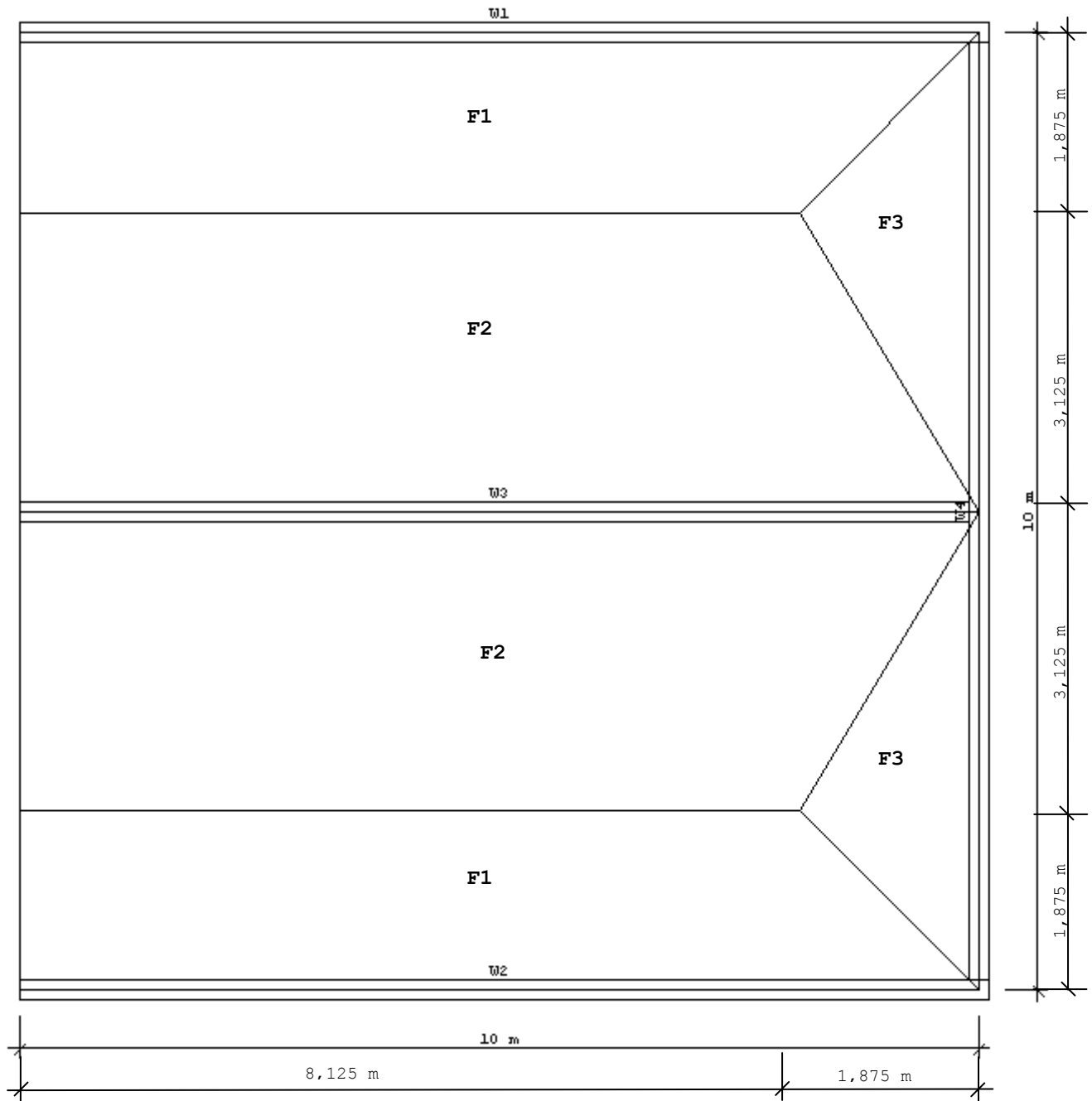
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
|-------|-------------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|
| W1    | C 25/30     | b=20cm | L=10.1m |       |       |       |       |
|       | aus Überbau |        | 0.0     | 0.0   | 0.0   |       |       |
|       | aus Decke   |        | 1       | 127.6 | 59.5  | 3     | 187.1 |
|       | aus Wand W1 |        |         | 132.5 | 2     |       | 132.5 |
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
|       | Summe       |        |         | 260.1 | 59.5  | 319.6 | -0.16 |
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
| W2    | C 25/30     | b=20cm | L=10.1m |       |       |       |       |
|       | aus Überbau |        | 0.0     | 0.0   | 0.0   |       |       |
|       | aus Decke   |        | 1       | 127.6 | 59.5  | 3     | 187.1 |
|       | aus Wand W2 |        |         | 132.5 | 2     |       | 132.5 |
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
|       | Summe       |        |         | 260.1 | 59.5  | 319.6 | -0.16 |
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
| W3    | C 25/30     | b=20cm | L=9.9m  |       |       |       |       |
|       | aus Überbau |        | 0.0     | 0.0   | 0.0   |       |       |
|       | aus Decke   |        | 4       | 430.2 | 200.8 | 6     | 631.0 |
|       | aus Wand W3 |        |         | 132.5 | 5     |       | 132.5 |
| ----- |             |        |         |       |       |       |       |
|       | Summe       |        |         | 562.7 | 200.8 | 763.5 | -0.39 |

|       |             |        |        |       |        |
|-------|-------------|--------|--------|-------|--------|
| ----- |             |        |        |       |        |
| W4    | C 25/30     | b=20cm | L=9.8m |       |        |
|       | aus Überbau |        | 0.0    | 0.0   | 0.0    |
|       | aus Decke   |        | 64.6   | 30.1  | 94.8   |
|       | aus Wand W4 |        | 132.5  |       | 132.5  |
| ----- |             |        |        |       |        |
|       | Summe       |        | 197.1  | 30.1  | 227.3  |
|       |             |        |        |       | -0.12  |
| ----- |             |        |        |       |        |
| Wände | Summe OG    |        | 1280.0 | 350.0 | 1630.0 |
| ----- |             |        |        |       |        |
| Summe | OG          |        | 1280.0 | 350.0 | 1630.0 |
| ----- |             |        |        |       |        |

**Handrechnung:**

Lasteinflussflächen

Hinweis: Diese Annahme der Lastverteilung entspricht der Annahme einer starren Lagerung im Rechenmodell. Bei Annahme von Federsteifigkeiten kann die Verteilung der Vertikallasten von dieser Lastverteilung deutlich abweichen.



$$F1 = \frac{(10,0 + 8,125)}{2} \cdot 1,875 = 17,0 \text{ m}^2$$

$$F2 = \frac{(10,0 + 8,125)}{2} \cdot 3,125 = 28,3 \text{ m}^2$$

$$F3 = \frac{5,0 \cdot 1,875}{2} = 4,7 \text{ m}^2$$

| <b>Belastung je Wand</b> (lichte Höhe 2,65 m) |   | Ständig (7,5 kN/m <sup>2</sup> ) | Veränderlich (3,5 kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Wand W1 = Wand W2</b>                      | <b>aus Decke</b><br>(F1 = 17,0 m <sup>2</sup> )     | 127,5 kN                         | 59,5 kN                               |
|   | <b>aus Wandeigengewicht</b><br>(L = 10,0 m)         | 132,5 kN                         |                                       |
| <b>Wand W3</b>                                | <b>aus Decke</b><br>(2 · F2 = 56,6 m <sup>2</sup> ) | 424,5 kN                         | 198,1 kN                              |
|   | <b>aus Wandeigengewicht</b><br>(L = 10,0 m)         | 132,5 kN                         |                                       |
| <b>Wand W4</b>                                | <b>aus Decke</b><br>(2 · F3 = 9,4 m <sup>2</sup> )  | 70,5 kN                          | 32,9 kN                               |
|   | <b>aus Wandeigengewicht</b><br>(L = 10,0 m)         | 132,5 kN                         |                                       |
| <b>Summe</b>                                  |   | <b>1280,0 kN</b>                 | <b>350,0 kN</b>                       |

Geringfügige Abweichungen bei den Lastanteilen aus der Decke ergeben sich aus der relativ groben Annahme der Lasteinflussflächen.

### Ermittlung der Lasten aus Schiefstellung (DIN 1045-1, 7.2)

Am Beispiel der Schiefstellung in x- Richtung werden hier die maßgebenden Werte in der Handrechnung nachvollzogen.

ständig

**Schiefstellung Richtung X** ( nach DIN 1045-1 2001-07 )  
 Art der vertikalen Lasten: Summen G-Lasten ( ständige )  
 Schiefstellungswinkel :  $\alpha_{a1} = 0.00419$  ( Bogenmaß )

| Geschoss<br>Bezeichnung | Summe VL<br>[kN] | n<br>alle | n<br>70% | $\alpha_n$ | $\alpha_{a1}$ <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">10</span><br>reduziert | H <sub>x</sub> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">11</span><br>[kN] | Y <sub>s</sub><br>[m] |
|-------------------------|------------------|-----------|----------|------------|---|---|-----------------------|
| OG                      | 1280.000         | 4         | 3        | 0.82       | 0.00342   | 4.38  | 5.00                  |
| EG                      | 1280.000         | 4         | 3        | 0.82       | 0.00342   | 4.38  | 5.00                  |

Summe VL - Summe Vertikallasten / G-Lasten ( ständige ) /  
 der lotrechten aussteifenden Bauteile.  
 n alle - Anzahl der lotrechten aussteifenden Bauteilen.  
 n 70% - Anzahl der lotrechten aussteifenden Bauteilen, die  
 mindestens 70% der gemittelten vert. Kraft aufnehmen.  
 $\alpha_n$  - Abminderungsfaktor, beim Zusammenwirken von n  
 lotrechten Bauteilen.  
 $\alpha_{a1}$  reduziert - Schiefstellungswinkel, reduziert durch  $\alpha_n$   
 H<sub>x</sub>, H<sub>y</sub> - Ersatzhorizontalkraft.  
 X<sub>s</sub>, Y<sub>s</sub> - Schwerpunkt-Koordinate der Decke.

veränderlich

**Schiefstellung Richtung X** ( nach DIN 1045-1 2001-07 )  
 Art der vertikalen Lasten: Summen Q-Lasten (veränderliche)  
 Schiefstellungswinkel :  $\alpha_{a1} = 0.00419$  ( Bogenmaß )

| Geschoss<br>Bezeichnung | Summe VL<br>[kN] | n<br>alle | n<br>70% | $\alpha_n$ | $\alpha_{a1}$ <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">12</span><br>reduziert | H <sub>x</sub> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">13</span><br>[kN] | Y <sub>s</sub><br>[m] |
|-------------------------|------------------|-----------|----------|------------|---|---|-----------------------|
| OG                      | 350.000          | 4         | 1        | 1.00       | 0.00419   | 1.47  | 5.00                  |
| EG                      | 350.000          | 4         | 1        | 1.00       | 0.00419   | 1.47  | 5.00                  |

**Handrechnung**

$$h_{\text{ges}} = 2 \cdot 2,85 = 5,70 \text{ m}$$

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{5,70}} = 0,00419$$

Sind mehrere lastabtragende Bauteile nebeneinander, darf  $\alpha_{a1}$  mit dem Faktor  $\alpha_n$  abgemindert werden. Als lastabtragend gelten die lotrechten Bauteile dann, wenn sie mindestens 70 % der mittleren Längskraft  $N_{\text{Ed,m}}$  aufnehmen.

Ständige Last:

$$N_{\text{Ed}} = 1,35 \cdot 1280,0 = 1728,0 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed,m}} = 1728,0 / 4 = 432,0 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungslast W1 und W2: } N_{1,2} = 1,35 \cdot (127,5 + 132,5) = 351,0 \text{ kN}$$

$$N_{1,2}/N_{\text{Ed,m}} = 351,0 / 432,0 = 0,81 \text{ (81 \%)}$$

$$\text{Bemessungslast W3 } N_3 = 1,35 \cdot (424,5 + 132,5) = 752,0 \text{ kN}$$

$$N_3/N_{\text{Ed,m}} = 752,0 / 432,0 = 1,74 \text{ (174 \%)}$$

$$\text{Bemessungslast W4 } N_4 = 1,35 \cdot (70,5 + 132,5) = 274,0 \text{ kN}$$

$$N_4/N_{\text{Ed,m}} = 274,0 / 432,0 = 0,63 \text{ (63 \%)}$$

Die Wände W1 – W3 gelten als lastabtragend

$$\alpha_n = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 0,8165$$

$$\alpha_{a1, \text{red}} = \alpha_{a1} \cdot \alpha_n = 0,00419 \cdot 0,8165 = 0,00342 \quad (10)$$

Ermittlung der Horizontallast aus Schiefstellung OG und EG

$$H_G = 1280,0 \cdot 0,00342 = 4,38 \text{ kN} \quad (11)$$

Veränderliche Last:

$$N_{Ed} = 1,5 \cdot 350,0 = 525,0 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,m} = 525,0 / 4 = 131,3 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungslast W1 und W2: } N_{1,2} = 1,5 \cdot (59,5) = 89,3 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} N_{1,2}/N_{Ed,m} &= 89,3 / 131,3 = 0,68 \text{ (68} \\ \% \end{aligned}$$

$$\text{Bemessungslast W3} \quad N_3 = 1,5 \cdot (198,1) = 297,2 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} N_3/N_{Ed,m} &= 297,2 / 131,3 = 2,26 \text{ (226} \\ \% \end{aligned}$$

$$\text{Bemessungslast W4} \quad N_4 = 1,5 \cdot (32,9) = 49,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} N_4/N_{Ed,m} &= 49,4 / 131,3 = 0,38 \text{ (38} \\ \% \end{aligned}$$

Nur die Wand W3 gilt als lastabtragend

$$\alpha_n = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{1}\right)} = 1,000$$

$$\alpha_{a1,red} = \alpha_{a1} \cdot \alpha_n = 0,00419 \cdot 1,0 = 0,00419 \quad (12)$$

Ermittlung der Horizontallasten aus Schiefstellung OG und EG

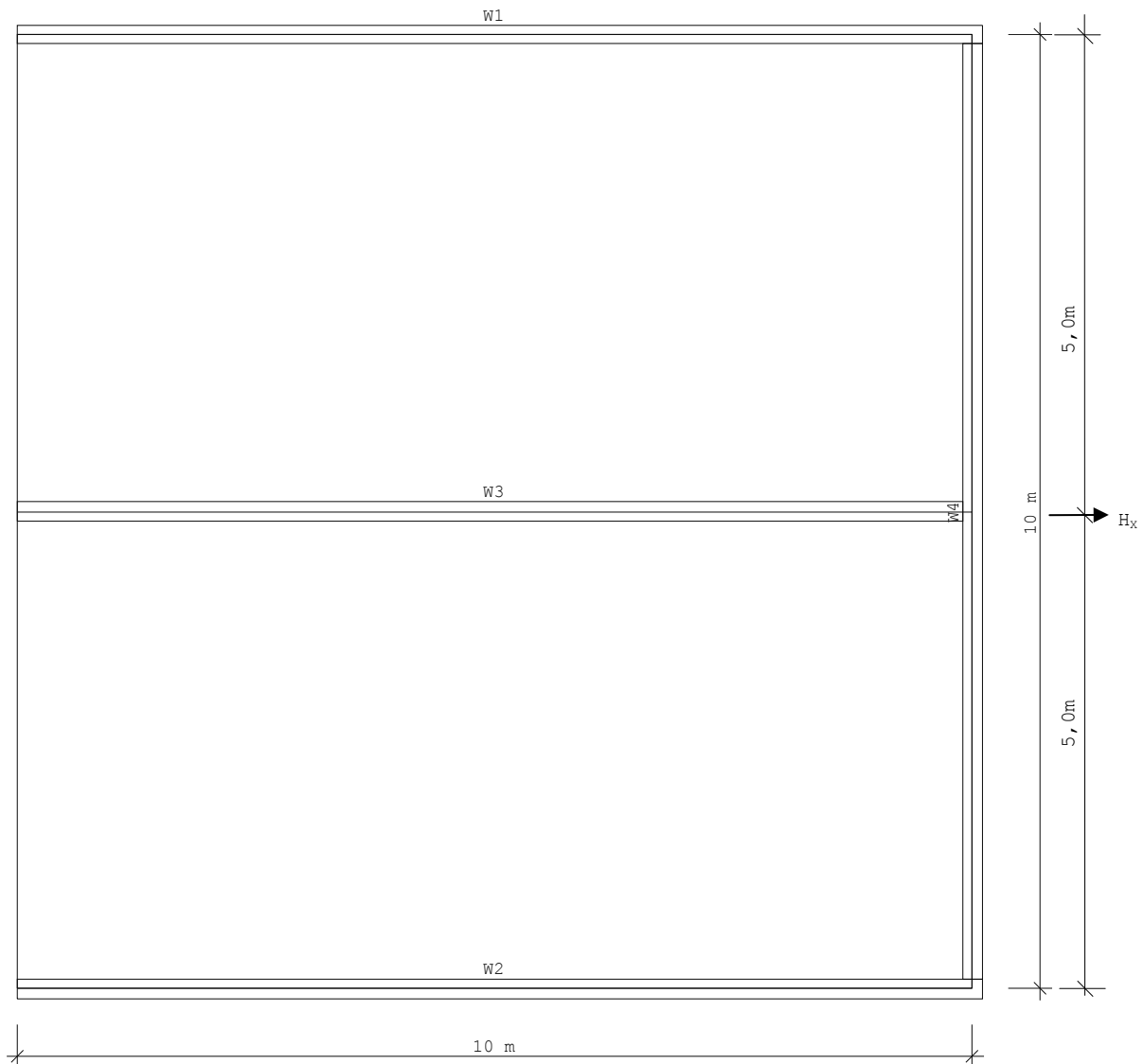
$$H_Q = 350,0 \cdot 0,00419 = 1,47 \text{ kN} \quad (13)$$



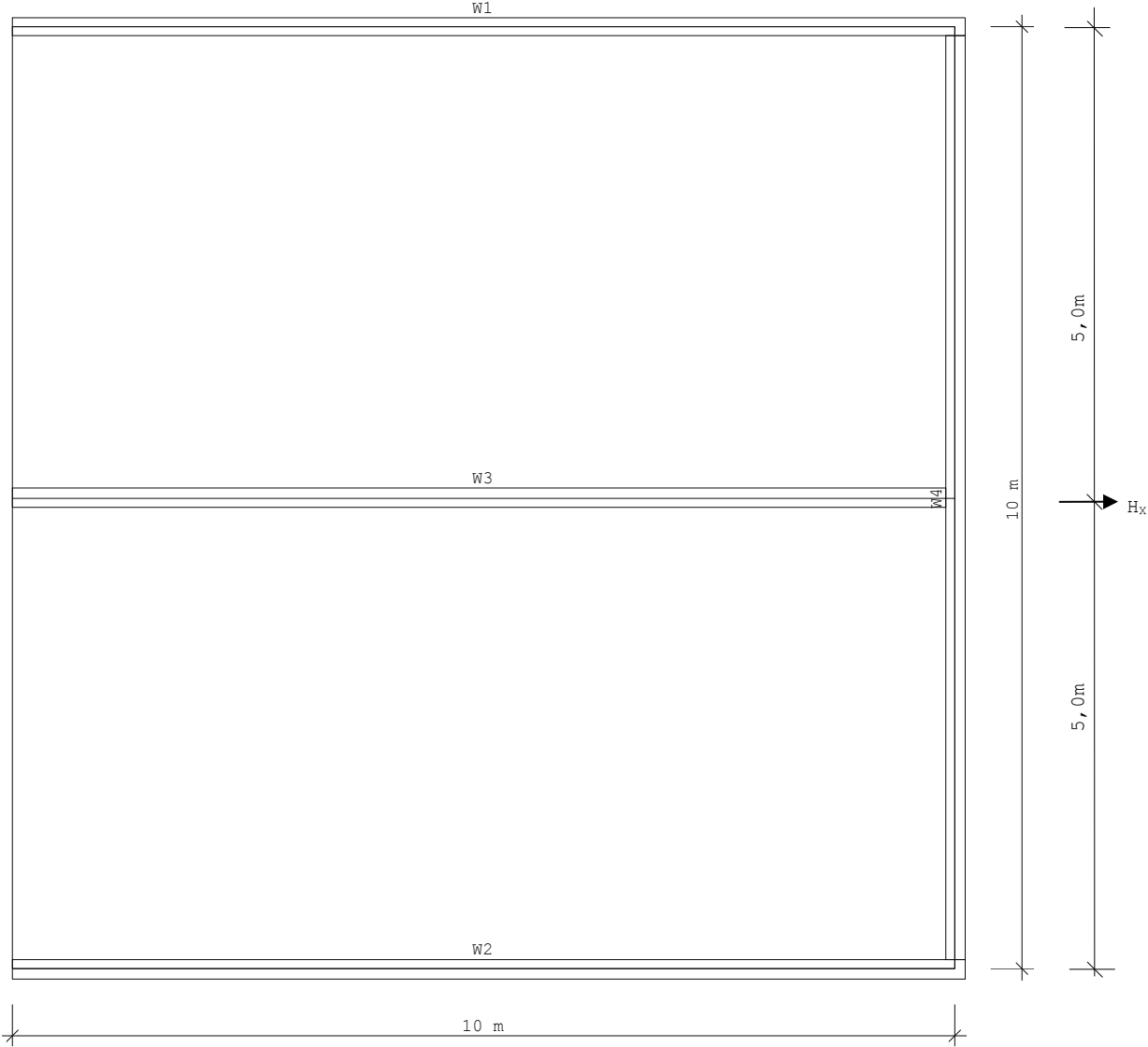
**Verteilung der Lasten aus Schiefstellung**

X- Richtung

Grundriss OG  
Maßstab 1 : 75



Grundriss EG  
Maßstab 1 : 75



**Verteilung Horizontallasten OG**  
**Lastfall: Schiefstellung Hx G**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | F <sub>x</sub><br>[kN] | F <sub>y</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| W1                      | 1.49                   | 0.00                   |
| W2                      | 1.49                   | 0.00                   |
| W3                      | 1.40                   | 0.00                   |
| W4                      | 0.00                   | 0.00                   |
| Summe:                  | 4.37                   | 0.00                   |

**Verteilung Horizontallasten OG**  
**Lastfall: Schiefstellung Hx Q**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | F <sub>x</sub><br>[kN] | F <sub>y</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| W1                      | 0.50                   | 0.00                   |
| W2                      | 0.50                   | 0.00                   |
| W3                      | 0.47                   | 0.00                   |
| W4                      | 0.00                   | 0.00                   |
| Summe:                  | 1.47                   | 0.00                   |

**Verteilung Horizontallasten EG**  
**Lastfall: Schiefstellung Hx G**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | F <sub>x</sub><br>[kN] | F <sub>y</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| W1                      | 2.98                   | 0.00                   |
| W2                      | 2.98                   | 0.00                   |
| W3                      | 2.80                   | 0.00                   |
| W4                      | 0.00                   | 0.00                   |
| Summe:                  | 8.76                   | 0.00                   |

**Verteilung Horizontallasten EG**  
**Lastfall: Schiefstellung Hx Q**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | F <sub>x</sub><br>[kN] | F <sub>y</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| W1                      | 1.00                   | 0.00                   |
| W2                      | 1.00                   | 0.00                   |
| W3                      | 0.94                   | 0.00                   |
| W4                      | 0.00                   | 0.00                   |
| Summe:                  | 2.93                   | 0.00                   |

**Handrechnung**OG

Steifigkeiten für die Horizontallastverteilung

(Die im Verhältnis geringe Biegesteifigkeit der Wände quer zur Wandachse wird vernachlässigt)

$$W1 = W2: \quad I_{1,2} = \frac{10,1 \cdot 0,2}{12} = 17,172 \text{ m}^4$$

$$W3 = \quad I_3 = \frac{9,9 \cdot 0,2}{12} = 16,172 \text{ m}^4$$

$$\text{Summe } I = 2 \cdot 17,172 + 16,172 = 50,515 \text{ m}^4$$

Verteilung der Horizontallast  $H_G$  (gesamte H- Last 4,37 kN)

$$W1 = W2: \quad H_{1,2,x} = \frac{4,37 \cdot 17,172}{50,515} = 1,5 \text{ kN} \quad (14)$$

$$W3 = \quad H_{3,x} = \frac{4,37 \cdot 16,172}{50,515} = 1,4 \text{ kN} \quad (15)$$

Verteilung der Horizontallast  $H_Q$  (gesamte H- Last 1,47 kN)

$$W1 = W2: \quad H_{1,2,x} = \frac{1,47 \cdot 17,172}{50,515} = 0,5 \text{ kN} \quad (16)$$

$$W3 = \quad H_{3,x} = \frac{1,47 \cdot 16,172}{50,515} = 0,5 \text{ kN} \quad (17)$$

EG

Steifigkeiten für die Horizontallastverteilung wie OG

Verteilung der Horizontallast  $H_G$  (H- Last 4,37 kN aus DG + 4,37 kN aus EG)

$$W1 = W2: \quad H_{1,2,x} = \frac{8,74 \cdot 17,172}{50,515} = 3,0 \text{ kN} \quad (18)$$

$$W3 = \quad H_{3,x} = \frac{8,74 \cdot 16,172}{50,515} = 2,8 \text{ kN} \quad (19)$$

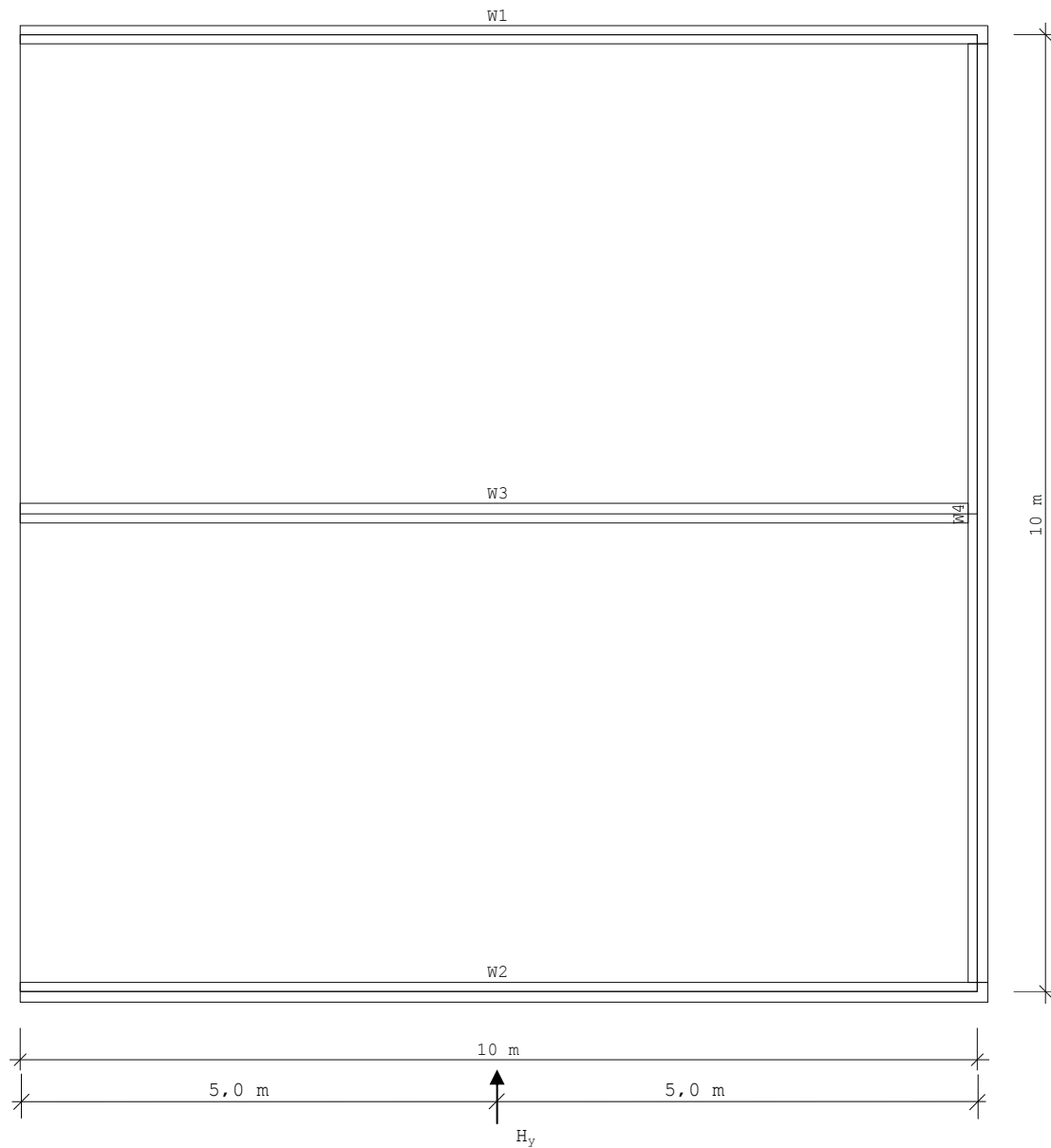
Verteilung der Horizontallast  $H_Q$  (H- Last 1,47 kN aus DG + 1,47 kN aus EG)

$$W1 = W2: \quad H_{1,2,x} = \frac{2,94 \cdot 17,172}{50,515} = 1,0 \text{ kN} \quad (20)$$

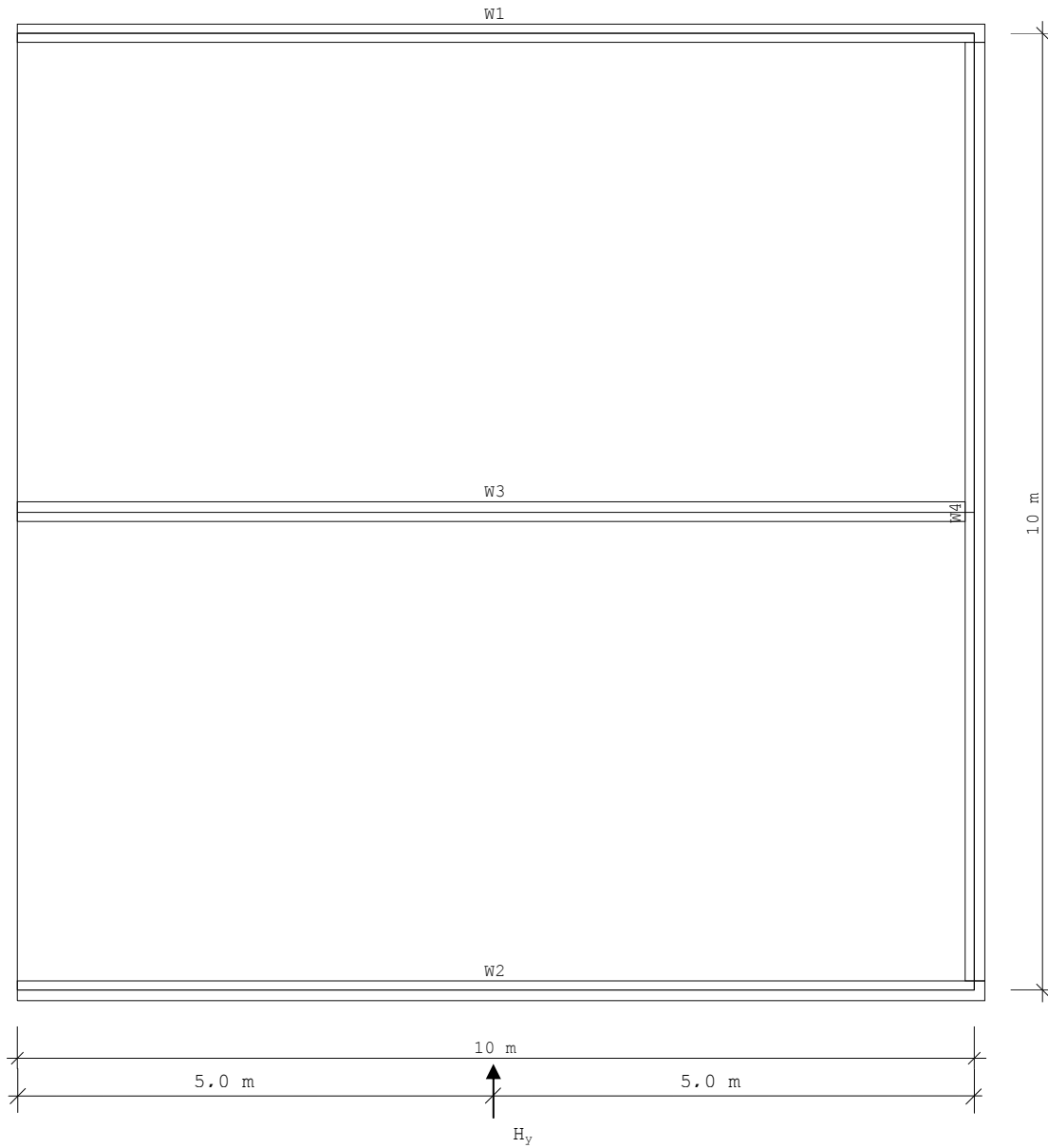
$$W3 = \quad H_{3,x} = \frac{2,94 \cdot 16,172}{50,515} = 0,9 \text{ kN} \quad (21)$$

Y- Richtung

Grundriss OG  
Maßstab 1 : 75



Grundriss EG  
Maßstab 1 : 75



**Verteilung Horizontallasten OG****Lastfall: Schiefstellung Hy G**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | Fx<br>[kN] | Fy<br>[kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1                      | 2.18 (22)  | 0.00       |
| W2                      | -2.18      | 0.00       |
| W3                      | 0.00       | 0.00       |
| W4                      | 0.00       | 4.37 (23)  |
| Summe:                  | 0.00       | 4.38       |

**Verteilung Horizontallasten OG****Lastfall: Schiefstellung Hy Q**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | Fx<br>[kN] | Fy<br>[kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1                      | -0.73 (24) | -0.00      |
| W2                      | 0.73       | -0.00      |
| W3                      | 0.00       | -0.00      |
| W4                      | 0.00       | -1.46 (25) |
| Summe:                  | 0.00       | -1.47      |

**Verteilung Horizontallasten EG****Lastfall: Schiefstellung Hy G**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | Fx<br>[kN] | Fy<br>[kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1                      | 4.37 (26)  | 0.01       |
| W2                      | -4.37      | 0.01       |
| W3                      | 0.00       | 0.01       |
| W4                      | 0.00       | 8.74 (27)  |
| Summe:                  | 0.00       | 8.76       |

**Verteilung Horizontallasten EG****Lastfall: Schiefstellung Hy Q**

| Wandpfeiler/<br>Stützen | Fx<br>[kN] | Fy<br>[kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1                      | -1.46      | -0.00      |
| W2                      | 1.46 (28)  | -0.00      |
| W3                      | 0.00       | -0.00      |
| W4                      | 0.00       | -2.93 (29) |
| Summe:                  | 0.00       | -2.93      |



**Handrechnung**OGVerteilung der Horizontallast  $H_G$  (gesamte H- Last 4,37 kN)

$$W4: H_{G,4,y} = 4,37 \text{ kN} \quad (23)$$

Moment aus Lastexzentrizität

$$M = 4,37 \cdot 5,0 \text{ m} = 21,9 \text{ kNm}$$

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

$$H_{G,1,2,y} = \frac{21,9 \text{ kNm}}{10,0 \text{ m}} = 2,2 \text{ kN} \quad (22)$$

Verteilung der Horizontallast  $H_Q$  (gesamte H- Last 1,47 kN)

$$W4: H_{Q,4,y} = 1,47 \text{ kN} \quad (25)$$

Moment aus Lastexzentrizität

$$M = 1,47 \text{ kN} \cdot 5,0 \text{ m} = 7,35 \text{ kNm}$$

Das Moment wird durch ein Kräftepaar in den Wänden W1 und W2 aufgenommen

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

$$H_{Q,1,2,y} = \frac{7,35 \text{ kNm}}{10,0 \text{ m}} = 0,7 \text{ kN} \quad (24)$$

EGVerteilung der Horizontallast  $H_G$  (H- Last 4,37 kN aus DG 4,37 kN aus EG)

$$W4: H_{G,4,y} = 8,74 \text{ kN} \quad (27)$$

Moment aus Lastexzentrizität

$$M = 9,74 \cdot 5,0 \text{ m} = 43,7 \text{ kNm}$$

Das Moment wird durch ein Kräftepaar in den Wänden W1 und W2 aufgenommen

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

$$H_{G,1,2,y} = \frac{43,7 \text{ kNm}}{10,0 \text{ m}} = 4,4 \text{ kN} \quad (26)$$

Verteilung der Horizontallast  $H_Q$  (H- Last 1,47 kN aus DG 1,47 kN aus EG)

$$H_{Q,4,y} = 2,94 \text{ kN} \quad (29)$$

Moment aus Lastexzentrizität

$$M = 2,94 \cdot 5,0 \text{ m} = 14,7 \text{ kNm}$$

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

$$H_{G,1,2,y} = \frac{14,7 \text{ kNm}}{10,0 \text{ m}} = 1,5 \text{ kN} \quad (28)$$