

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.

Die blauen nummerierten Buttons im PDF-Dokument können Sie anklicken, um an das entsprechende Vergleichsergebnis der Handrechnung bzw. (zurück) zur FRILO-Ausgabe zu gelangen.

SYSTEMDATEN

Anzahl der Geschosse : 2

Zulässige Bodenpressung : 250 kN/m²

GESCHOSSEBENEN

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

GEOMETRIE WÄNDE: DG

| Wand | Mat Nr. | Dicke [cm] | xa [m] | ya [m] | xe [m] | ye [m] | Radius [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 Nr. | Dicke [cm] | xa [m] | ya [m] | xe [m] | ye [m] | Radius [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

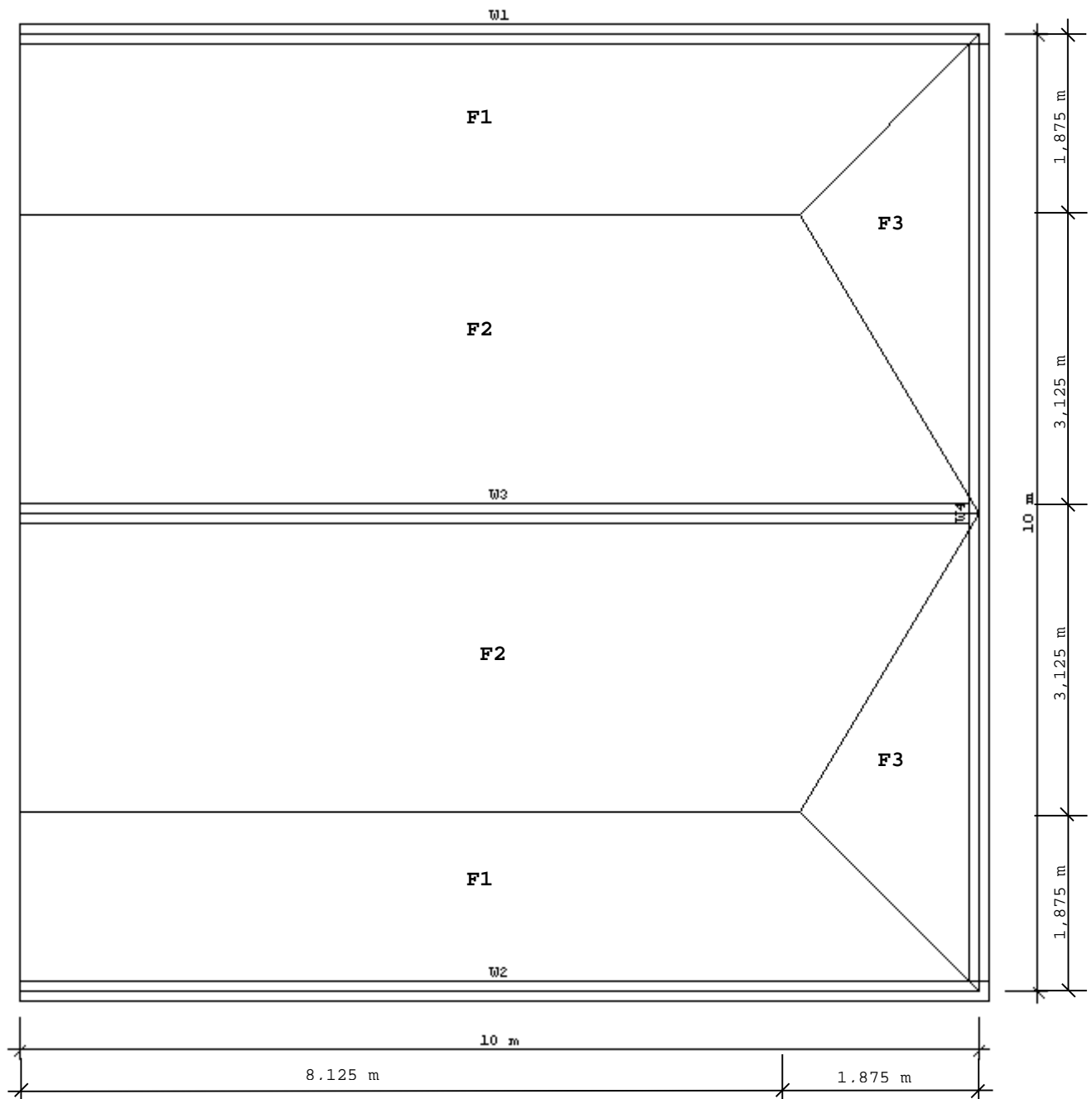
| | | | | G [kN] | Q [kN] | Σ [kN] | σ [N/mm ²] |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------|---------|-----------|------------------------|-----------|---------------------------|
| OG | | | | | | | |
| | Decke | C 25/30 | d=20 cm | OK=2.85 m | A=100.0 m ² | | |
| | g0 | = 5.00 kN/m ² : | | 500.0 | | 500.0 | Platte |
| | g1 | = 2.50 kN/m ² : | | 250.0 | | 250.0 | |
| | q1 | = 3.50 kN/m ² : | | | 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 | | | 127.6 | 59.5 | 187.1 | |
| | aus Wand W1 | | | 132.5 | | 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 | | | 127.6 | 59.5 | 187.1 | |
| | aus Wand W2 | | | 132.5 | | 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 | | | 430.2 | 200.8 | 631.0 | |
| | aus Wand W3 | | | 132.5 | | 132.5 | |
| | Summe | | | 562.7 | 200.8 | 763.5 | -0.39 |

| | | | | | | |
|-------|-------------|--------|--------|-------|--------|-------|
| <hr/> | | | | | | |
| 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 | |
| <hr/> | | | | | | |
| | Summe | | 197.1 | 30.1 | 227.3 | -0.12 |
| <hr/> | | | | | | |
| Wände | Summe OG | | 1280.0 | 350.0 | 1630.0 | |
| <hr/> | | | | | | |
| Summe | OG | | 1280.0 | 350.0 | 1630.0 | |
| <hr/> | | | | | | |

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.



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

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

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

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

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 : $\alpha_1 = 0.00419$ (Bogenmaß)

| Geschoss Bezeichnung | Summe VL [kN] | n alle | n 70% | α_n | α_1 reduziert | Hx [kN] | Ys [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.

α_n - Abminderungsfaktor, beim Zusammenwirken von n lotrechten Bauteilen.

α_1 reduziert - Schiefstellungswinkel, reduziert durch α_n

Hx, Hy - Ersatzhorizontalkraft.

Xs, Ys - Schwerpunkt-Koordinate der Decke.

veränderlich

Schiefstellung Richtung X (nach DIN 1045-1 2001-07)

Art der vertikalen Lasten: Summen Q-Lasten (veränderliche)

Schiefstellungswinkel : $\alpha_1 = 0.00419$ (Bogenmaß)

| Geschoss Bezeichnung | Summe VL [kN] | n alle | n 70% | α_n | α_1 reduziert | Hx [kN] | Ys [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 α_{a1} mit dem Faktor α_n abgemindert werden. Als lastabtragend gelten die lotrechten Bauteile dann, wenn sie mindestens 70 % der mittleren Längskraft $N_{\text{Ed,m}}$ aufnehmen.

Ständige Last:

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

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

$$\begin{aligned} \text{Bemessungslast W1 und W2: } N_{1,2} &= 1,35 \cdot (127,5 + 132,5) = 351,0 \text{ kN} \\ N_{1,2}/N_{\text{Ed,m}} &= 351,0 / 432,0 = 0,81 \text{ (81 \%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bemessungslast W3} \quad N_3 &= 1,35 \cdot (424,5 + 132,5) = 752,0 \text{ kN} \\ N_3/N_{\text{Ed,m}} &= 752,0 / 432,0 = 1,74 \text{ (174 \%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bemessungslast W4} \quad N_4 &= 1,35 \cdot (70,5 + 132,5) = 274,0 \text{ kN} \\ N_4/N_{\text{Ed,m}} &= 274,0 / 432,0 = 0,63 \text{ (63 \%)} \end{aligned}$$

Die Wände W1 – W3 gelten als lastabtragend

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

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

Ermittlung der Horizontallast aus Schiefstellung OG und EG

$$H_G = 1280,0 \cdot 0,00342 = 4,38 \text{ kN}$$

10

11

Veränderliche Last:

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

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

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

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

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

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

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

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

Nur die Wand W3 gilt als lastabtragend

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

12

$$\alpha_{a1,red} = \alpha_{a1} \cdot \alpha_n = 0,00419 \cdot 1,0 = 0,00419$$

13

Ermittlung der Horizontallasten aus Schiefstellung OG und EG

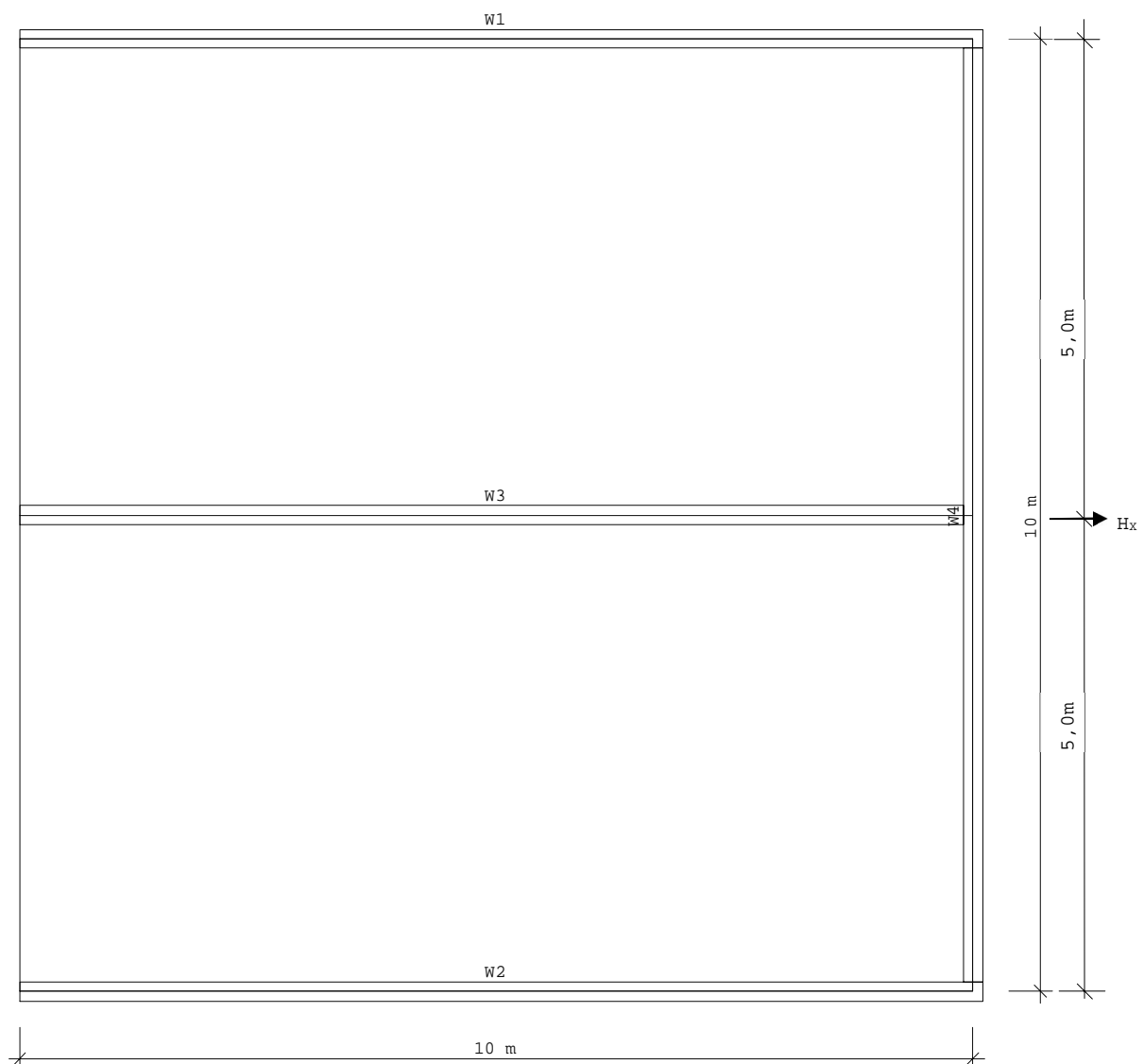
$$H_Q = 350,0 \cdot 0,00419$$

$$= 1,47 \text{ kN}$$

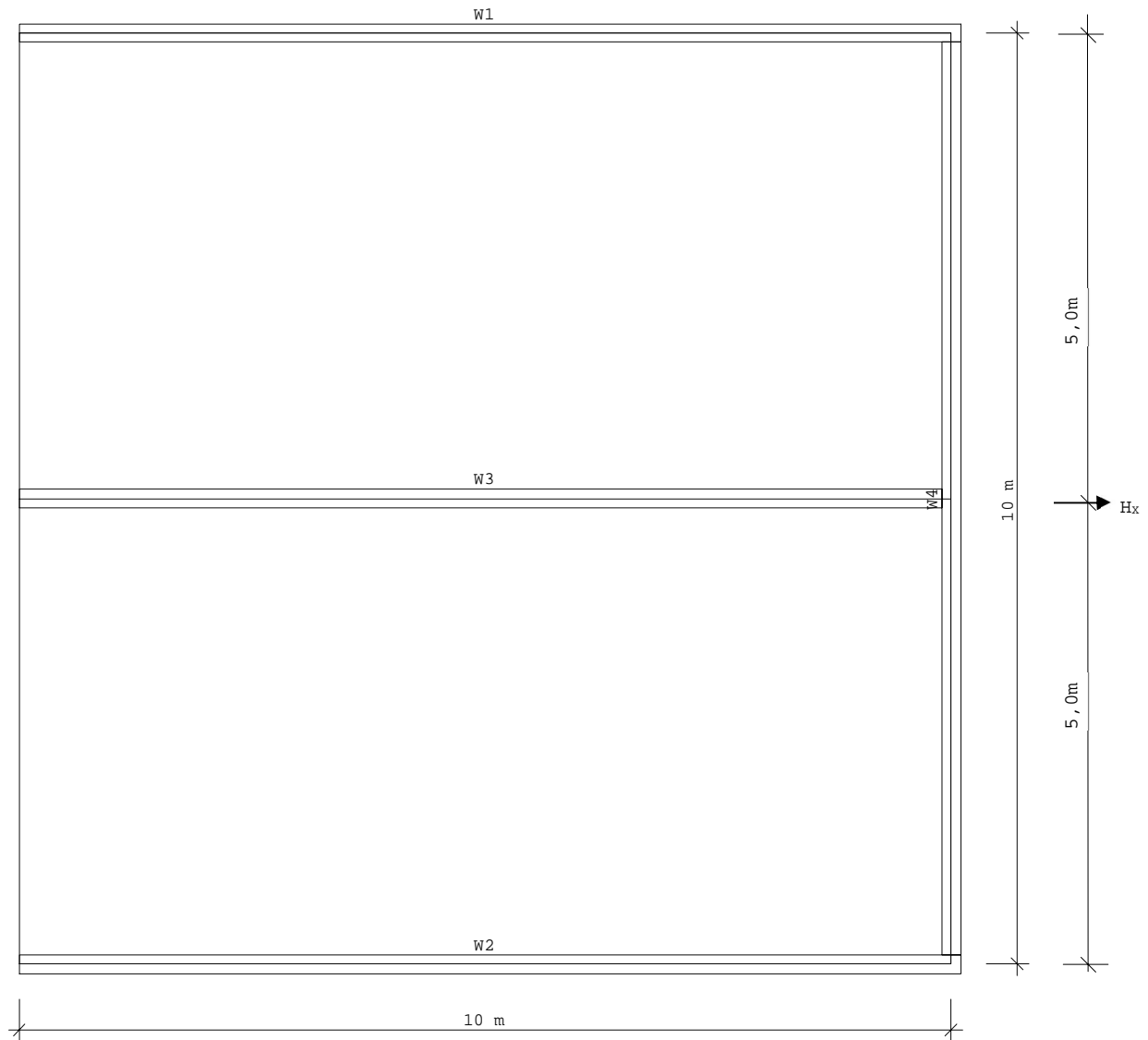
Verteilung der Lasten aus Schiefstellung

X- Richtung

Grundriss OG
Maßstab 1 : 75



Grundriss EG
Maßstab 1 : 75



Verteilung Horizontallasten OG
Lastfall: Schiefstellung Hx G

| Wandpfeiler/ Stützen | Fx [kN] | Fy [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/ Stützen | Fx [kN] | Fy [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/ Stützen | Fx [kN] | Fy [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/ Stützen | Fx [kN] | Fy [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)

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

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

14

15

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

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

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

16

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)

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

18

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

19

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

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

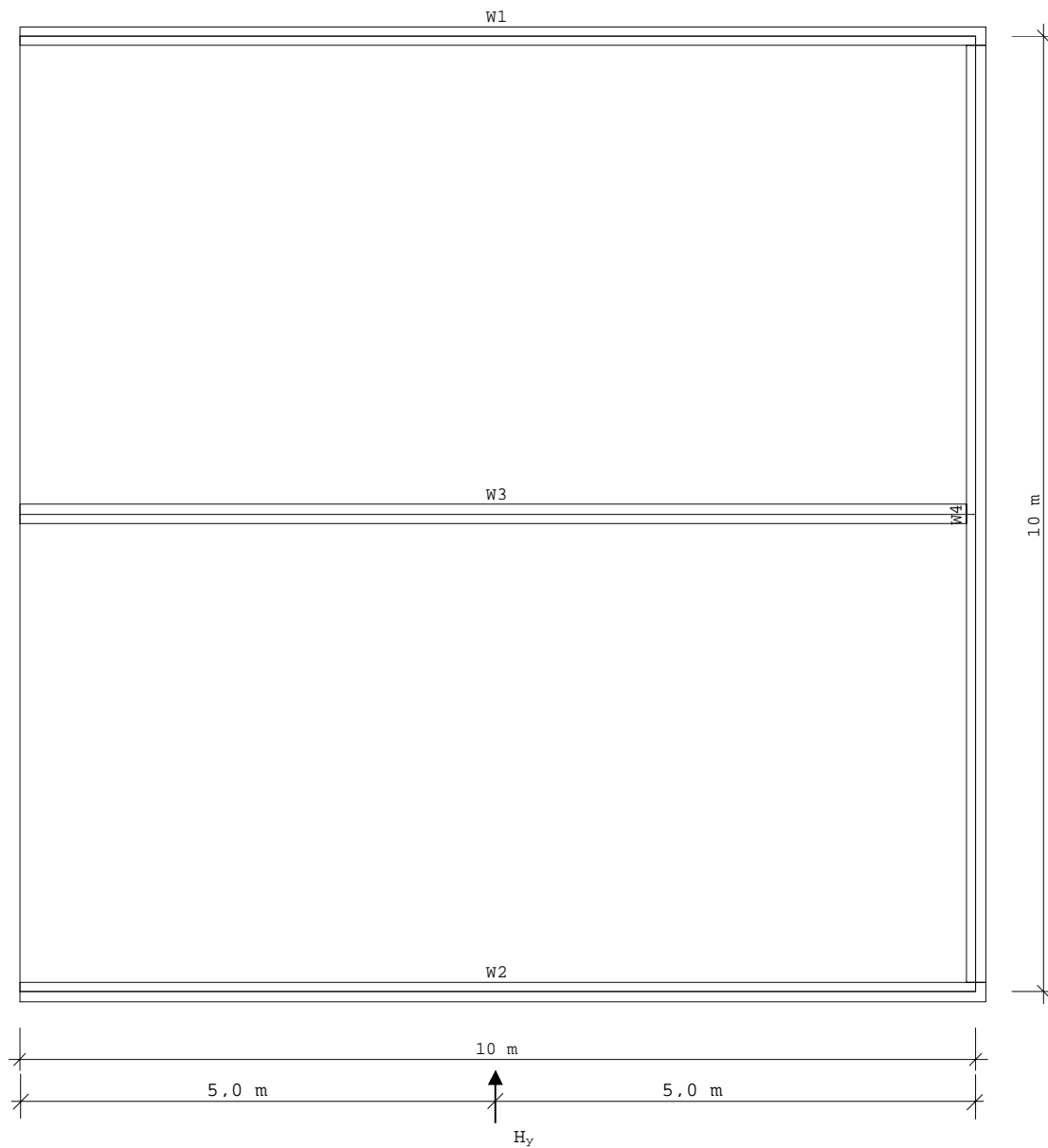
20

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

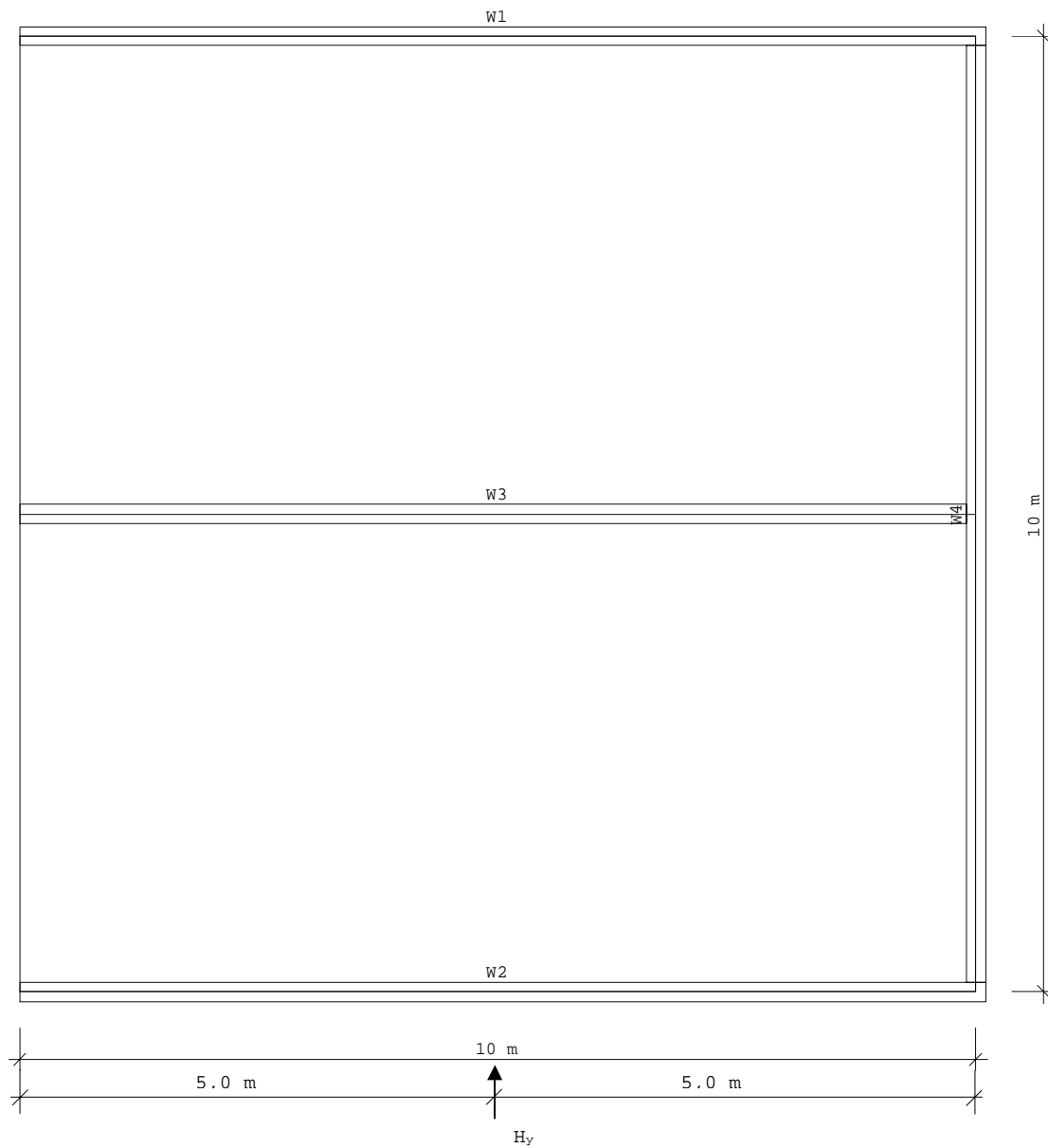
21

Y- Richtung

Grundriss OG
Maßstab 1 : 75



Grundriss EG
Maßstab 1 : 75



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

| Wandpfeiler/ Stützen | Fx [kN] | Fy [kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1 | 2.18 | 0.00 |
| W2 | -2.18 | 0.00 |
| W3 | 0.00 | 0.00 |
| W4 | 0.00 | 4.37 |
| Summe: | 0.00 | 4.38 |

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

| Wandpfeiler/ Stützen | Fx [kN] | Fy [kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1 | -0.73 | -0.00 |
| W2 | 0.73 | -0.00 |
| W3 | 0.00 | -0.00 |
| W4 | 0.00 | -1.46 |
| Summe: | 0.00 | -1.47 |

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

| Wandpfeiler/ Stützen | Fx [kN] | Fy [kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1 | 4.37 | 0.01 |
| W2 | -4.37 | 0.01 |
| W3 | 0.00 | 0.01 |
| W4 | 0.00 | 8.74 |
| Summe: | 0.00 | 8.76 |

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

| Wandpfeiler/ Stützen | Fx [kN] | Fy [kN] |
|-------------------------|------------|------------|
| W1 | -1.46 | -0.00 |
| W2 | 1.46 | -0.00 |
| W3 | 0.00 | -0.00 |
| W4 | 0.00 | -2.93 |
| Summe: | 0.00 | -2.93 |

Handrechnung

OG

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

$$W4: H_{G,4,y} = 4,37 \text{ kN}$$

23

Moment aus Lastexzentrizität

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

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

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

22

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

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

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

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

24

EG

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

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

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

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

26

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

$$H_{Q,4,y} = 2,94 \text{ kN}$$

29

Moment aus Lastexzentrizität

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

Horizontallasten aus Moment auf Wand W1 und W2

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

28