

# VDS ACHIM WEST VERDICHTERHALLE

Statische Berechnung

gasunie

Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG

29.01.2025 15825-ILF-ACW-GEN-CV-CAL-00200 | Rev. 03 © ILF



## REVISIONSVERZEICHNIS

|             |              |  |                 |                |                    |
|-------------|--------------|--|-----------------|----------------|--------------------|
|             |              |  |                 |                |                    |
| 03          | 29.01.2025   | IFU – Ausgabe zur Verwendung           | LiaM            | SanT           | EspB               |
| 02          | 16.09.2024   | IFU – Ausgabe zur Verwendung           | LiaM            | SanT           | EspB               |
| 01          | 19.08.2024   | IFU – Ausgabe zur Verwendung           | LiaM            | SanT           | EspB               |
| 00          | 14.05.2024   | IFR – Ausgabe zur Prüfung und Freigabe | LiaM            | SanT           | EspB               |
| <b>REV.</b> | <b>DATUM</b> | <b>AUSGABE, ART DER ÄNDERUNG</b>       | <b>ERSTELLT</b> | <b>GEPRÜFT</b> | <b>FREIGEgeben</b> |





## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINFÜHRUNG .....</b>                      | <b>17</b> |
| 1.1      | Projektbeschreibung .....                    | 17        |
| 1.2      | Definitionen und Abkürzungen .....           | 17        |
| 1.3      | Zweck des Dokuments .....                    | 17        |
| 1.4      | Technische Vorschriften .....                | 17        |
| 1.5      | Grundlagen der Berechnung .....              | 18        |
| 1.6      | Benutzte EDV-Programme .....                 | 18        |
| 1.7      | Referenzierte Dokumente .....                | 18        |
| 1.8      | Beschreibung der Konstruktion .....          | 18        |
| <b>2</b> | <b>EINWIRKUNGEN.....</b>                     | <b>20</b> |
| 2.1      | Ständige Einwirkungen.....                   | 20        |
| 2.1.1    | Dachdecke .....                              | 20        |
| 2.1.2    | Außenwand von +7,95 bis +11,95.....          | 20        |
| 2.1.3    | Außenwand ab +11,95 .....                    | 20        |
| 2.1.4    | Innenwand .....                              | 20        |
| 2.1.5    | Fußboden.....                                | 21        |
| 2.1.6    | Stahlbühne .....                             | 21        |
| 2.1.7    | Abdeckung des Kabelkanals (Stahl).....       | 21        |
| 2.1.8    | Abdeckung des Kabelkanals (Stahlbeton) ..... | 21        |
| 2.1.9    | Außenwand des Kabelkanals .....              | 21        |
| 2.1.10   | Erddruck auf Kabelkanalwände .....           | 22        |
| 2.1.11   | Rohrwichte .....                             | 23        |
| 2.2      | Veränderliche Einwirkungen.....              | 23        |
| 2.2.1    | Lotrechte Nutzlasten .....                   | 23        |
| 2.2.2    | Gabelstapler.....                            | 23        |
| 2.2.3    | Windlast .....                               | 24        |
| 2.2.4    | Schneelast .....                             | 24        |
| <b>3</b> | <b>POSITION: KRANBAHN .....</b>              | <b>26</b> |
| 3.1      | Statisches System.....                       | 26        |
| 3.2      | Belastung .....                              | 27        |
| 3.3      | Ergebnisse .....                             | 28        |
| 3.3.1    | Auflagerkräfte.....                          | 29        |
| <b>4</b> | <b>POSITION: DACHDECKE .....</b>             | <b>31</b> |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.1      | Statisches System und Belastung .....                         | 31        |
| 4.2      | Bemessung .....   | 31        |
| 4.3      | Auflagerkräfte .....  | 32        |
| <b>5</b> | <b>POSITION: FUNDAMENTPLATTE .....</b>                        | <b>33</b> |
| 5.1      | Betondeckung .....  | 33        |
| 5.1.1    | Betondeckung Fundamentplatte unten .....                      | 33        |
| 5.1.2    | Betondeckung Fundamentplatte oben .....                       | 33        |
| 5.1.3    | Betondeckung wegen Brandschutz .....                          | 33        |
| 5.2      | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite .....          | 33        |
| 5.3      | Statisches System .....                                       | 45        |
| 5.4      | Direkt wirkende Belastung .....                               | 46        |
| 5.5      | Indirekt wirkende Belastung .....                             | 51        |
| 5.6      | Lastgruppen Fundamentplatte .....                             | 51        |
| 5.7      | Bemessung der Fundamentplatte .....                           | 53        |
| 5.7.1    | Bemessungsparameter .....                                     | 53        |
| 5.7.2    | Berechnete innere Biegemomente und Flächenauflagerkraft ..... | 53        |
| 5.7.3    | Berechnete Bewehrung .....                                    | 56        |
| 5.7.4    | Entworfenene Bewehrung .....                                  | 58        |
| 5.7.5    | Vertikale Plattenverschiebung .....                           | 60        |
| 5.7.6    | Rissbreiten .....   | 60        |
| <b>6</b> | <b>POSITION: FUNDAMENTBALKEN .....</b>                        | <b>62</b> |
| 6.1      | Querschnitte und Abmessungen .....                            | 62        |
| 6.2      | Bemessung .....   | 62        |
| 6.2.1    | Berechnete innere Schubkräfte und Biegemomente .....          | 63        |
| 6.2.2    | Bemessungsparameter .....                                     | 64        |
| 6.2.3    | Bewehrung Balken Achse A .....                                | 65        |
| 6.2.4    | Bewehrung Balken Achse E .....                                | 66        |
| 6.2.5    | Bewehrung Balken Achse 1 .....                                | 67        |
| 6.2.6    | Bewehrung Balken Achse 10 .....                               | 68        |
| 6.2.7    | Bewehrung Balken Achse 4 .....                                | 69        |
| 6.2.8    | Bewehrung Balken Achse 7 .....                                | 70        |
| <b>7</b> | <b>POSITION: FUNDAMENTWÄNDE .....</b>                         | <b>71</b> |
| 7.1      | Betondeckung .....  | 71        |
| 7.1.1    | Betondeckung Fundamentwand im Kontakt mit Boden .....         | 71        |
| 7.1.2    | Betondeckung Fundamentwand ohne Kontakt mit Boden .....       | 71        |



|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 7.1.3    | Betondeckung wegen Brandschutz .....                  | 71         |
| 7.2      | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite .....  | 71         |
| 7.3      | Statisches System.....                                | 83         |
| 7.4      | Direkt wirkende Belastungen.....                      | 84         |
| 7.5      | Indirekt wirkende Belastungen .....                   | 85         |
| 7.6      | Lastgruppen Fundamentwände.....                       | 85         |
| 7.7      | Bemessung der Fundamentwände.....                     | 86         |
| 7.7.1    | Bemessungsparameter .....                             | 86         |
| 7.7.2    | Berechnete innere Biegemomente .....                  | 86         |
| 7.7.3    | Berechnete Bewehrung.....                             | 88         |
| 7.7.4    | Entworfenen Bewehrung.....                            | 90         |
| 7.7.5    | Horizontale Wandverschiebung.....                     | 91         |
| 7.7.6    | Rissbreiten .....                                     | 92         |
| <b>8</b> | <b>POSITION: KABELKANALPLATTE UND -WÄNDE .....</b>    | <b>93</b>  |
| 8.1      | Betondeckung .....                                    | 93         |
| 8.1.1    | Betondeckung Fundamentwand im Kontakt mit Boden ..... | 93         |
| 8.2      | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite .....  | 93         |
| 8.3      | Statisches System.....                                | 100        |
| 8.4      | Direkt wirkende Belastungen.....                      | 100        |
| 8.5      | Indirekt wirkende Belastungen .....                   | 101        |
| 8.6      | Lastgruppen .....                                     | 102        |
| 8.7      | Bemessung der Kabelkanäle.....                        | 102        |
| 8.7.1    | Bemessungsparameter .....                             | 102        |
| 8.7.2    | Berechnete innere Biegemomente .....                  | 102        |
| 8.7.3    | Berechnete Bewehrung.....                             | 104        |
| 8.7.4    | Entworfenen Bewehrung.....                            | 106        |
| 8.7.5    | Rissbreiten .....                                     | 107        |
| <b>9</b> | <b>POSITION: KANALABDECKUNG .....</b>                 | <b>109</b> |
| 9.1      | Blechabdeckung.....                                   | 109        |
| 9.1.1    | Statisches System.....                                | 109        |
| 9.1.2    | Belastung .....                                       | 109        |
| 9.2      | Stahlbetonbrücke .....                                | 116        |
| 9.2.1    | Materialien .....                                     | 116        |
| 9.2.2    | Betondeckung .....                                    | 116        |
| 9.2.3    | Belastung .....                                       | 116        |
| 9.2.4    | Bewehrung.....  | 116        |



|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>10</b> | <b>POSITION: FERTIGTEILAUSSENWÄNDE .....</b>          | <b>119</b> |
| 10.1      | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite .....  | 119        |
| 10.2      | Wand W104 .....                                       | 121        |
| 10.2.1    | Statisches System.....                                | 121        |
| 10.2.2    | Bemessung - Verankerung.....                          | 122        |
| 10.2.3    | Bemessung – Bewehrung .....                           | 122        |
| 10.2.4    | Detailnachweise .....                                 | 124        |
| 10.3      | Wand W112 .....                                       | 124        |
| 10.3.1    | Statisches System.....                                | 124        |
| 10.3.2    | Bemessung – Verankerung.....                          | 124        |
| 10.3.3    | Bemessung – Bewehrung .....                           | 125        |
| 10.3.4    | Torsturz.....   | 126        |
| <b>11</b> | <b>POSITION: INNENWAND.....</b>                       | <b>128</b> |
| 11.1      | Räumliche Steifigkeit.....                            | 128        |
| 11.2      | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite .....  | 129        |
| 11.3      | Randzone.....   | 129        |
| 11.3.1    | Statisches System.....                                | 129        |
| 11.3.2    | Belastung .....                                       | 129        |
| 11.3.3    | Schnittkräfte .....                                   | 130        |
| 11.3.4    | Bemessung .....                                       | 132        |
| 11.3.5    | Auflagerkonsole für Kranbahnträger.....               | 134        |
| 11.4      | Mittlere Zone .....                                   | 135        |
| 11.4.1    | Statisches System.....                                | 135        |
| 11.4.2    | Belastung .....                                       | 135        |
| 11.4.3    | Schnittkräfte .....                                   | 136        |
| 11.4.4    | Bemessung .....                                       | 138        |
| 11.5      | Übergangsphase.....                                   | 140        |
| <b>12</b> | <b>POSITION: GIEBELBALKEN (ACHSEN 1 UND 10) .....</b> | <b>142</b> |
| 12.1      | Statisches System.....                                | 142        |
| 12.2      | Belastung .....                                       | 142        |
| 12.3      | Ergebnisse .....                                      | 144        |
| 12.3.1    | Auflagerkräfte.....                                   | 144        |
| 12.3.2    | Schnittkräfte .....                                   | 146        |
| 12.3.3    | Hauptbewehrung.....                                   | 147        |
| 12.3.4    | Auflagerbewehrung .....                               | 148        |



|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>13</b> | <b>POSITION: GIEBELBALKEN (ACHSEN A UND E) .....</b> | <b>152</b> |
| 13.1      | Statisches System.....                               | 152        |
| 13.2      | Belastung .....                                      | 152        |
| 13.3      | Ergebnisse .....                                     | 154        |
| 13.3.1    | Auflagerkräfte.....                                  | 154        |
| 13.3.2    | Schnittkräfte .....                                  | 156        |
| 13.3.3    | Bewehrung.....                                       | 157        |
| <b>14</b> | <b>POSITION: GIEBELSTÜTZE ACHSE 1 UND 10 .....</b>   | <b>158</b> |
| 14.1      | Materialien .....                                    | 158        |
| 14.2      | Montagephase 1a .....                                | 158        |
| 14.2.1    | Belastung .....                                      | 158        |
| 14.2.2    | Ergebnisse .....                                     | 161        |
| 14.3      | Montagephase 1b .....                                | 164        |
| 14.3.1    | Belastung .....                                      | 164        |
| 14.3.2    | Ergebnisse .....                                     | 166        |
| 14.4      | Nutzungsphase .....                                  | 168        |
| 14.4.1    | Belastung .....                                      | 168        |
| 14.4.2    | Ergebnisse .....                                     | 175        |
| 14.5      | Stützenschuhe .....                                  | 178        |
| <b>15</b> | <b>POSITION: ECKSTÜTZE .....</b>                     | <b>180</b> |
| 15.1      | Statisches System.....                               | 180        |
| 15.2      | Montagephase 1a .....                                | 180        |
| 15.2.1    | Belastung .....                                      | 180        |
| 15.2.2    | Ergebnisse .....                                     | 183        |
| 15.3      | Montagephase 1b .....                                | 186        |
| 15.3.1    | Belastung .....                                      | 186        |
| 15.3.2    | Ergebnisse .....                                     | 190        |
| 15.4      | Nutzungsphase .....                                  | 194        |
| 15.4.1    | Belastung .....                                      | 194        |
| 15.4.2    | Ergebnisse .....                                     | 200        |
| 15.5      | Stützenschuhe .....                                  | 204        |
| 15.6      | Stützenkonsole für Kranbahnträger .....              | 204        |
| <b>16</b> | <b>POSITION: STÜTZEN ACHSEN A UND E .....</b>        | <b>205</b> |
| 16.1      | Statisches System.....                               | 205        |
| 16.2      | Montagephase 1a .....                                | 205        |



|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 16.2.1    | Belastung .....                         | 205        |
| 16.2.2    | Ergebnisse .....                        | 207        |
| 16.3      | Montagephase 1b .....                   | 211        |
| 16.3.1    | Belastung .....                         | 211        |
| 16.3.2    | Ergebnisse .....                        | 212        |
| 16.4      | Nutzungsphase .....                     | 215        |
| 16.4.1    | Belastung .....                         | 215        |
| 16.4.2    | Ergebnisse .....                        | 220        |
| 16.5      | Stützenkonsole für Kranbahnträger ..... | 224        |
| 16.5.1    | Belastung .....                         | 224        |
| 16.5.2    | Ergebnisse .....                        | 224        |
| <b>17</b> | <b>POSITION: STAHLBÜHNE .....</b>       | <b>225</b> |
| 17.1      | Gitterroste .....                       | 225        |
| 17.2      | Tragwerk – sekundäre Balken .....       | 226        |
| 17.2.1    | Statisches System .....                 | 226        |
| 17.2.2    | Bemessung .....                         | 226        |
| 17.3      | Haupttragwerk .....                     | 228        |
| 17.3.1    | Statisches System .....                 | 228        |
| 17.3.2    | Bemessung .....                         | 228        |
| 17.3.3    | Verankerung im Fundament .....          | 235        |

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Auflagerkräfte Max/Min Bemessungswerte

Tabelle 2: Auflagerkräfte Max/Min charakteristische Werte

Tabelle 3: Reaktionen vom Dach auf die Auflager

Tabelle 4: Zusammenstellung der berechneten und angenommenen Mindestbewehrung in der Fundamentplatte

Tabelle 5: Parameter des Bereichsauflagers

Tabelle 6: Lastgruppenparameter Fundamentplatte

Tabelle 7: Parameter der Bereichsbewehrung

Tabelle 8: Parameter der Wandbewehrung

Tabelle 9: Parameter der Kabelkanalbewehrung

Tabelle 10: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelbalken Achsen 1 und 10

Tabelle 11: Giebelbalken Achsen 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte

Tabelle 12: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte

Tabelle 13: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Schnittkräfte



Tabelle 14: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelbalken

Tabelle 15 : Giebelbalken Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte

Tabelle 16: Giebelbalken Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte

Tabelle 17: Giebelbalken Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Schnittkräfte

Tabelle 18: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a

Tabelle 19: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a

Tabelle 20: Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1

Tabelle 21: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b

Tabelle 22: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 23: : Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 24: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10

Tabelle 25: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte

Tabelle 26: Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte

Tabelle 27: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze, Montagephase 1a

Tabelle 28: Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a

Tabelle 29: Eckstütze, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1a

Tabelle 30: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze, Montagephase 1b

Tabelle 31: Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 32: Eckstütze, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 33: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze

Tabelle 34: : Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte

Tabelle 35: Eckstütze, maßgebende Auflagerkräfte

Tabelle 36: Lastgruppen zur Berechnung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

Tabelle 37: Stütze Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a

Tabelle 38: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1a

Tabelle 39: Lastgruppen zur Berechnung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

Tabelle 40: Stütze Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 41: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 42: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 43: Stützen in Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte

Tabelle 44: Stützen in Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Statisches Schema des Kranbahnträgers
- Abbildung 2: Lastfall 1: Eigengewicht + Schienenlast
- Abbildung 3: Lastfall 2: Kranverkehrslast GZT1
- Abbildung 4: Lastfall 3: Kranverkehrslast GZT3
- Abbildung 5: Lastfall 4: Kranverkehrslast GZT5
- Abbildung 6: Lastfall 5: Kranverkehrslast GZT7
- Abbildung 7: Lastfall 6: Kranverkehrslast GZT8
- Abbildung 8: Lastfall 7: Kran außergew. Last 1 (Stoßstange)
- Abbildung 9: Lastfall 8: Kranbahn außergew. Last 2 (Stoßstange)
- Abbildung 10: Auflagerkräfte Max/Min Bemessungswerte
- Abbildung 11: Berechnungsfelder der Dachdecke
- Abbildung 12: Fundamentplatte - statisches System
- Abbildung 13: Eigengewicht
- Abbildung 14: Ausbaulast Fundamentplatte
- Abbildung 15: Ausbaulast Gitterrost
- Abbildung 16: Grundwasserdruck
- Abbildung 17: Rohrsockel Eigengewicht
- Abbildung 18: Rohrwichte
- Abbildung 19: Nutzlast Raum 1
- Abbildung 20: Nutzlast Raum 2
- Abbildung 21: Nutzlast Raum 3
- Abbildung 22: Gabelstapler Raum 1 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4
- Abbildung 23: Gabelstapler Raum 2 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4
- Abbildung 24: Gabelstapler Raum 3 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4
- Abbildung 25: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )
- Abbildung 26: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )
- Abbildung 27: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )
- Abbildung 28: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )
- Abbildung 29: Minimale Flächenauflagerkraft unter der Fundamentplatte
- Abbildung 30: Berechnete untere Bewehrung in lokaler x-Richtung  $a_x(u)$
- Abbildung 31: Berechnete untere Bewehrung in lokaler y-Richtung  $a_y(u)$
- Abbildung 32: Berechnete obere Bewehrung in lokaler x-Richtung  $a_x(o)$
- Abbildung 33: Berechnete obere Bewehrung in lokaler y-Richtung  $a_y(o)$
- Abbildung 34: Entworfen untere Bewehrung in lokaler x-Richtung
- Abbildung 35: Entworfen untere Bewehrung in lokaler y-Richtung
- Abbildung 36: Entworfen obere Bewehrung in lokaler x-Richtung





- Abbildung 37: Entworfenere obere Bewehrung in lokaler y-Richtung
- Abbildung 38: Vertikale Plattenverschiebung im gerissenen Zustand
- Abbildung 39: Rissbreiten an der unteren Oberfläche
- Abbildung 40: Rissbreiten an der oberen Oberfläche
- Abbildung 41: Abmessungen der Fundamentbalken
- Abbildung 42: Schubkräfte  $V_z$  in den Fundamentbalken
- Abbildung 43: Schubkräfte  $V_y$  in den Fundamentbalken
- Abbildung 44: Torsionsmomente  $T_x$  in den Fundamentbalken
- Abbildung 45: Biegemomente  $M_y$  in den Fundamentbalken
- Abbildung 46: Biegemomente  $M_z$  in den Fundamentbalken
- Abbildung 47: Berechnete Balkenbewehrung, Achse A, vertikale Ebene
- Abbildung 48: Berechnete Balkenbewehrung, Achse A, horizontale Ebene
- Abbildung 49: Berechnete Balkenbewehrung, Achse E, vertikale Ebene
- Abbildung 50: Berechnete Balkenbewehrung, Achse E, horizontale Ebene
- Abbildung 51: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 1, vertikale Ebene
- Abbildung 52: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 1, horizontale Ebene
- Abbildung 53: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 10, vertikale Ebene
- Abbildung 54: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 10, horizontale Ebene
- Abbildung 55: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 4, vertikale Ebene
- Abbildung 56: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 4, horizontale Ebene
- Abbildung 57: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 7, vertikale Ebene
- Abbildung 58: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 7, horizontale Ebene
- Abbildung 59: Fundamentwände - Geometrie
- Abbildung 60: Eigengewicht
- Abbildung 61: Wandlast
- Abbildung 62: Erddruck
- Abbildung 63: Grundwasserdruck
- Abbildung 64: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )
- Abbildung 65: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )
- Abbildung 66: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )
- Abbildung 67: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )
- Abbildung 68: Berechnete Bewehrung außen in lokaler x-Richtung  $a_x(u)$  (horizontal)
- Abbildung 69: Berechnete Bewehrung außen in lokaler y-Richtung  $a_y(u)$  (vertikal)
- Abbildung 70: Berechnete Bewehrung innen in lokaler x-Richtung  $a_x(o)$  (horizontal)
- Abbildung 71: Berechnete Bewehrung innen in lokaler y-Richtung  $a_y(o)$  (vertikal)
- Abbildung 72: Entworfenere Bewehrung innen und außen in lokaler x-Richtung (horizontal)
- Abbildung 73: Entworfenere Bewehrung innen und außen in lokaler y-Richtung (vertikal)



Abbildung 74: Horizontale Wandverschiebung im gerissenen Zustand  
Abbildung 75: Rissbreiten an der äußeren und inneren Oberfläche  
Abbildung 76: Kabelkanäle – Geometrie  
Abbildung 77: Eigengewicht  
Abbildung 78: Erddruck  
Abbildung 79: Grundwasserdruck  
Abbildung 80: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )  
Abbildung 81: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )  
Abbildung 82: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung ( $m_y$ )  
Abbildung 83: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung ( $m_x$ )  
Abbildung 84: Berechnete Bewehrung außen in lokaler x-Richtung  $a_x(u)$  (horizontal)  
Abbildung 85: Berechnete Bewehrung außen in lokaler y-Richtung  $a_y(u)$  (vertikal)  
Abbildung 86: Berechnete Bewehrung innen in lokaler x-Richtung  $a_x(o)$  (horizontal)  
Abbildung 87: Berechnete Bewehrung innen in lokaler y-Richtung  $a_y(o)$  (vertikal)  
Abbildung 88: Entworfenen Bewehrung außen/unten in lokaler x-Richtung  
Abbildung 89: Entworfenen Bewehrung außen/unten in lokaler y-Richtung  
Abbildung 90: Entworfenen Bewehrung innen/oben in lokaler x-Richtung  
Abbildung 91: Entworfenen Bewehrung innen/oben in lokaler y-Richtung  
Abbildung 92: Rissbreiten an der äußeren/unteren und inneren/oberen Oberfläche  
Abbildung 93: Kanalabdeckung, statisches System  
Abbildung 94: Kanalabdeckung, Eigengewicht  
Abbildung 95: Kanalabdeckung, Riffelblechgewicht  
Abbildung 96: Kanalabdeckung, Nutzlast  
Abbildung 97: Kanalabdeckung, Scheelast  
Abbildung 98: Kanalabdeckung, Schneelast außergewöhnlich  
Abbildung 99: Kanalabdeckung, Normalkraft  $N_x$   
Abbildung 100: Kanalabdeckung, Querkraft  $V_z$   
Abbildung 101: Kanalabdeckung, Biegemomente  $M_y$   
Abbildung 102: Kanalabdeckung, Ausnutzung der Stahlprofile  
Abbildung 103: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (x unten)  
Abbildung 104: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (y unten)  
Abbildung 105: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (x oben)  
Abbildung 106: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (y oben)  
Abbildung 107: Innere Wand, Randzone, Normalkräfte  $n_x$   
Abbildung 108: Innere Wand, Randzone, Normalkräfte  $n_y$   
Abbildung 109: Innere Wand, Randzone, Biegemomente  $m_x$   
Abbildung 110: Innere Wand, Randzone, Biegemomente  $m_y$



Abbildung 111: Innere Wand, Randzone, berechnete Bewehrung vertikal  
Abbildung 112: Innere Wand, Randzone, berechnete Bewehrung horizontal  
Abbildung 113: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung vertikal (links und rechts)  
Abbildung 114: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung horizontal (Bügel)  
Abbildung 115: Innere Wand, mittlere Zone, Normalkräfte  $n_x$   
Abbildung 116: Innere Wand, mittlere Zone, Normalkräfte  $n_y$   
Abbildung 117: Innere Wand, mittlere Zone, Biegemomente  $m_x$   
Abbildung 118: Innere Wand, mittlere Zone, Biegemomente  $m_y$   
Abbildung 119: Innere Wand, mittlere Zone, berechnete Bewehrung vertikal  
Abbildung 120: Innere Wand, mittlere Zone, berechnete Bewehrung horizontal  
Abbildung 121: Innere Wand, mittlere Zone, gewählte Bewehrung vertikal (links und rechts)  
Abbildung 122: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung horizontal  
Abbildung 123: Innere Wand, Übergangsphase, berechnete Bewehrung vertikal  
Abbildung 124: Innere Wand, Übergangsphase, berechnete Bewehrung horizontal  
Abbildung 125: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Eigengewicht  
Abbildung 126: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Dachschichten  
Abbildung 127: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Nutzlast Dach  
Abbildung 128: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Leitungen  
Abbildung 129: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schneelast  
Abbildung 130: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schneelast außergew.  
Abbildung 131: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Windlast Zugkraft  
Abbildung 132: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Windlast Druckkraft  
Abbildung 133: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Auflagerkräfte  
Abbildung 134: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Biegemoment (Berechnungswerte)  
Abbildung 135: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schubkraft (Berechnungswerte)  
Abbildung 136: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Torsionsmoment (Berechnungswerte)  
Abbildung 137: Giebelbalken Achsen A und E, Eigengewicht  
Abbildung 138: Giebelbalken Achsen A und E, Dachschichten  
Abbildung 139: Giebelbalken Achsen A und E, Nutzlast Dach  
Abbildung 140: Giebelbalken Achsen A und E, Leitungen  
Abbildung 141: Giebelbalken Achsen A und E, Schneelast  
Abbildung 142: Giebelbalken Achsen A und E, Schneelast außergew.  
Abbildung 143: Giebelbalken Achsen A und E, Windlast Zugkraft  
Abbildung 144: Giebelbalken Achsen A und E, Windlast Druckkraft  
Abbildung 145: Giebelbalken Achsen A und E, Auflagerkräfte  
Abbildung 146: Giebelbalken Achsen A und E, Biegemoment (Berechnungswerte)  
Abbildung 147: Giebelbalken Achsen A und E, Schubkraft (Berechnungswerte)



Abbildung 148: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Eigengewicht  
Abbildung 149: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Wind wy  
Abbildung 150: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Wind wz  
Abbildung 151: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte, Montagephase 1a  
Abbildung 152: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte, Montagephase 1  
Abbildung 153: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b, Eigengewicht  
Abbildung 154: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b, Windlast  
Abbildung 155: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte, Montagephase 1b  
Abbildung 156: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte, Montagephase 1b  
Abbildung 157: Giebelstütze Achse 1 und 10, Eigengewicht  
Abbildung 158: Giebelstütze Achse 1 und 10, Dachdeckenlast vom Giebelbalken  
Abbildung 159: Giebelstütze Achse 1 und 10, Wandplattenlast  
Abbildung 160: Giebelstütze Achse 1 und 10, Nutzlast Dach vom Giebelbalken  
Abbildung 161: Giebelstütze Achse 1 und 10, Leitungslast vom Giebelbalken  
Abbildung 162: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Zug vom Giebelbalken  
Abbildung 163: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Druck vom Giebelbalken  
Abbildung 164: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Wand Druck  
Abbildung 165: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Wand Zug  
Abbildung 166: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schneelast vom Giebelbalken  
Abbildung 167: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schneelast außergewöhnlich vom Giebelbalken  
Abbildung 168: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte  
Abbildung 169: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte  
Abbildung 170: Eckstütze, Montagephase 1a, Eigengewicht  
Abbildung 171: Eckstütze, Montagephase 1a, Wind wy  
Abbildung 172: Eckstütze, Montagephase 1a, Wind wz  
Abbildung 173: Eckstütze, Auflagerkräfte, Montagephase 1a  
Abbildung 174: Eckstütze, Schnittkräfte, Montagephase 1a  
Abbildung 175: Eckstütze, Montagephase 1b, Eigengewicht  
Abbildung 176: Eckstütze, Montagephase 1b, Windlast wy  
Abbildung 177: Eckstütze, Montagephase 1b, Windlast wz  
Abbildung 178: Eckstütze, Auflagerkräfte, Montagephase 1b  
Abbildung 179: Eckstütze, Schnittkräfte, Montagephase 1b  
Abbildung 180: Eckstütze, ständige Lasten  
Abbildung 181: Eckstütze, Nutzlasten  
Abbildung 182: Eckstütze, Wind- und Schneelast vom Giebelbalken  
Abbildung 183: Eckstütze, direkte Windbelastung



Abbildung 184: Eckstütze, veränderliche Kranlast

Abbildung 185: Eckstütze, Auflagerkräfte

Abbildung 186: Eckstütze, Schnittkräfte

Abbildung 187: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Eigengewicht

Abbildung 188: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Wind wy

Abbildung 189: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Wind wz

Abbildung 190: Stütze Achsen A und E, Auflagerkräfte, Montagephase 1a

**Abbildung 191: Stütze Achsen A und E, Schnittkräfte, Montagephase 1a**

Abbildung 192: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b, Eigengewicht

Abbildung 193: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b, Windlast wy

Abbildung 194: Stütze Achsen A und E, Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Abbildung 195: Stütze Achsen A und E, Schnittkräfte, Montagephase 1b

Abbildung 196: Stütze Achsen A, E, ständige Lasten

Abbildung 197: Stütze Achsen A, E, Nutzlasten

Abbildung 198: Stütze Achsen A, E, Windlast vom Dach

Abbildung 199: Stütze Achsen A, E, Schneebelastung vom Dach

Abbildung 200: Stütze Achsen A,E, direkte Windlast

Abbildung 201: Stütze Achsen A, E, veränderliche Kranlast

Abbildung 202: Stützen in Achsen A und E, Auflagerkräfte

Abbildung 203: Stützen in Achsen A und E, Schnittkräfte

Abbildung 204: Belastung sekundärer Balken

Abbildung 205: Biegemoment  $M_y$  sekundärer Balken

Abbildung 206: Min. Schnittkraft  $V_z$  sekundärer Balken

Abbildung 207: Max. Schnittkraft  $V_z$  sekundärer Balken

Abbildung 208: Ausnutzung ULS

Abbildung 209: Ausnutzung SLS

Abbildung 210: Tragkonstruktion Eigenlast

Abbildung 211: Gitterrost Eigenlast

Abbildung 212: Sekundäre Balken Eigenlast (gleichmäßig verteilt)

Abbildung 213: Gabelstaplerbelastung (Schema 1)

Abbildung 214: Nutzlast (Schema 2)

Abbildung 215: Normallast (Min/Max)

Abbildung 216: Vertikallast  $V_z$  (Min/Max)

Abbildung 217: Biegemomente  $M_y$  (Min/Max)

Abbildung 218: Deformationen

Abbildung 219: Auflagerkräfte (Min/Max)

Abbildung 220: Auflagermomente (Min/Max)



Abbildung 221: Ausnutzung der Stahlprofile im Schema 2 (ULS/SLS)

Abbildung 222: Ausnutzung der Stahlprofile im Schema 1 (ULS/SLS)

## **ANLAGENVERZEICHNIS**

Anlage 1: Schnee- und Windlastparameter

Anlage 2: Bemessung der Fundamentbalken

Anlage 3: Bemessung der Dachplatten

Anlage 4: Bemessung der Innenwand

Anlage 5: Berechnung der Wandkonsole

Anlage 6: Bemessung der Giebelbalken

Anlage 7: Bemessung der Stützen

Anlage 8: Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen

Anlage 9: Bemessung der Stützenkonsolen

Anlage 10: Bemessung Stahlbühne



# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 Projektbeschreibung

Gasunie Deutschland Transport Services GmbH (GUD) betreibt am Standort Achim / Embsen die Verdichterstationen VDS Embsen sowie VDS Achim.

Aus dem Netzentwicklungsplan 2022 ergibt sich, resultierend aus den aktuellen Planungen Dritter zum Bau und Betrieb von LNG-Terminals an den Standorten in Stade und Brunsbüttel, ein erhöhter Bedarf an Verdichtungsleistung am Standort Achim / Embsen.

Die notwendige Transportkapazitätssteigerung wird durch Errichtung der neuen Verdichterstation Achim-West mit einer Kapazität von  $3 \times 715,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  erreicht. Für die Verdichtung sind drei integrierte Kompressoren mit Elektromotorantrieb mit einer Wellenleistung von etwa 15 MW vorgesehen.

Zusammen mit der bestehenden Verdichterstation Embsen wird eine maximale Transportkapazität von  $2,370,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  aus dem GUD 70bar- und GUD-84bar-System in die NEL-Erdgastransportleitung geschaffen, bei gleichzeitiger Redundanz einer Verdichtereinheit in VDS Embsen und VDS Achim-West.

Der Neubau der Verdichterstation Achim-West grenzt an die Westseite der bestehenden Verdichterstation Embsen.

## 1.2 Definitionen und Abkürzungen

| Abkürzung/Definition | Bedeutung  |
|----------------------|--|
| AG                   | Auftraggeber - Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG                           |
| AN                   | Auftragnehmer - ILF Beratende Ingenieure GmbH mit benannten Subunternehmen |
| DIC                  | „Discipline-Internal-Check“  |
| GPL                  | Generalplaner – ILF und die benannten Subunternehmer                       |
| GUD                  | Gasunie Deutschland, siehe AG  |
| IDC                  | „Inter-Disciplinary-Check“   |
| Projekt              | VDS Achim West   |

## 1.3 Zweck des Dokuments

Das vorliegende Dokument beinhaltet statische Berechnung der Verdichterhalle.

## 1.4 Technische Vorschriften

|                 |   |
|-----------------|---|
| DIN-EN 1990     | Grundlagen der Tragwerksplanung   |
| DIN-EN 1991-1-1 | Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1 -1 : Wichten. Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau. |





|                 |  |
|-----------------|--|
| DIN-EN 1991-1-3 | Schneelasten   |
| DIN-EN 1991-1-4 | Windlasten   |
| DIN-EN 1992-1-1 | Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. |
| DIN-EN 1993-1-1 | Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau                          |
| DIN-EN 1993-1-8 | Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen   |
| DIN-EN 1997-1   | Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln  |
| DIN-EN 1997-2   | Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds                                 |

## 1.5 Grundlagen der Berechnung

|   |               |
|---|---------------|
| Projekt-Nr.: 2304265.   | HPC AG        |
| Geotechnischer Untersuchungsbericht – Erweiterung Erdgasverdichterstation Bremen – Achim. | Zoostraße 2-4 |
| (Leer, den 27.11.2023)  | 26789 Leer    |

## 1.6 Benutzte EDV-Programme

Axis VM X7 R2

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020

Peikko Designer

Halfen-Software

## 1.7 Referenzierte Dokumente

| Zeichnungsbenennung            | Titel   |
|--------------------------------|---|
| 15825-ILF-ACW-GEN-CV-DWG-00203 | Verdichterhalle – Positionsplan zur statischen Berechnung |

## 1.8 Beschreibung der Konstruktion

Drei Verdichtereinheiten sollen in einem freistehenden eingeschossigen Gebäude untergebracht werden.

Das Gebäude hat die Form eines Quaders. Das Dach wurde aus Fertigteilhohlplatten entworfen. Die Dachkonstruktion ist flach. Die Gefälle wurden in den Ausbauschichten gebildet.





Für die Montage und Wartungsarbeiten wurde eine Krananlage in jedem Gebäudeschiff vorgesehen.

Die Tragkonstruktion besteht aus Stahlbetonwänden und -stützen sowie Giebelbalken, auf denen die starre Dachscheibe ruht.

Die Außenwände wurden mit 25 cm dicken vorgefertigten Wandplatten aus Stahlbeton entworfen, die an Säulen befestigt sind. Auf der Außenseite wurde eine 6 cm dicke Wärmedämmschicht angebracht. Die äußere Schicht besteht aus:

- 12 cm dickem Mauerwerk bis 4,0 m Höhe ab der Oberkante der Fundamentwände,
- Kalzip-Profilen auf dem übrigen Abschnitt (über 4 m Höhe)

Die Dachkonstruktion besteht aus vorgespannten Stahlbetonhohlplatten.



## 2 EINWIRKUNGEN

### 2.1 Ständige Einwirkungen

#### 2.1.1 Dachdecke

| Material                        | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|---------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Kies                            | 0,06         |                 | 20,0                          | 1,20                 |
| Kunststoff-Dachabdichtung       |              |                 |                               | 0,10                 |
| Dämmung Mineralfaser            | 0,25         |                 | 2,00                          | 0,50                 |
| Dampfsperre (Schweißbahn)       |              |                 |                               | 0,18                 |
| Spannbeton Fertigteilhohldecken | 0,40         |                 |                               | 5,04                 |
| <b>Σ</b>                        |              |                 |                               | <b>7,02</b>          |

#### 2.1.2 Außenwand von +7,95 bis +11,95

| Material             | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Stahlbetontragschale | 0,25         |                 | 25,0                          | 6,25                 |
| Mineralwolle         | 0,06         |                 | 1,00                          | 0,06                 |
| Vormauerung          | 0,12         |                 | 20,0                          | 2,40                 |
| <b>Σ</b>             |              |                 |                               | <b>8,71</b>          |

#### 2.1.3 Außenwand ab +11,95

| Material             | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Stahlbetontragschale | 0,25         |                 | 25,0                          | 6,25                 |
| Mineralwolle         | 0,06         |                 | 1,00                          | 0,06                 |
| Kalzip-Profil        |              |                 |                               | 0,20                 |
| <b>Σ</b>             |              |                 |                               | <b>6,51</b>          |

#### 2.1.4 Innenwand

| Material   | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Stahlbeton | 0,30         |                 | 25,0                          | 7,50                 |
| <b>Σ</b>   |              |                 |                               | <b>7,50</b>          |



#### 2.1.5 Fußboden

| Material          | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|-------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Bodenbeschichtung |              |                 |                               | 0,20                 |
| Stahlbetonplatte  | 0,30         |                 | 25,0                          | 7,50                 |
| <b>Σ</b>          |              |                 |                               | <b>7,70</b>          |

#### 2.1.6 Stahlbühne

| Material  | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|---|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Gitterrost<br>Tragstab 70/5<br>Maschenteilung 33,3x33,3mm |              |                 |                               | 1,10                 |
| Tragwerk  |              |                 |                               | 2,00                 |
| <b>Σ</b>  |              |                 |                               | <b>3,10</b>          |

#### 2.1.7 Abdeckung des Kabelkanals (Stahl)

| Material   | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|--|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Riffelblech t=5mm  | 0,005        |                 | 78,5                          | 0,39                 |
| Auflagerprofile U50, abstand 90cm:<br>0,0559 kN/m je 0,90m |              |                 |                               | 0,06                 |
| <b>Σ</b>   |              |                 |                               | <b>0,45</b>          |

#### 2.1.8 Abdeckung des Kabelkanals (Stahlbeton)

| Material   | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Stahlbeton | 0,22         |                 | 25,0                          | 5,50                 |
| <b>Σ</b>   |              |                 |                               | <b>5,50</b>          |

#### 2.1.9 Außenwand des Kabelkanals

| Material   | Dicke<br>[m] | Anzahl<br>[st.] | Volumen<br>gewicht<br>[kN/m³] | Belastung<br>[kN/m²] |
|------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| Stahlbeton | 0,30         |                 | 25,0                          | 7,50                 |
| <b>Σ</b>   |              |                 |                               | <b>7,50</b>          |



### 2.1.10.1 Erddruck vom Bodeneigengewicht

| H<br>[m]   | K <sub>a</sub> | e <sub>a</sub><br>[kPa] | K <sub>0</sub> | e <sub>0</sub><br>[kPa] | e' <sub>a</sub><br>[kPa] | Wasserdruck<br>[kPa] |
|--|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 0  | 0,224          | 0                       | 0,500          | 0                       | 0                        | 0                    |
| 1,40   | 0,224          | 5,97                    | 0,500          | 13,30                   | 9,63                     | 0                    |
| Grundwasserbemessungshöhe = 1,4m u. GOK (6,4m NHN) |                |                         |                |                         |                          |                      |
| 1,40   | 0,224          | 5,97                    | 0,500          | 13,30                   | 9,63                     | 0                    |
| 2,80   | 0,224          | 11,94                   | 0,500          | 26,60                   | 19,26                    | 14,0                 |

### 2.1.10.2 Erddruck vom SLW60

In der Straßennähe wurde eine gleichmäßig verteilte Belastung des Bodens durch das SLW60-Fahrzeug (nach DIN 1072) von 33,3 kN/m<sup>2</sup> angenommen.

Diese Belastung führt zu einer gleichmäßigen Belastung der vertikalen Kanalwand von

$$q = 33,3 \text{ kN/m}^2 \times 0,5(K_a + K_0) = 33,3 \text{ kN/m}^2 \times 0,362 = 12,1 \text{ kN/m}^2$$

### 2.1.11 Rohrwichte

Da es bisher keine Stressanalyse durchgeführt worden ist, bei der Ermittlung der Rohrlasten wurde es angenommen, dass die Fundamentplatte mit Stahlbetonsockeln (h=0,5m) und mit wassergefüllten Rohren DN600, t=14,2mm mit Stützpunkten L<6m belastet ist. Der Reibungskoeffizient zwischen Rohrstütze und Sockel ist gleich 0,3. Die Lastangriffshöhe der Vertikallasten h=0,5m über der Oberfläche der Fundamentplatte.

## 2.2 Veränderliche Einwirkungen

### 2.2.1 Lotrechte Nutzlasten

| Bereich                                 | qk [kN/m <sup>2</sup> ] | Qk [kN] |
|---|-------------------------|---------|
| Alle Bereiche                           | 20,0                    | -       |
| Dachdecke                               | -                       | 1,0     |
| Dach (Leitungen)                        | 0,5                     | -       |
| Außenwand (Beleuchtung, Installationen) | 2,5                     |         |

### 2.2.2 Gabelstapler

Klasse: FL3

Eigenlast: 44 kN

Hublast: 25 kN



Nutzlast: 63 kN (Achse)

Nutzlast: 17,5 kN/m<sup>2</sup>

a = 1,00m

b = 1,20m

l = 3,30m

für Luftbereifung  $\varphi = 1,40$

Auf die Konstruktion wird keine Anpralllast angesetzt, sofern diesbezüglich eine Gefährdung vorliegt, ist bauseitig ein Anprallschutz vorzusehen.

### 2.2.3 Windlast

Allgemeine Parameter:

- Höhe über dem Meeresspiegel 7,0 m
- Windlastzone 2
- Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- Jahreszeitbeiwert  $c_{\text{season}} = 1,0$
- Topographiebeiwert  $c_0 = 1,0$
- Geländekategorie II
- Reibungsbeiwert  $c_{fr} = 0,01$  (glatte Oberfläche)

Die Werte der Windlast wurden automatisch durch die Berechnungssoftware ermittelt. Die Werte und graphische Darstellung für einzelne Lastfälle sind in der Anlage 1 „Wind- und Schneelastparameter“ zu finden.

### 2.2.4 Schneelast

Schneelastparameter:

- Höhe über dem Meeresspiegel 7,0 m
- Expositionsbeiwert  $C_e = 1,0$
- Temperaturkoeffizient  $C_t = 1,0$
- Beiwert für aussergewöhnliche Schneelasten
- (norddeutsche Tiefebene)  $C_{esl} = 2,3$
- Schneelastzone 2
- Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden  $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$
- Bemessungswert für aussergewöhnliche Schneelasten auf dem Boden
- $s_{Ad} = 1,95 \text{ kN/m}^2$
- Grundwert des Formbeiwerts  $\mu_1 = 0,8$



Die Werte der normalen und aussergewöhnlichen Schneelast wurden automatisch durch die Berechnungssoftware ermittelt. Die Werte und graphische Darstellung für einzelne Lastfälle sind in der Anlage 1 „Wind- und Schneelastparameter“ zu finden.



### 3 POSITION: KRANBAHN

Im jedem Kompressorraum wurde ein Laufkran mit einer Tragfähigkeit von 20 Tonnen entworfen. Die Kranträger sind auf Konsolen in den Eckstützen, in den Stützen in der A- und E-Achse und in den Stahlbetonwänden abgestützt.

Der Nachweis des Kranbahnträgers erfolgt durch den Lieferer.

Die folgenden statischen Berechnungen wurden ausschließlich zur Ermittlung der Reaktionswerte für die Konsolen in den Stahlbetonstützen und -wänden durchgeführt.

Aufgrund fehlender genauer Daten wurden für die Berechnungen die in den Punkten 3.1 und 3.2 angegebenen Belastungswerte und Radabstände der Krankatze herangezogen.

Angenommene Schwingbeiwerte:

$$\varphi_1 = 1,1$$

$$\varphi_2 = 1,1$$

$$\varphi_4 = 1,0$$

$$\varphi_5 = 1,5$$

$$\varphi_6 = 1,05$$

$$\varphi_7 = 1,6$$

**Nach der Auswahl eines bestimmten Krans müssen erneut Berechnungen durchgeführt werden, um zu bestätigen, dass die zur Dimensionierung der Bewehrung von Stützen und Wänden verwendeten Kräfte korrekt sind. Andernfalls müssen sie erneut bemessen werden.**

#### 3.1 Statisches System

Stahl S235

Angenommener Randabstand  $a=2,5\text{m}$

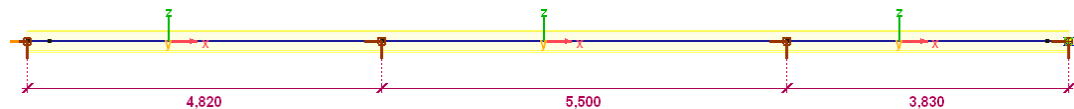


Abbildung 1: Statisches Schema des Kranbahnträgers



### 3.2 Belastung

Balken Eigengewicht – angenommen HEB300

Schienen 60x40:  $g_k = 0,19 \text{ kN/m}$

Grenzzustände der Tragfähigkeit gem. DIN-EN 1991-3.

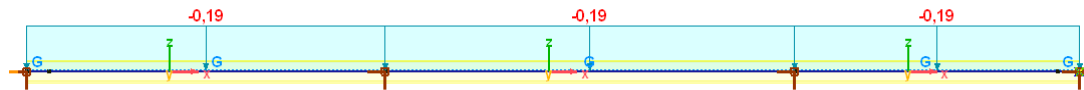


Abbildung 2: Lastfall 1: Eigengewicht + Schienenlast

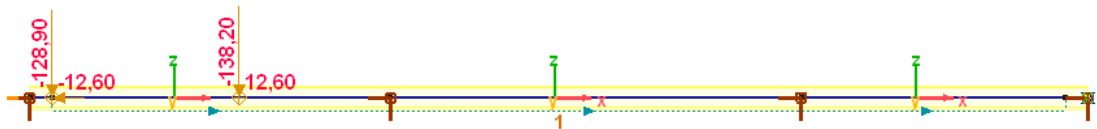


Abbildung 3: Lastfall 2: Kranverkehrslast GZT1

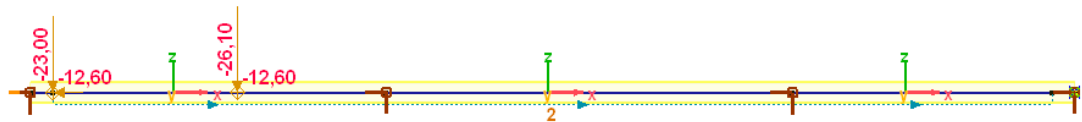


Abbildung 4: Lastfall 3: Kranverkehrslast GZT3

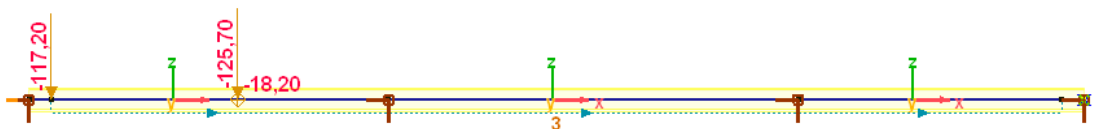


Abbildung 5: Lastfall 4: Kranverkehrslast GZT5

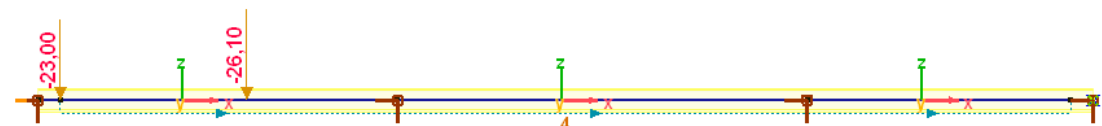


Abbildung 6: Lastfall 5: Kranverkehrslast GZT7



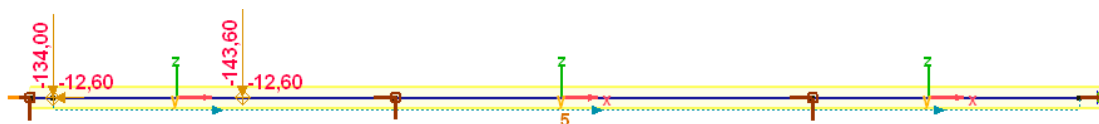


Abbildung 7: Lastfall 6: Kranverkehrslast GZT8

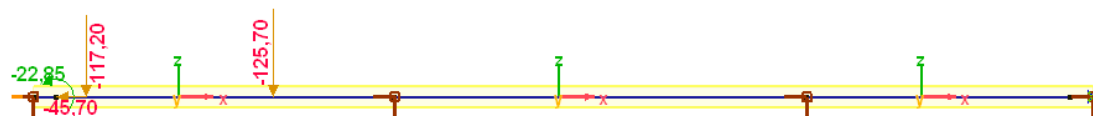


Abbildung 8: Lastfall 7: Kran außergewöhnl. Last 1 (Stoßstange)

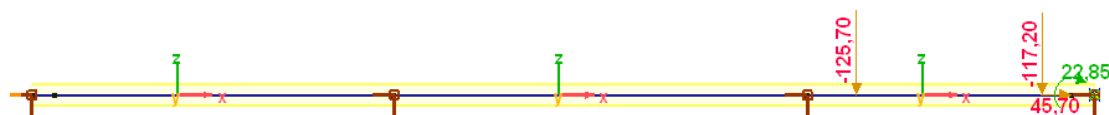


Abbildung 9: Lastfall 8: Kranbahn außergewöhnl. Last 2 (Stoßstange)

### 3.3 Ergebnisse

#### Lastkombinationen gemäß EN 1990:2002

| Massgebende Lastgruppenkombinationen |                 |                |                |                |                |                |                |                |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                      | Ständige Lasten | ULS1           | ULS3           | ULS5           | ULS7           | ULS8           | AUSSERG1       | AUSSERG2       |
| 1                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Aktive         | Ausgeschlossen |
| 2                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Aktive         |
| 3                                    | Aktive          | Aktive         | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen |
| 4                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Aktive         | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen |
| 5                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Aktive         | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen |
| 6                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Aktive         | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen |
| 7                                    | Aktive          | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen | Aktive         | Ausgeschlossen | Ausgeschlossen |



### 3.3.1 Auflagerkräfte

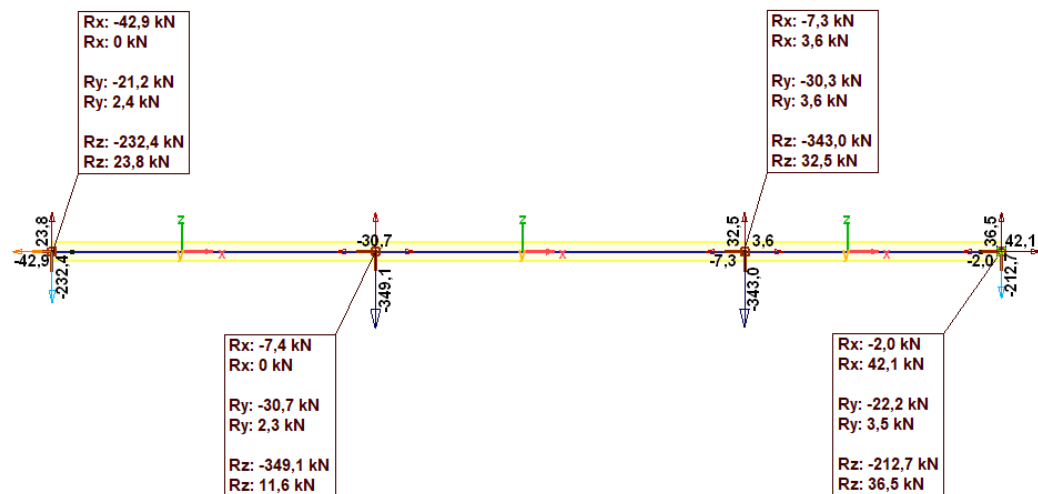


Abbildung 10: Auflagerkräfte Max/Min Bemessungswerte

Tabelle 1: Auflagerkräfte Max/Min Bemessungswerte

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende] |       |    |              |            |            |            |  |
|--|-------|----|--------------|------------|------------|------------|--|
|  | Knot. | K  | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Massgebende Kombination                    |
| 1  | 1     | Rx | min          | -42,9      | 0          | -134,8     | [Eigenlast] {Ausserg1}, ULS (außergewö...) |
|  |       |    | max          | 0          | 0          | -2,4       | [Eigenlast] , ULS                          |
|  |       | Ry | min          | -7,0       | -21,2      | -223,7     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-001}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 2,4        | 22,8       | [Eigenlast] {1,35*ULS1-030}, ULS           |
|  |       | Rz | min          | -7,0       | -21,2      | -232,4     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS8-001}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 2,4        | 23,8       | [Eigenlast] {1,35*ULS8-030}, ULS           |
| 2  | 2     | Rx | min          | -7,4       | -27,7      | -302,1     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-024}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 0          | 3,8        | [Eigenlast] {Ausserg2}, ULS (außergewö...) |
|  |       | Ry | min          | -5,3       | -30,7      | -336,3     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-017}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 2,3        | -17,0      | [Eigenlast] {1,35*ULS5-047}, ULS           |
|  |       | Rz | min          | -5,3       | -30,7      | -349,1     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS8-017}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 1,8        | 11,6       | [Eigenlast] {1,35*ULS8-055}, ULS           |
| 3  | 3     | Rx | min          | -7,3       | -24,8      | -268,9     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-052}, ULS      |
|  |       |    | max          | 3,6        | 0          | -146,3     | [Eigenlast] {Ausserg2}, ULS (außergewö...) |
|  |       | Ry | min          | -5,1       | -30,3      | -330,3     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-043}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 3,6        | 21,8       | [Eigenlast] {1,35*ULS5-001}, ULS           |
|  |       | Rz | min          | -5,1       | -30,3      | -343,0     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS8-043}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 3,6        | 32,5       | [Eigenlast] {1,35*ULS8-006}, ULS           |
| 4  | 4     | Rx | min          | -2,0       | -18,7      | -204,8     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-057}, ULS      |
|  |       |    | max          | 42,1       | 0          | -114,6     | [Eigenlast] {Ausserg2}, ULS (außergewö...) |
|  |       | Ry | min          | 0          | -22,2      | -186,5     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS5-057}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 3,5        | 35,0       | [Eigenlast] {1,35*ULS1-033}, ULS           |
|  |       | Rz | min          | -2,0       | -18,7      | -212,7     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS8-057}, ULS      |
|  |       |    | max          | 0          | 3,5        | 36,5       | [Eigenlast] {1,35*ULS8-033}, ULS           |
| Ext.   |       |    |              |            |            |            |  |
| 1  | 1     | Rx | min          | -42,9      | 0          | -134,8     | [Eigenlast] {Ausserg1}, ULS (außergewö...) |
| 4  | 4     |    | max          | 42,1       | 0          | -114,6     | [Eigenlast] {Ausserg2}, ULS (außergewö...) |
| 2  | 2     | Ry | min          | -5,3       | -30,7      | -336,3     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS1-017}, ULS      |
| 3  | 3     |    | max          | 0          | 3,6        | 21,8       | [Eigenlast] {1,35*ULS5-001}, ULS           |
| 2  | 2     | Rz | min          | -5,3       | -30,7      | -349,1     | [1,35*Eigenlast] {1,35*ULS8-017}, ULS      |
| 4  | 4     |    | max          | 0          | 3,5        | 36,5       | [Eigenlast] {1,35*ULS8-033}, ULS           |

Knotenauflagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear]

|      | Knot. | Lastfall | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] |
|------|-------|----------|------------|------------|------------|
|      |       |          |            |            |            |
|      |       |          |            |            |            |
|      |       |          |            |            |            |
|      |       |          |            |            |            |
| Ext. |       |          |            |            |            |
| 1    | 1     | Ausserg1 | -42,9      | 0          | -132,3     |
| 4    | 4     | Ausserg2 | 42,1       | 0          | -112,8     |
| 2    | 2     | ULS1-017 | -3,9       | -22,8      | -241,3     |
| 2    | 2     | ULS3-017 | -3,9       | -22,8      | -44,3      |
| 2    | 2     | ULS8-017 | -3,9       | -22,8      | -250,7     |
| 3    | 3     | ULS5-001 | 0          | 2,7        | 21,2       |
| 2    | 2     | ULS8-016 | -3,7       | -22,7      | -250,5     |
| 2    | 2     | ULS8-017 | -3,9       | -22,8      | -250,7     |
| 3    | 3     | ULS8-005 | 0          | 2,6        | 29,1       |
| 3    | 3     | ULS8-006 | 0          | 2,6        | 29,2       |



## 4 POSITION: DACHDECKE

Es wurden die A40V BRESIPA-Fertigteilhohldecken angewandt.

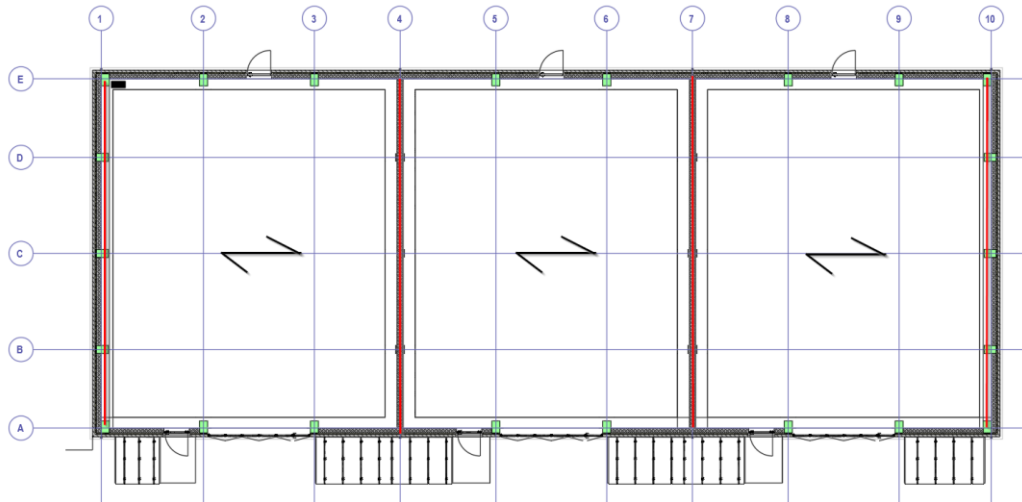


Abbildung 11: Berechnungsfelder der Dachdecke

### 4.1 Statisches System und Belastung

Einfeldplatte

Lichte Feldweite  $L' = 14,67 \text{ m}$

Stützweite  $L = 14,74 \text{ m}$

Plattendicke  $t = 40 \text{ cm}$

Expositionsklasse XC1

Belastung:

- Eigengewicht  $g = 5,04 \text{ kN/m}^2$   $\gamma_f = 1,35$
- Ausbaulast (Abs. 2.1.1)  $g_1 = 1,98 \text{ kN/m}^2$   $\gamma_f = 1,35$
- Schneelast (Abs. 2.2.4 + Anlage 1)
  - » Schneelast normal  $s = 0,68 \text{ kN/m}^2$   $\gamma_f = 1,5; \psi_2 = 0$
  - » Schneelast außergewöhnlich  $s_{\text{ausg}} = 1,56 \text{ kN/m}^2$   $\gamma_f = 1,5; \psi_2 = 0$
- Nutzlast (Abs. 2.2.1)  $Q = 1,0 \text{ kN};$   $\gamma_f = 1,5; \psi_2 = 0$
- Installationslast (Leitungen)  $q = 0,5 \text{ kN/m}^2$   $\gamma_f = 1,5; \psi_2 = 0$

### 4.2 Bemessung

Der Statiknachweis gemäß Anlage 3 „Bemessung der Dachplatten“.

### 4.3 Auflagerkräfte

Reaktionen vom Dach auf die Auflager

Tabelle 3: Reaktionen vom Dach auf die Auflager

| Achse | L<br>[m] | G<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | q <sub>min</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | q <sub>max</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | q <sub>ausg</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | V <sub>wk,g</sub><br>[kN/m] | V <sub>wk,qmin</sub><br>[kN/m] | V <sub>wk,qmax</sub><br>[kN/m] | V <sub>wk,ausg</sub><br>[kN/m] |
|-------|----------|---------------------------|--|--|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1     | 7,54     | 7,02                      | 0,50                                     | 0,68                                     | 1,56                                      | 52,93                       | 3,77                           | 5,13                           | 11,76                          |
| 4     | 14,79    | 7,02                      | 0,50                                     | 0,68                                     | 1,56                                      | 103,83                      | 7,40                           | 10,06                          | 23,07                          |
| 7     | 14,79    | 7,02                      | 0,50                                     | 0,68                                     | 1,56                                      | 103,83                      | 7,40                           | 10,06                          | 23,07                          |
| 10    | 7,54     | 7,02                      | 0,50                                     | 0,68                                     | 1,56                                      | 52,93                       | 3,77                           | 5,13                           | 11,76                          |

Legende:

L - Lasteinzugsbreite

V<sub>wk,g</sub> – Belastung vom Dacheigengewichts auf Auflager (charakteristische Wert)

V<sub>wk,qmin</sub> – Belastung von Installationslast auf Auflager (charakteristische Wert)

V<sub>wk,qmax</sub> – Belastung von Schneelast auf Wand (Normalfall, charakteristische Wert)

V<sub>wk,ausg</sub> – Belastung vom Schneelast auf Wand (außergewöhnlicher Fall, charakteristische Wert)



## 5 POSITION: FUNDAMENTPLATTE

### 5.1 Betondeckung

Angenommene Anforderungsklasse: S3

#### 5.1.1 Betondeckung Fundamentplatte unten

Expositionsklasse: XA1, XC3

Minstdruckfestigkeitsklasse: für XA1 --> C25/30

für XC3 --> C20/25

Angenommen: C25/30

Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung:  $c_{min,dur} = 20mm$

Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,dur}; 10mm) = 20mm$

Vorhaltemaß:  $\Delta c_{dev} = 15mm$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35mm$

#### 5.1.2 Betondeckung Fundamentplatte oben

Expositionsklasse: XC3

Minstdruckfestigkeitsklasse: für XC3 --> C20/25

Angenommen: C25/30

Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung:  $c_{min,dur} = 20mm$

Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,dur}; 10mm) = 20mm$

Vorhaltemaß:  $\Delta c_{dev} = 15mm$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35mm$

#### 5.1.3 Betondeckung wegen Brandschutz

Für zweiachsig gespannte Platte gilt:

REI120 -->  $a = 25mm$  von der Stabachse zur Betonoberfläche

**erfüllt** für  $c_{nom} = 35mm$  und Stabdurchmesser 16mm

### 5.2 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Erlaubte Rissbreite:

- unten 0,2mm
- oben 0,3mm



## Mindestbewehrung Richtung X (h=30cm; zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 5,1 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R  
 $s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{ctmt} := \beta_{cc}^{\alpha} \cdot f_{ctm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{cteff} := f_{ctmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \begin{matrix} 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \\ 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm}) \end{matrix}$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_c := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 241 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_c \cdot k \cdot h_{cr} \cdot f_{cteff}} = 118,94 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{cteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 93,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 185,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{pmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{pmatrix} \right) = 185,81 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 5,08$$

$$h_{cedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,51$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$5$$

$$h_{ceff} := h_{cedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 14,8 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{ceff}}{d_1} = 2,51$$

$$A_{ct} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{ceff} := h_{ceff} \cdot b = 1480 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 9,91 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{cteff} \cdot A_{ceff}}{\sigma_s} = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 9,91 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 8,42 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 4,1895$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 23,87 \text{ cm}$$

#16/200mm



## Mindestbewehrung Richtung Y (h=30cm; zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 3,5 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R  
 $s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{ctmt} := \beta_{cc}^{\alpha} \cdot f_{ctm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{cteff} := f_{ctmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \text{ then } 1,0 \text{ else } \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \text{ then } 0,65 \text{ else } 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_{\sigma} := 1,0$$

$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 257 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_c \cdot k \cdot h_{cr} \cdot f_{cteff}} = 86,68 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{cteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 109,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 185,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 185,81 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 6,98$$

$$h_{cedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,7$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$5$$

$$h_{ceff} := h_{cedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 11,6 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{ceff}}{d_1} = 2,7$$

$$A_{ct} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{ceff} := h_{ceff} \cdot b = 1160 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 9,91 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{cteff} \cdot A_{ceff}}{\sigma_s} = 9,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) = 9,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{bmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) \end{bmatrix} \right) = 9,58 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 8,14 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 4,0498$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 24,69 \text{ cm}$$

**#16/200mm**



## Mindestbewehrung Richtung X (h=30cm, zul. Rissbreite 0,2mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,2 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 5,1 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R  
 $s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{ctmt} := \beta_{cc}^\alpha \cdot f_{ctm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{cteff} := f_{ctmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \begin{cases} 1,0 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \text{else} & \\ \quad \text{if } h \geq 800 \text{ mm} & 0,65 \\ \quad \text{else} & 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm}) \end{cases}$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_c := 1,0$$

$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 241 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_c \cdot k \cdot h_{cr} \cdot f_{cteff}} = 118,94 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{cteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 76,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 151,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{pmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{pmatrix} \right) = 151,71 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 5,08$$

$$h_{cedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,51$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$5$$

$$h_{ceff} := h_{cedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 14,8 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{ceff}}{d_1} = 2,51$$

$$A_{ct} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{ceff} := h_{ceff} \cdot b = 1480 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 12,14 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{cteff} \cdot A_{ceff}}{\sigma_s} = 14,97 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 14,97 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 12,14 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 10,32 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 5,131$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 19,49 \text{ cm}$$

#16/150mm





## Mindestbewehrung Richtung Y (h=30cm, zul. Rissbreite 0,2mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,2 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 3,5 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{ctmt} := \beta_{cc}^{\alpha} \cdot f_{ctm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{cteff} := f_{ctmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \text{ then } 1,0 \text{ else } \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \text{ then } 0,65 \text{ else } 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_c := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 257 \text{ mm}$$

$$h_{cr} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_c \cdot k \cdot h_{cr} \cdot f_{cteff}} = 86,68 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{cteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 89,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 151,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{pmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{pmatrix} \right) = 151,71 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 6,98$$

$$h_{cedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,7$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$5$$

$$h_{ceff} := h_{cedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 11,6 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{ceff}}{d_1} = 2,7$$

$$A_{ct} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{ceff} := h_{ceff} \cdot b = 1160 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 12,14 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{cteff} \cdot A_{ceff}}{\sigma_s} = 11,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) = 11,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{bmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) \end{bmatrix} \right) = 11,73 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

$$\text{gemäß 7.3.2 NA.6} \quad A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 9,97 \text{ cm}^2$$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 4,96$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 20,16 \text{ cm}$$

#16/200mm

**Tabelle 4: Zusammenstellung der berechneten und angenommenen Mindestbewehrung in der Fundamentplatte**

| Erl. Rissbreite           | Richtung X     |                | Richtung Y     |                |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                           | unten          | oben           | unten          | oben           |
| Berechnete Bewehrung      | #16/150        | #16/200        | #16/200        | #16/200        |
| <b>Gewählte Bewehrung</b> | <b>#16/150</b> | <b>#16/150</b> | <b>#16/200</b> | <b>#16/200</b> |

### 5.3 Statisches System

Beton C25/30

Betonstahl B500B

Plattendicke: 30 cm

Expositionsklasse: XA1, XC3



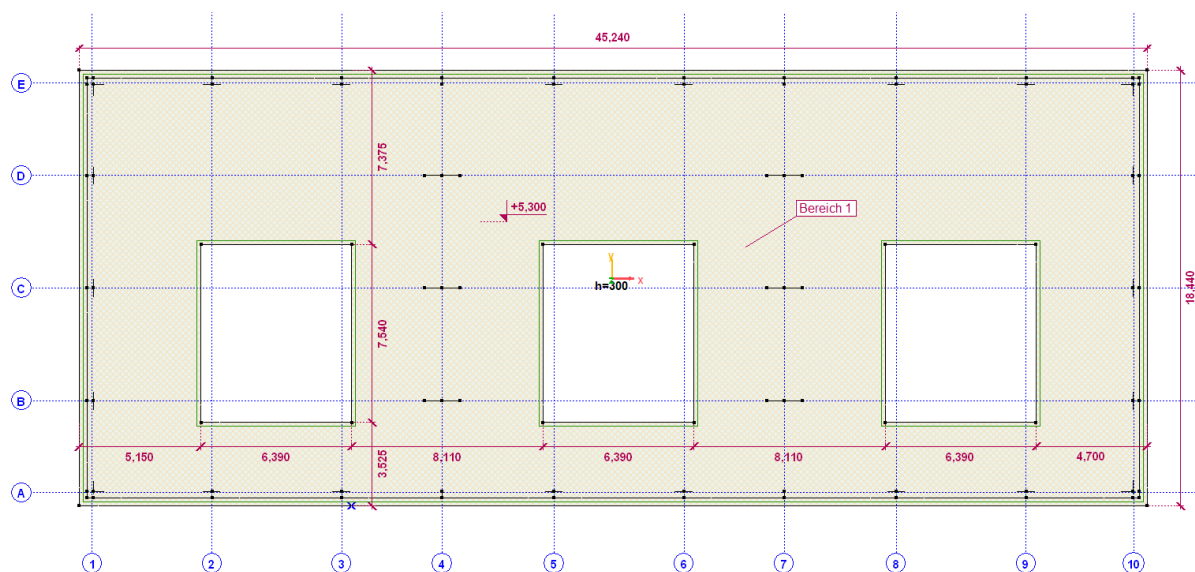


Abbildung 12: Fundamentplatte - statisches System

Tabelle 5: Parameter des Bereichsaufagers

|   | Bereich | Typ      | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ] | K <sub>x</sub><br>[kN/m/m <sup>2</sup> ] | K <sub>y</sub><br>[kN/m/m <sup>2</sup> ] | K <sub>z</sub><br>[kN/m/m <sup>2</sup> ] |
|---|---------|----------|-----------------------------|--|--|--|
| 1 | 1       | ⊕ Schale | 689,684                     | 5E+3                                     | 5E+3                                     | 1,5E+4                                   |

## 5.4 Direkt wirkende Belastung

Lastwerte gem. Abs. 2.1 und 2.2.

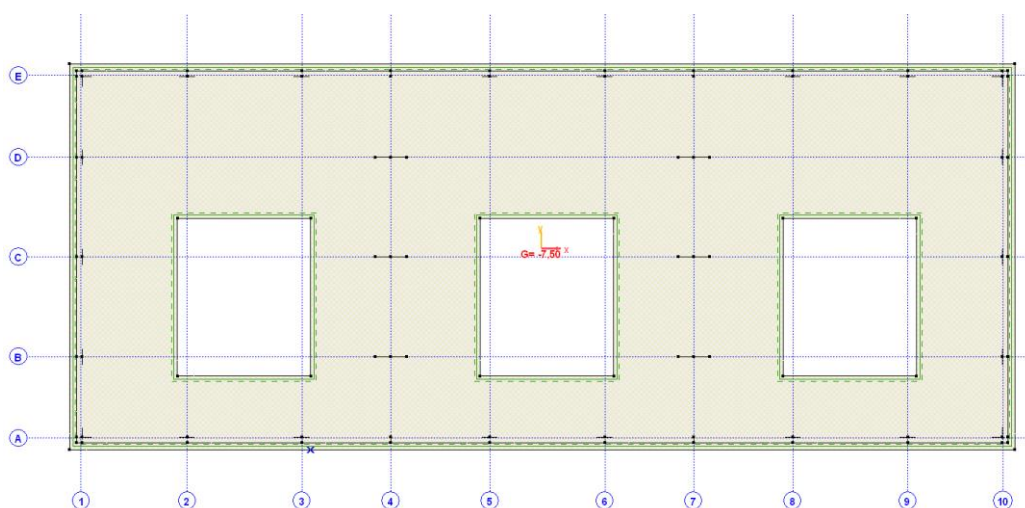


Abbildung 13: Eigengewicht



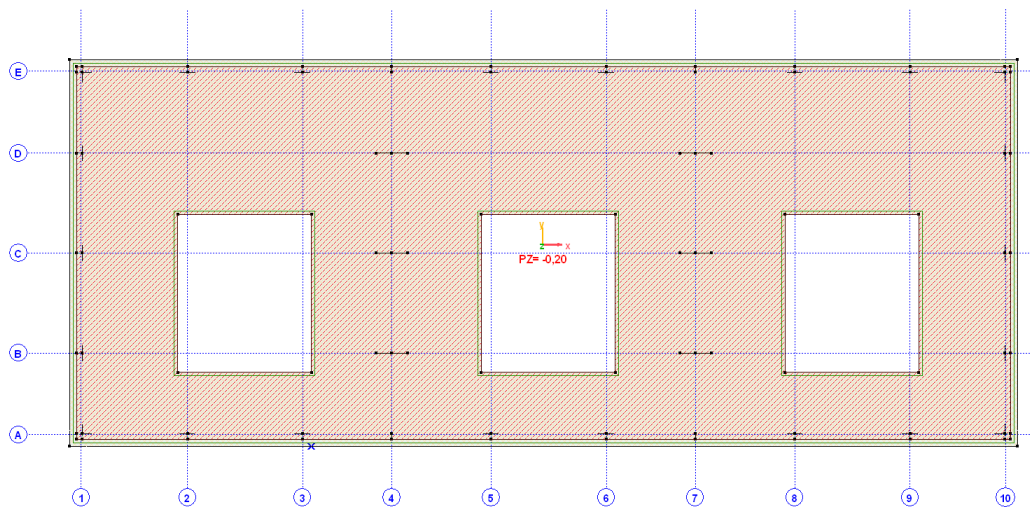


Abbildung 14: Ausbaulast Fundamentplatte

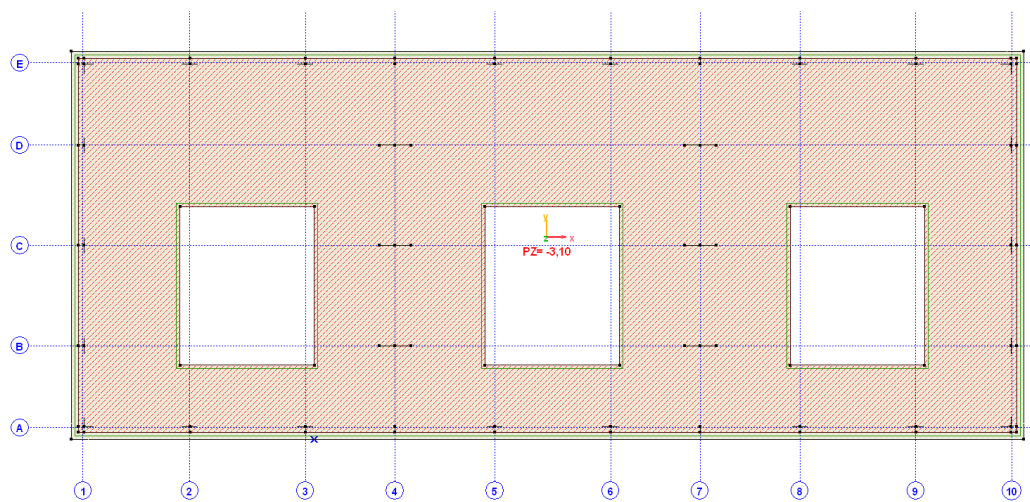


Abbildung 15: Ausbaulast Gitterrost

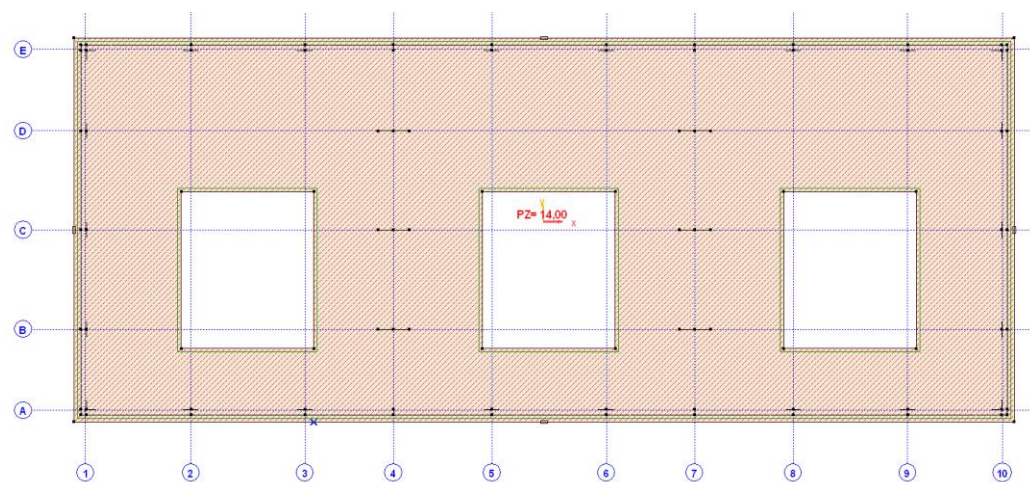


Abbildung 16: Grundwasserdruck





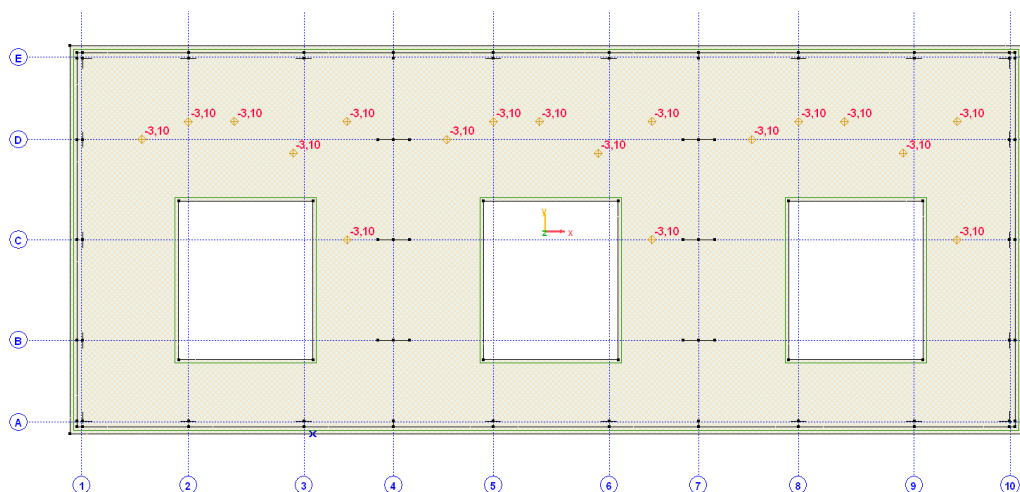


Abbildung 17: Rohrsockel Eigengewicht

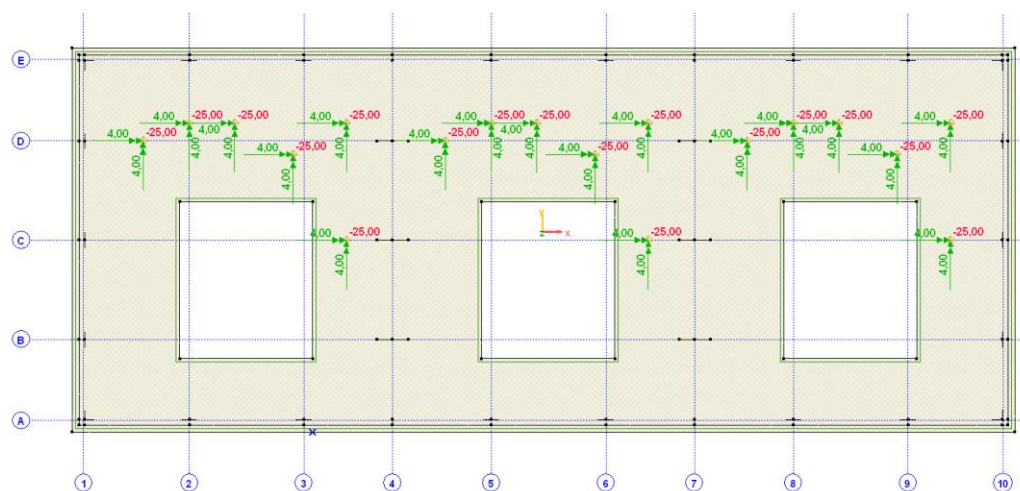


Abbildung 18: Rohrwichte

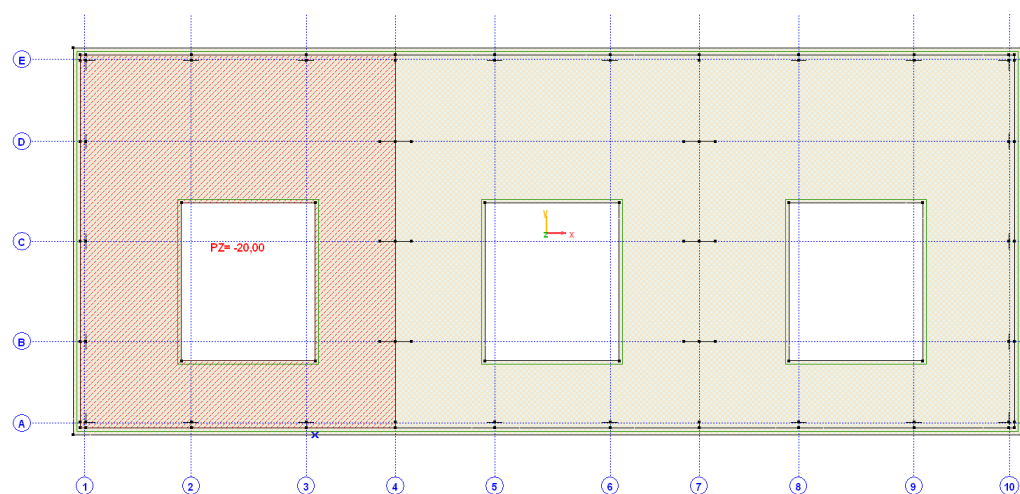


Abbildung 19: Nutzlast Raum 1



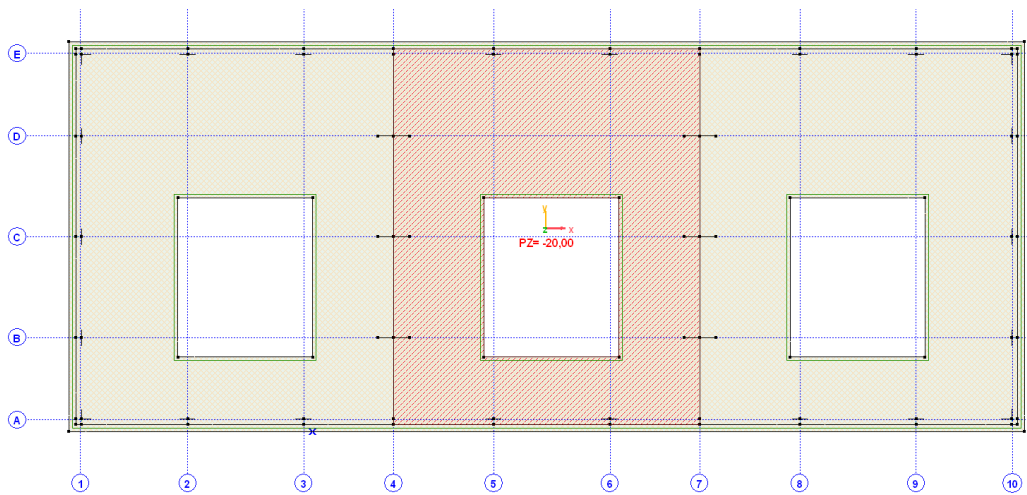


Abbildung 20: Nutzlast Raum 2

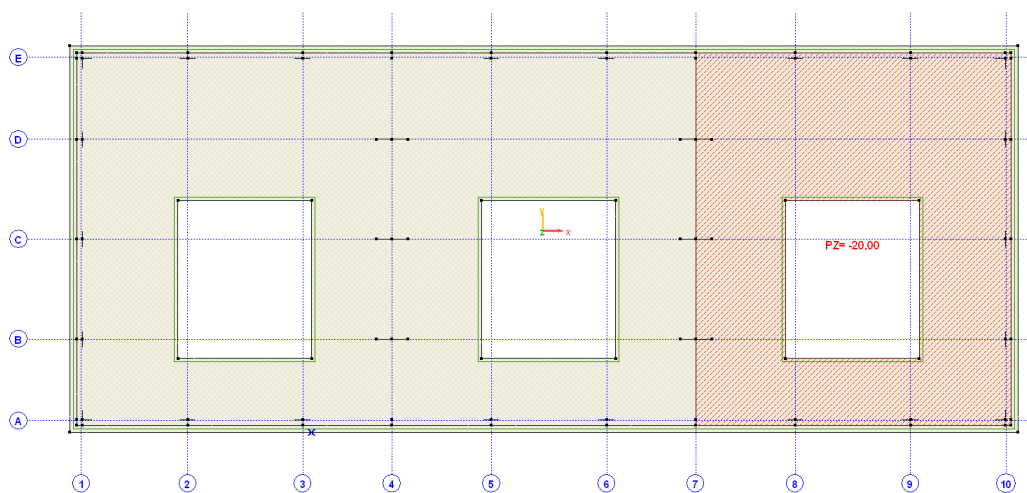
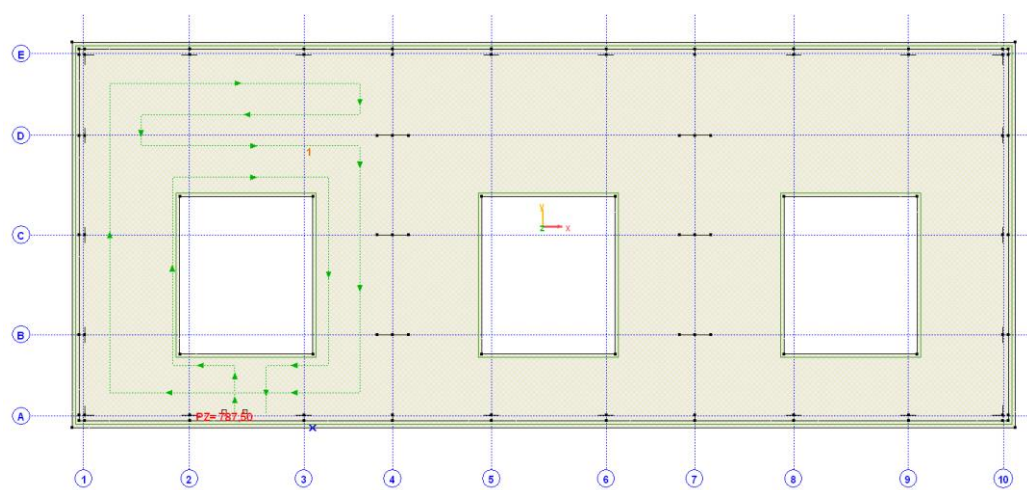


Abbildung 21: Nutzlast Raum 3





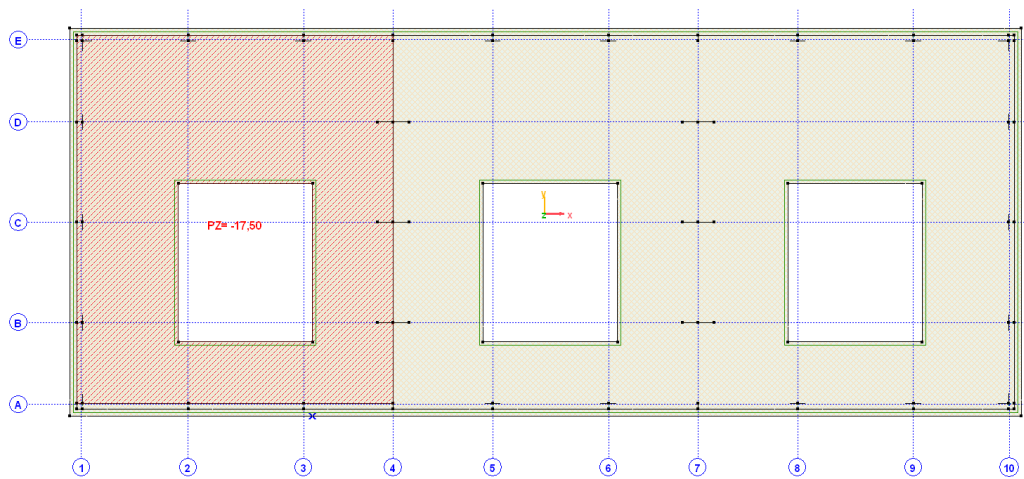


Abbildung 22: Gabelstapler Raum 1 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4

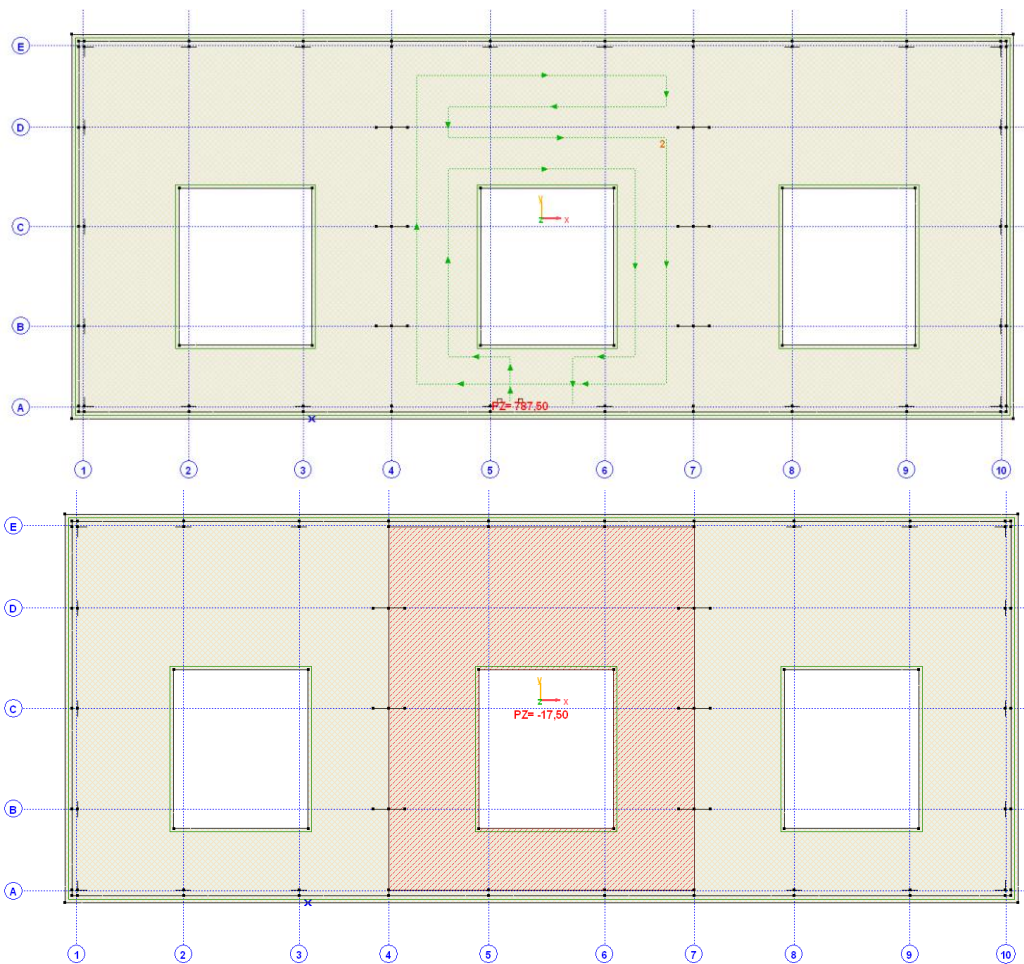


Abbildung 23: Gabelstapler Raum 2 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4





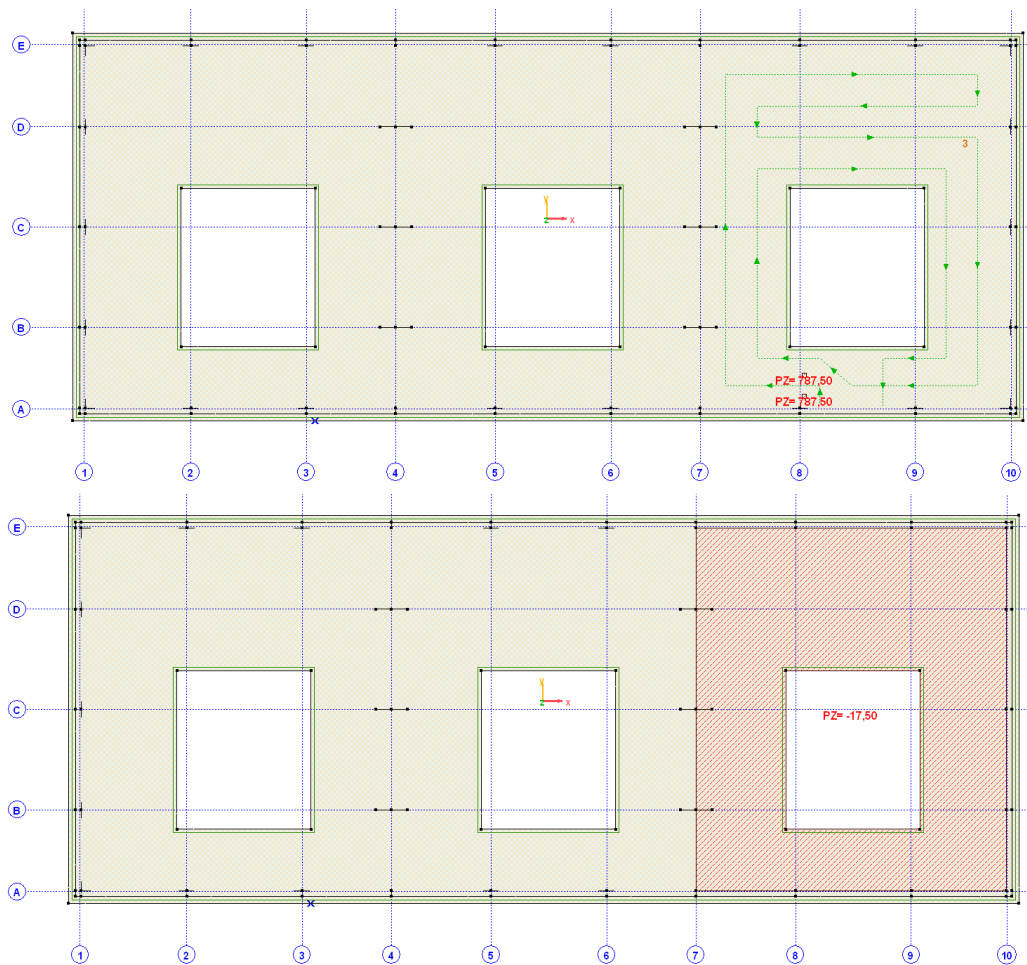


Abbildung 24: Gabelstapler Raum 3 inkl. gleichmäßige Nutzlast E 2.4

## 5.5 Indirekt wirkende Belastung

Lasten, die indirekt auf die Fundamentplatte einwirken, d. h. die Schneelast auf dem Dach, die Windlast, das Eigengewicht der Decke, der Stahlbetonrahmen und der Wände wurden durch das Berechnungsprogramm Axis VM X7 automatisch auf Basis des 3D-Berechnungsmodells ermittelt, das die oben genannten Einwirkungen berücksichtigte. Diese Belastung wurde unter Berücksichtigung der Kombinatorik auf die Fundamentplatte eingeleitet.

Lastwerte der berücksichtigten Lasten gemäß Abs. 2.1 und 2.2.

## 5.6 Lastgruppen Fundamentplatte

Die Lasten wurden in folgende Lastgruppen aufgeteilt. Jede Nutzlast kann getrennt oder zusammen mit anderen Nutzlasten wirken.

- 1 Ständige Lasten
  - 1.1 Eigenlasten (9462)
    - 1.1.1 Ausbau Dachdecke (9)
    - 1.1.2 Ausbaulast EG (1)
    - 1.1.3 Kanalabdeckung (4)
    - 1.1.4 Grundwasserdruck (21)
    - 1.1.5 Gitterrost (2)
    - 1.1.6 Erddruck (36)
    - 1.1.7 Rohrwichte (18)
    - 1.1.8 Rohrsockel (18)
    - 1.1.9 Kran G (20)
- 2 Nutzlasten Räume
  - 2.1 NL Raum 1 (1)
  - 2.2 NL Raum 2 (1)
  - 2.3 NL Raum 3 (1)
  - 2.4 NL Kabelkanäle (4)
- 3 Nutzlasten Dach
  - 3.1 NL Dach Kat. H (9)
- 4 Erddruck von Verkehrslast
  - 4.1 Erddruck SLW60 (13)
- 5 Schneelast
  - 5.1 Schneelast UD (16)
- 6 Schneelast ausserg.
  - 6.1 Schneelast UD\_EX (16)
- 7 Windlast
  - 7.1 Wind [Halle] X+.P.O (25)
  - 7.2 Wind [Halle] X+.P.P (17)
  - 7.3 Wind [Halle] X+.P.S (24)
  - 7.4 Wind [Halle] X+.S.O (25)
  - 7.5 Wind [Halle] X+.S.P (25)
  - 7.6 Wind [Halle] X+.S.S (24)
  - 7.7 Wind [Halle] X-.P.O (25)
  - 7.8 Wind [Halle] X-.P.P (17)
  - 7.9 Wind [Halle] X-.P.S (24)
  - 7.10 Wind [Halle] X-.S.O (25)
  - 7.11 Wind [Halle] X-.S.P (25)
  - 7.12 Wind [Halle] X-.S.S (24)
  - 7.13 Wind [Halle] Y+.P.O (35)
  - 7.14 Wind [Halle] Y+.P.P (26)
  - 7.15 Wind [Halle] Y+.P.S (35)
  - 7.16 Wind [Halle] Y+.S.O (35)
  - 7.17 Wind [Halle] Y+.S.P (35)
  - 7.18 Wind [Halle] Y+.S.S (35)
  - 7.19 Wind [Halle] Y-.P.O (35)
  - 7.20 Wind [Halle] Y-.P.P (26)
  - 7.21 Wind [Halle] Y-.P.S (35)
  - 7.22 Wind [Halle] Y-.S.O (35)
  - 7.23 Wind [Halle] Y-.S.P (35)
  - 7.24 Wind [Halle] Y-.S.S (35)
- 8 Gabelstapler Raum 1
- 9 Gabelstapler Raum 2
- 10 Gabelstapler Raum 3
- 11 Nutzlast Kat. E 2.4
  - 11.1 NL E 2.4 - 1 (64)
  - 11.2 NL E 2.4 - 2 (1)
  - 11.3 NL E 2.4 - 3 (1)
- 12 Kran Q
  - 12.1 Kran Q1 (20)
  - 12.2 Kran Q2 (20)

Lastgruppen (Eurocode-D)

|    | Gruppe                    | Typ                       | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
|----|---------------------------|---------------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  | Ständige Lasten           | Ständig                   | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2  | Nutzlasten Räume          | Veränderlich              |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |
| 3  | Nutzlasten Dach           | Veränderlich              |                  |                  |       | 1,500    | 0        | 0        | 0        | ✓        |
| 4  | Erddruck von Verkehrslast | Veränderlich              |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    | ✓        |
| 5  | Schneelast                | Schnee                    |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |
| 6  | Schneelast ausserg.       | Aussergewöhnlicher Schnee |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
| 7  | Windlast                  | Wind                      |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |
| 8  | Gabelstapler Raum 1       | Bewegliche                |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |
| 9  | Gabelstapler Raum 2       | Bewegliche                |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |
| 10 | Gabelstapler Raum 3       | Bewegliche                |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |
| 11 | Nutzlast Kat. E 2.4       | Veränderlich              |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |
| 12 | Kran Q                    | Veränderlich              |                  |                  |       | 1,500    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |

Massgebende Lastgruppenkombinationen

|   | Ständige Lasten | Nutzlasten Räume | Nutzlasten Dach | Erddruck von Verkehrslast | Schneelast | Schneelast ausserg. | Windlast | Gabelstapler Raum 1 | Gabelstapler Raum 2 | Gabelstapler Raum 3 | Nutzlast Kat. E 2.4 | Kran Q |
|---|-----------------|------------------|-----------------|---------------------------|------------|---------------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 1 | Aktive          | Aktive           | Aktive          | Aktive                    | Aktive     | Aktive              | Aktive   | Gleichzeitige (1)   | Ausgeschlossen      | Ausgeschlossen      | Gleichzeitige (1)   | Aktive |
| 2 | Aktive          | Aktive           | Aktive          | Aktive                    | Aktive     | Aktive              | Aktive   | Ausgeschlossen      | Gleichzeitige (1)   | Ausgeschlossen      | Gleichzeitige (1)   | Aktive |
| 3 | Aktive          | Aktive           | Aktive          | Aktive                    | Aktive     | Aktive              | Aktive   | Ausgeschlossen      | Ausgeschlossen      | Gleichzeitige (1)   | Gleichzeitige (1)   | Aktive |

Tabelle 6: Lastgruppenparameter Fundamentplatte

Die Lastgruppenkombinationen wurden nach DIN EN1990 mit Berücksichtigung der Psi-Faktoren gebildet.

Alle berechneten maßgebenden Kombinationen aus Lastgruppen befinden sich in der Anlage 4 „Lastkombinationen zur Bemessung der Fundamentplatte“.

## 5.7 Bemessung der Fundamentplatte

### 5.7.1 Bemessungsparameter

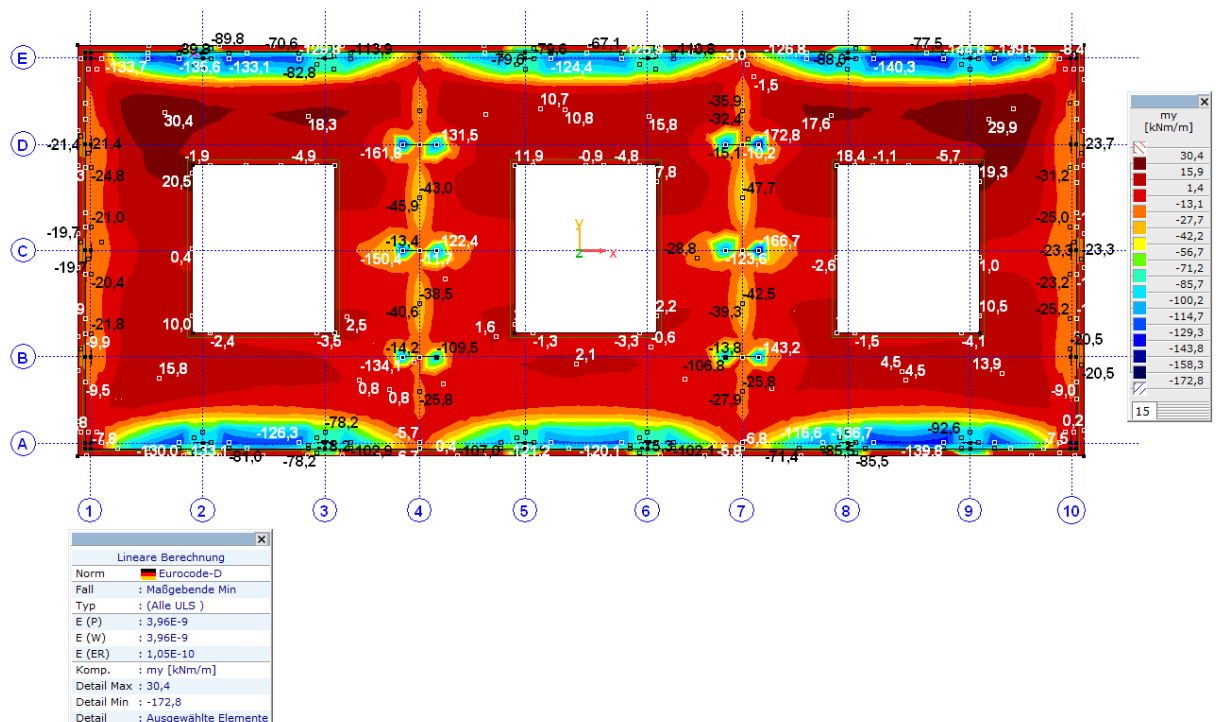
Die allgemeinen Parameter der Bereichsbewehrung wurden in folgenden Tabelle zusammengestellt.

**Tabelle 7: Parameter der Bereichsbewehrung**

| Parameter der Bereichsbewehrung |        |            |                     |               |      |                        |           |                    |                    |
|---------------------------------|--------|------------|---------------------|---------------|------|------------------------|-----------|--------------------|--------------------|
|                                 | Beton  | Betonstahl | Bauwerks-<br>klasse | Dicke<br>[mm] | Pos. | Expositions-<br>klasse | c<br>[mm] | $\sigma_x$<br>[mm] | $\sigma_y$<br>[mm] |
| 1                               | C25/30 | B500B      | S3                  | 300           | ↑    | XC3                    | 35        | 16                 | 16                 |
|                                 |        |            |                     |               | ↓    | XC3                    | 35        | 16                 | 16                 |

Für die gesamte Fundamentplatte gilt die Begrenzung der zulässigen Rissbreite bis auf 0,2mm an der unteren und 0,3mm an der oberen Oberfläche.

### 5.7.2 Berechnete innere Biegemomente und Flächenauflagerkraft



**Abbildung 25: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)**

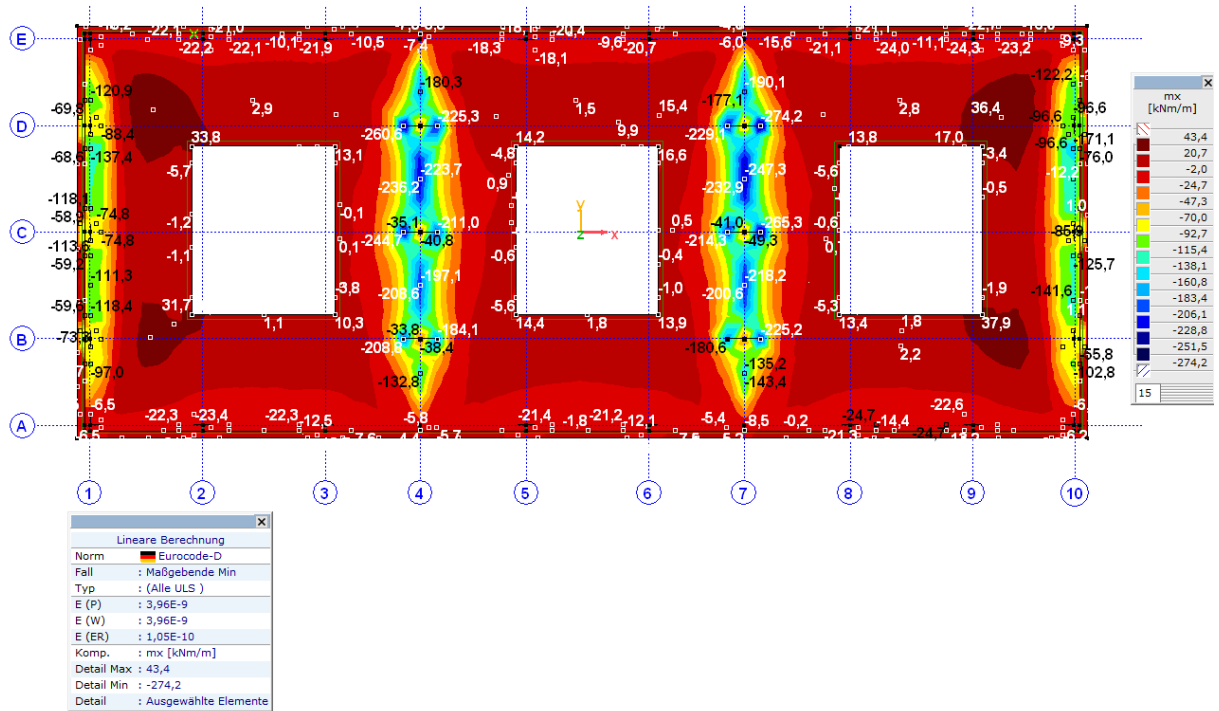


Abbildung 26: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

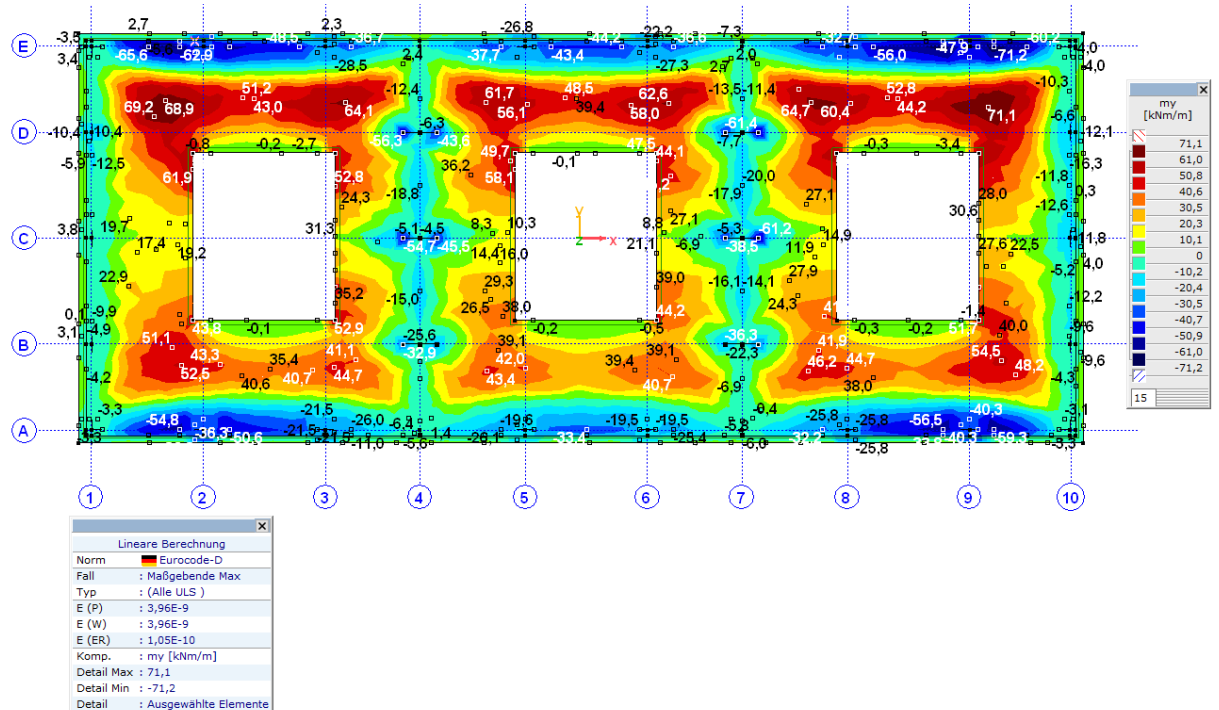


Abbildung 27: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)

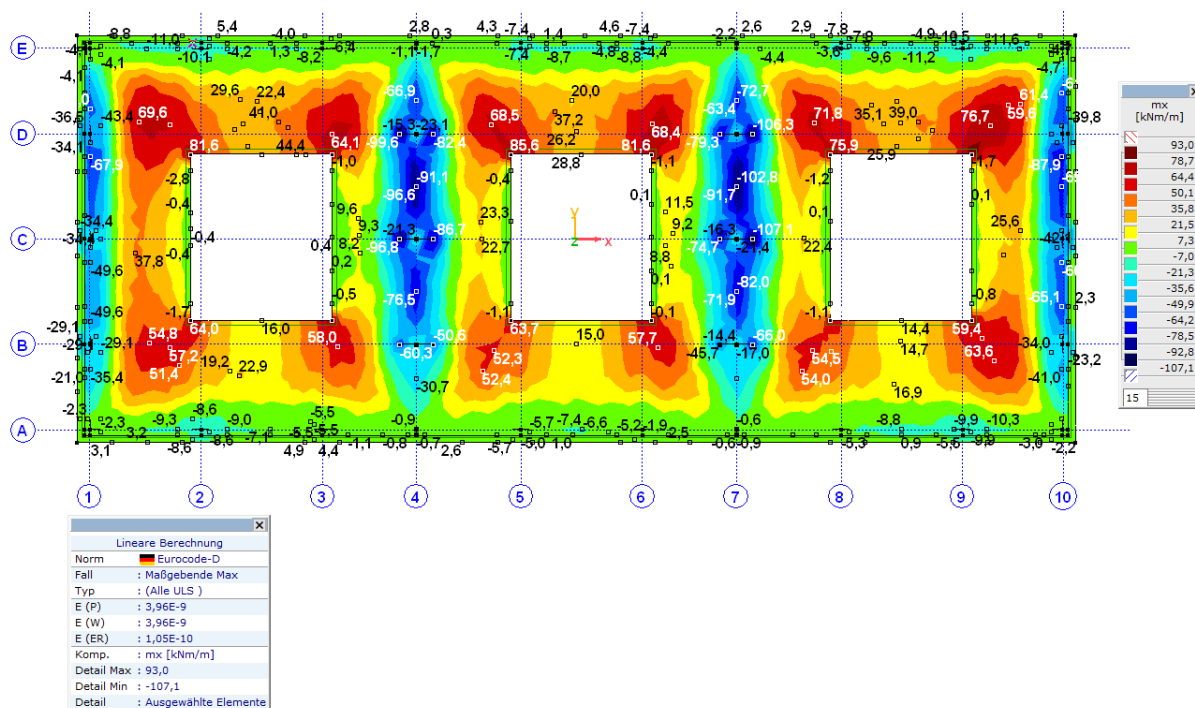


Abbildung 28: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

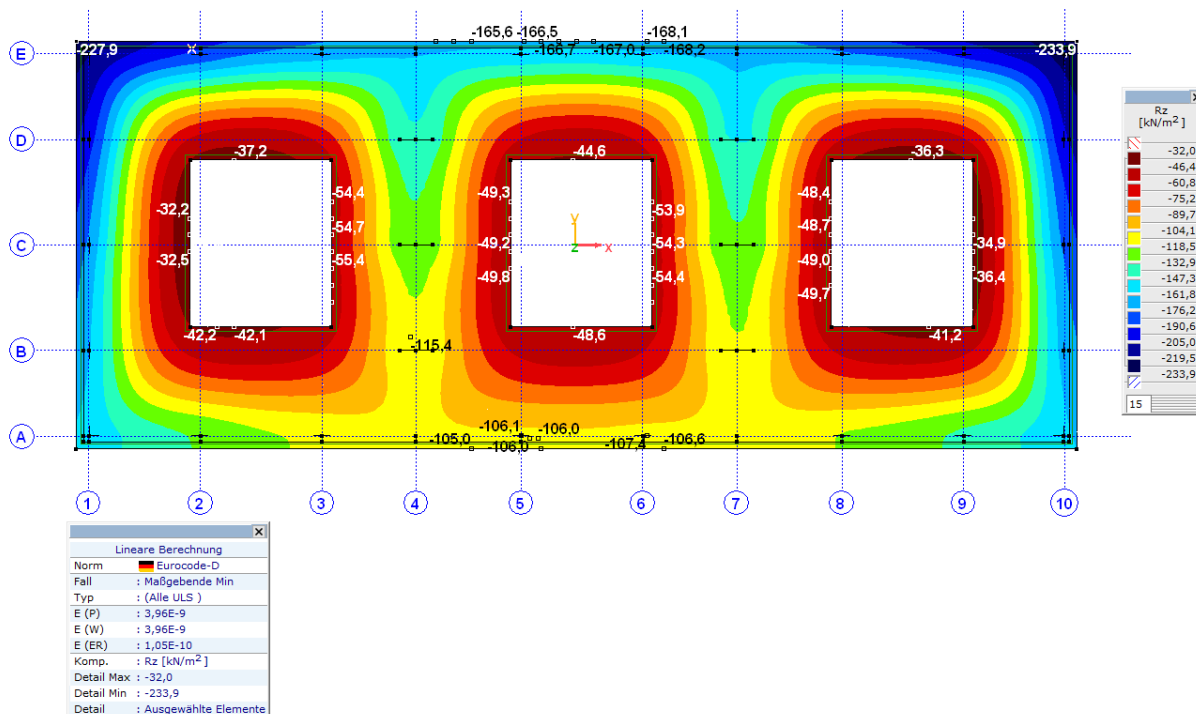


Abbildung 29: Minimale Flächenauflagerkraft unter der Fundamentplatte

Die Sohlspannung darf gem. des Geotechnischen Untersuchungsberichts nicht größer als 420 kN/m² sein. Der Durchschnittswert liegt bei 110 kN/m² wobei die extreme berechnete Sohlspannung beträgt 234 kN/m² und erfüllt somit die oben angegebene Begrenzung.



### 5.7.3 Berechnete Bewehrung

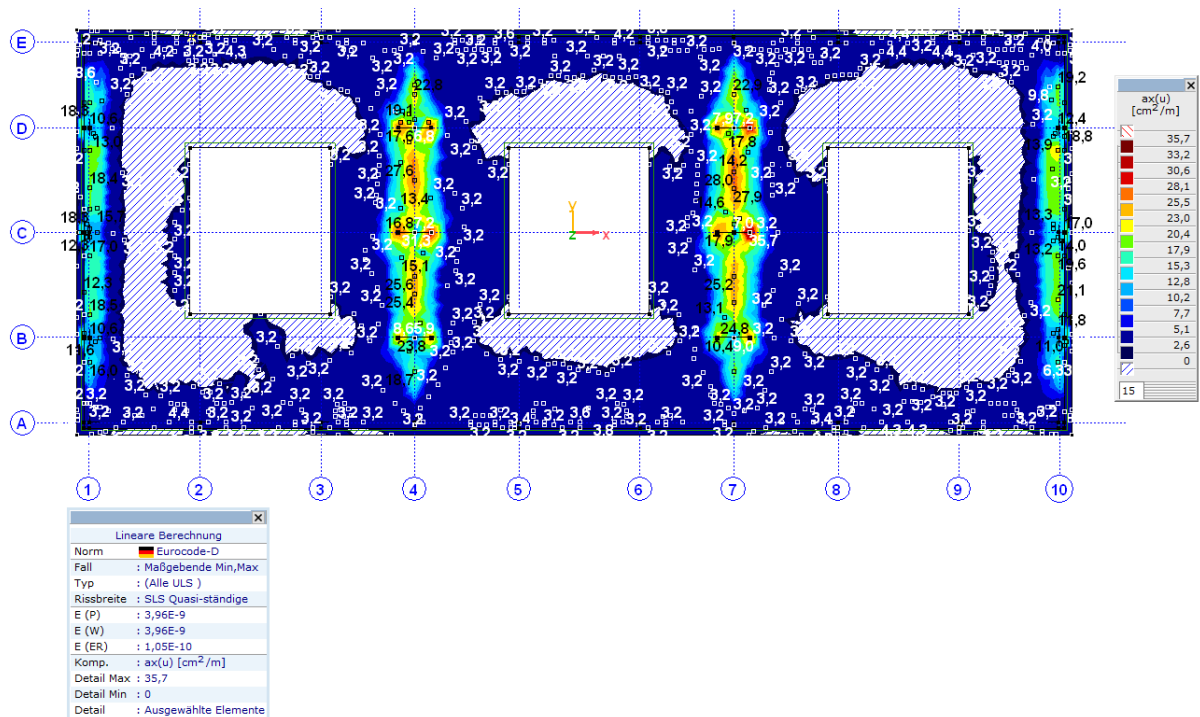


Abbildung 30: Berechnete untere Bewehrung in lokaler x-Richtung ax(u)

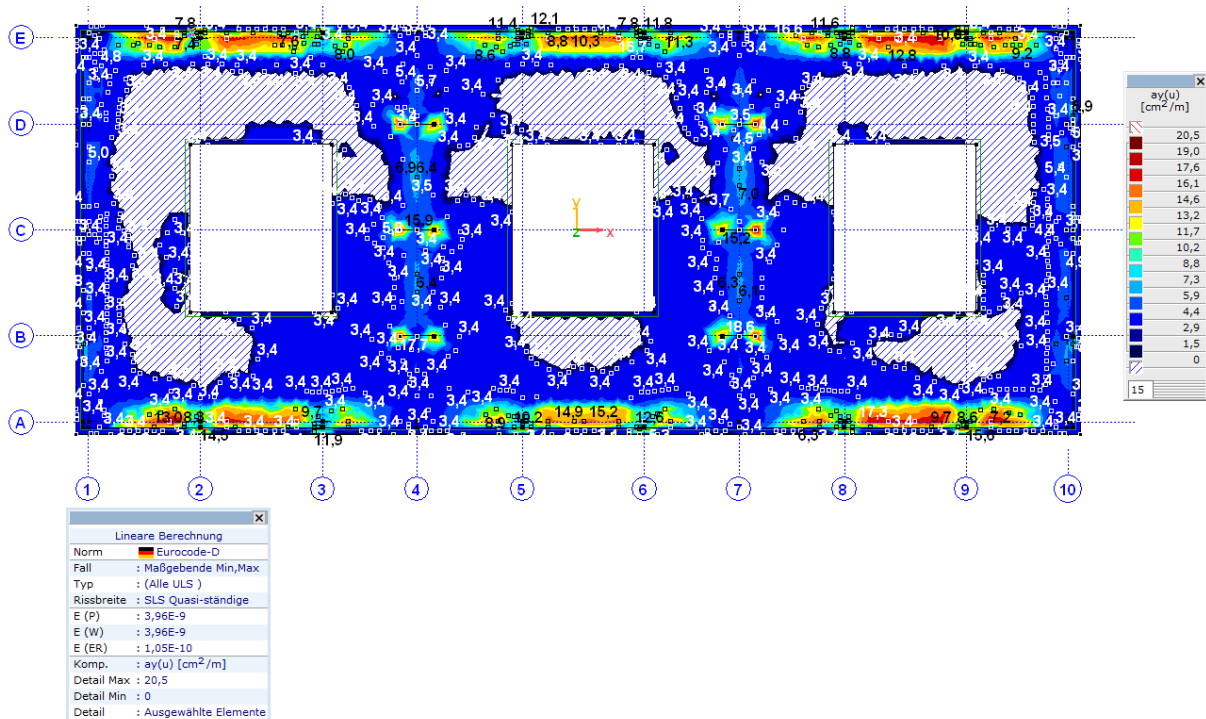


Abbildung 31: Berechnete untere Bewehrung in lokaler y-Richtung ay(u)

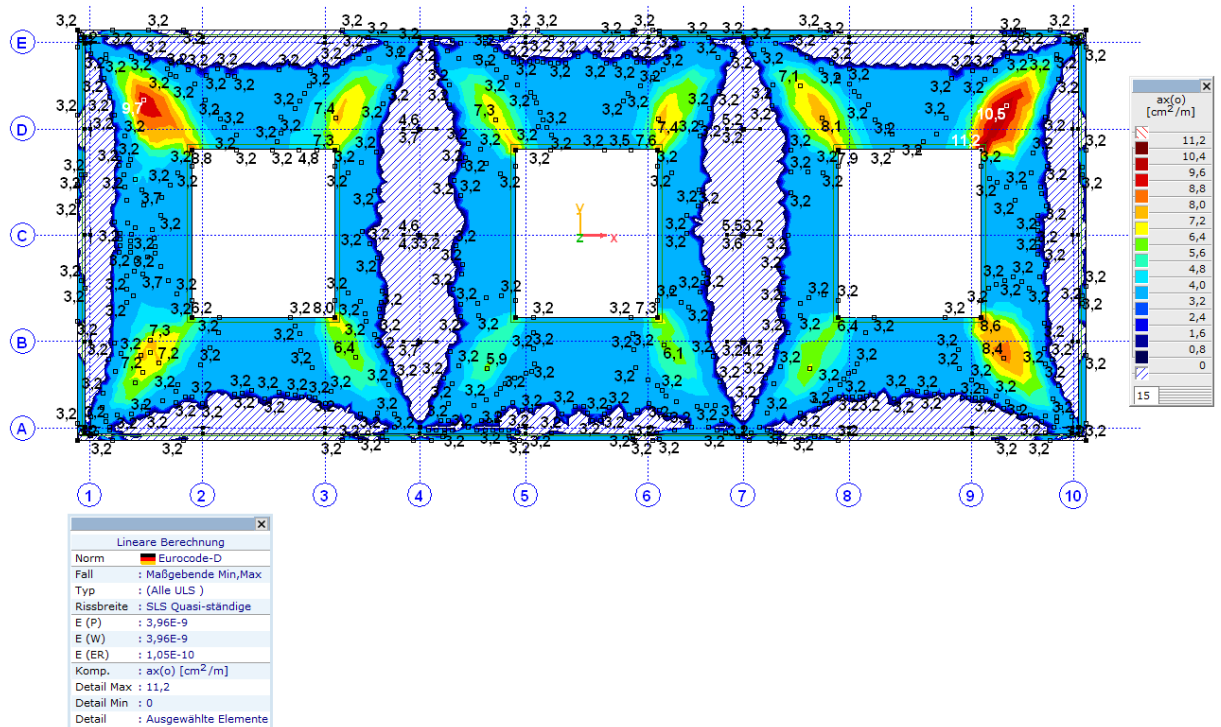


Abbildung 32: Berechnete obere Bewehrung in lokaler x-Richtung ax(o)

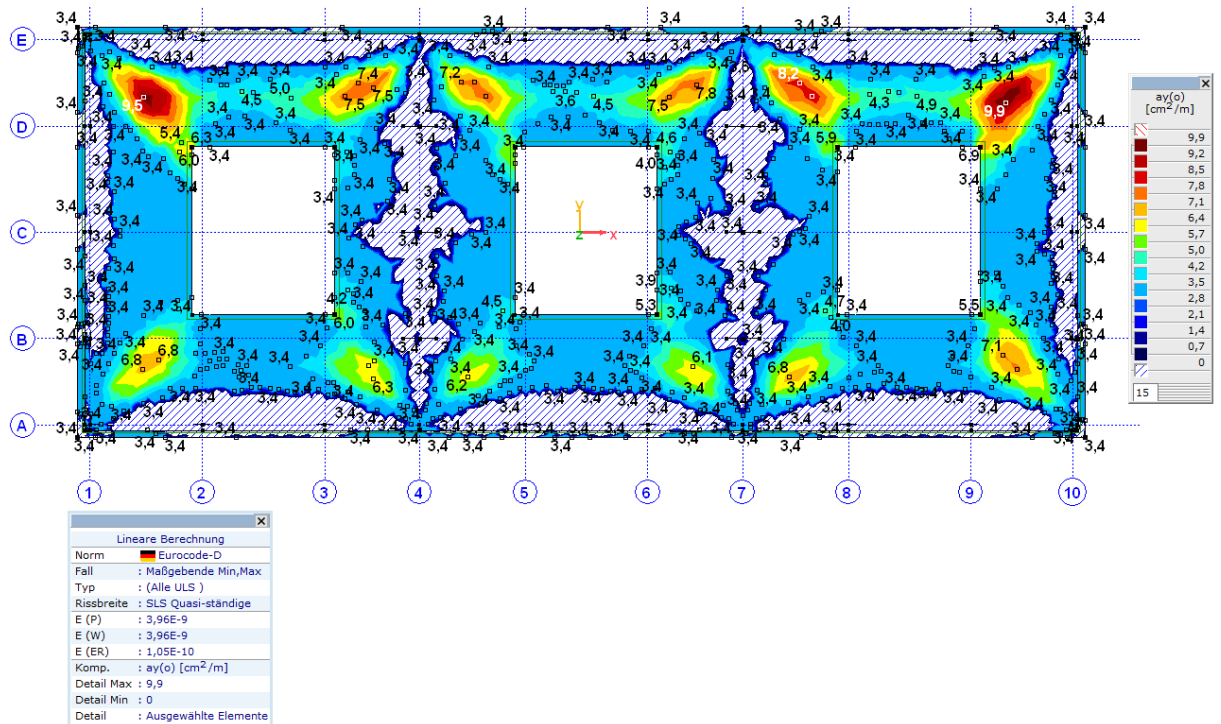


Abbildung 33: Berechnete obere Bewehrung in lokaler y-Richtung ay(o)

## 5.7.4 Entworfenere Bewehrung

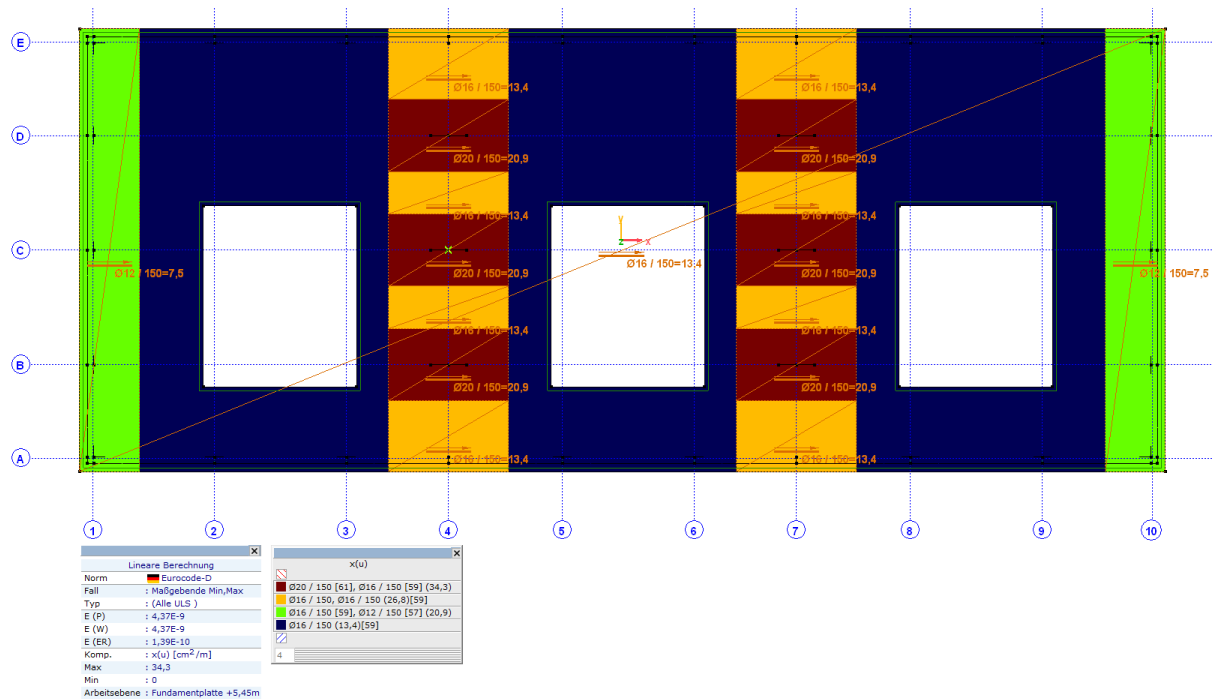


Abbildung 34: Entworfenere untere Bewehrung in lokaler x-Richtung

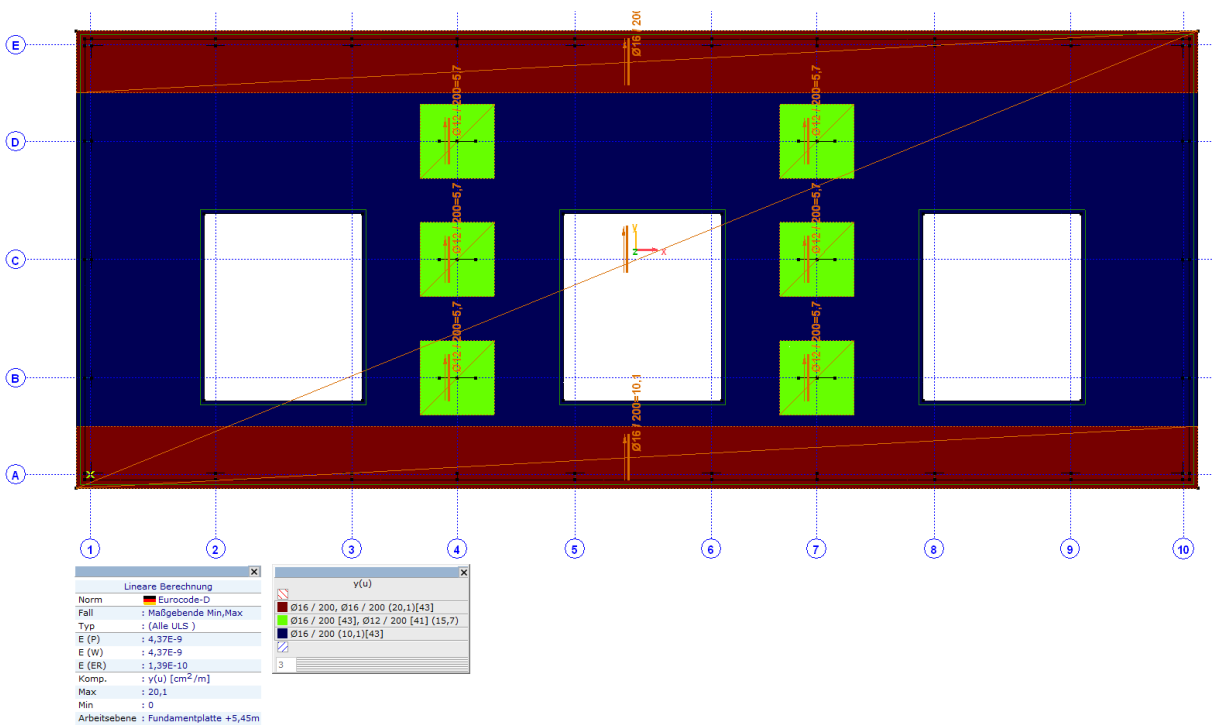


Abbildung 35: Entworfenere untere Bewehrung in lokaler y-Richtung



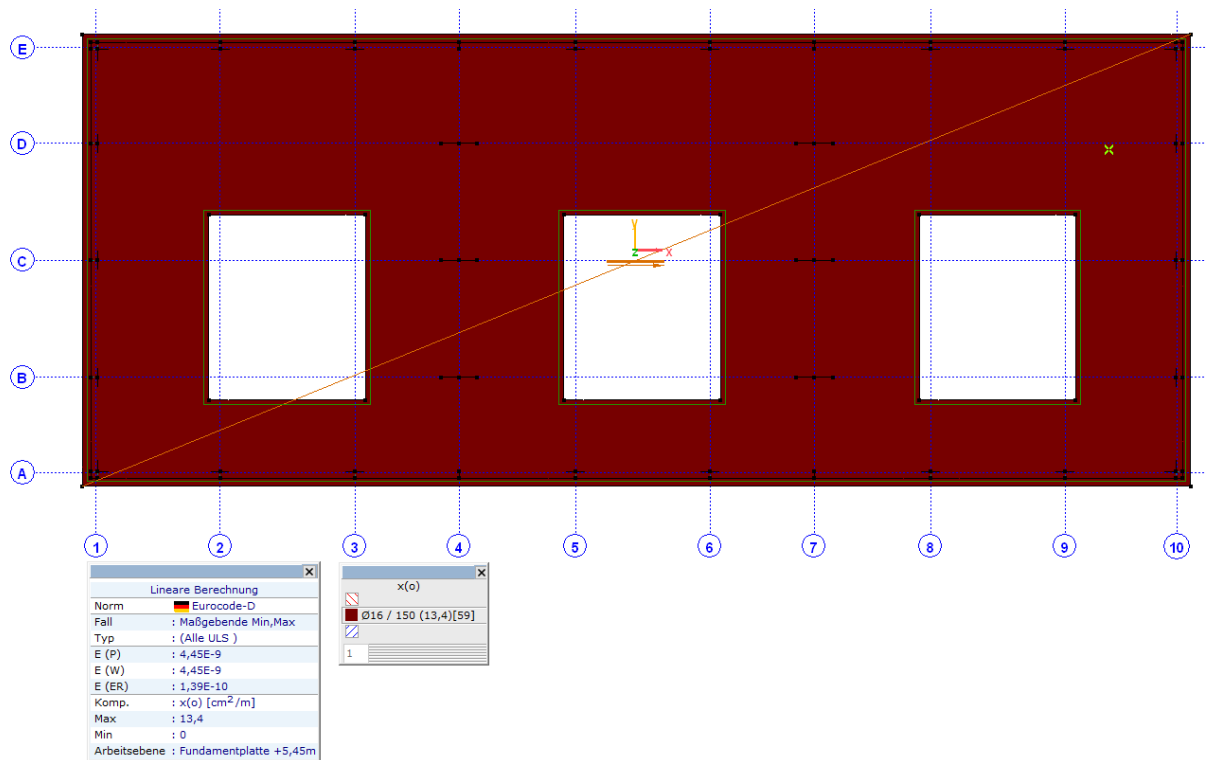


Abbildung 36: Entworfenere obere Bewehrung in lokaler x-Richtung

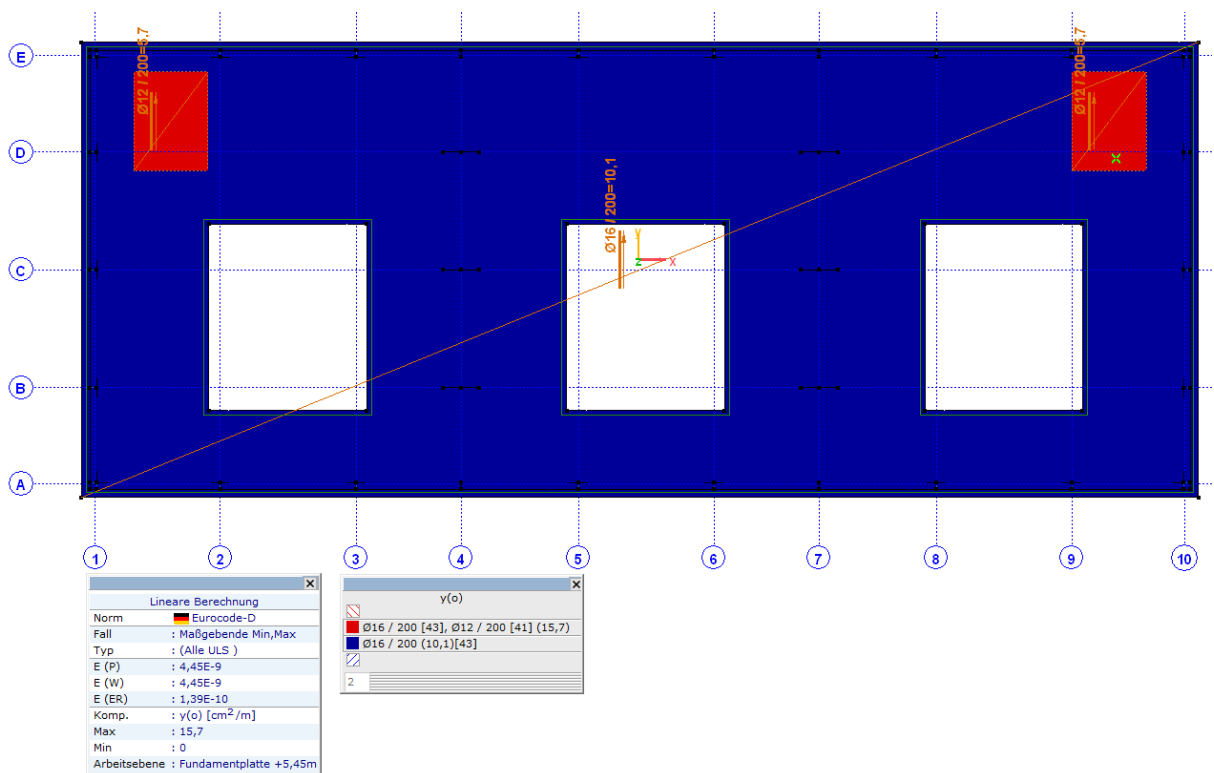
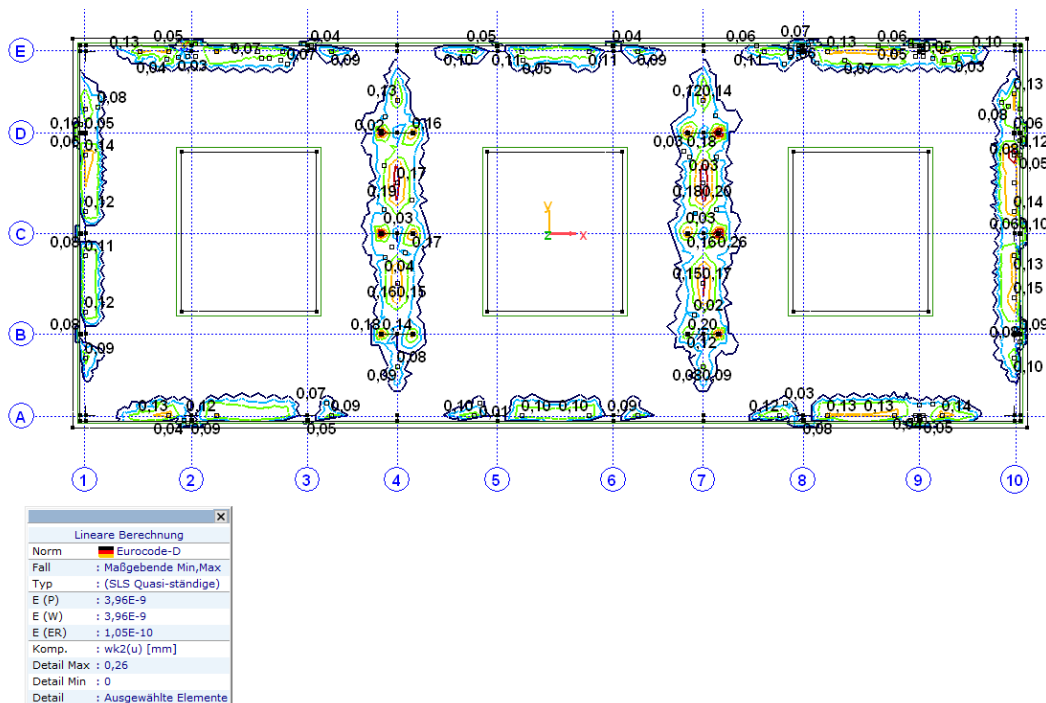
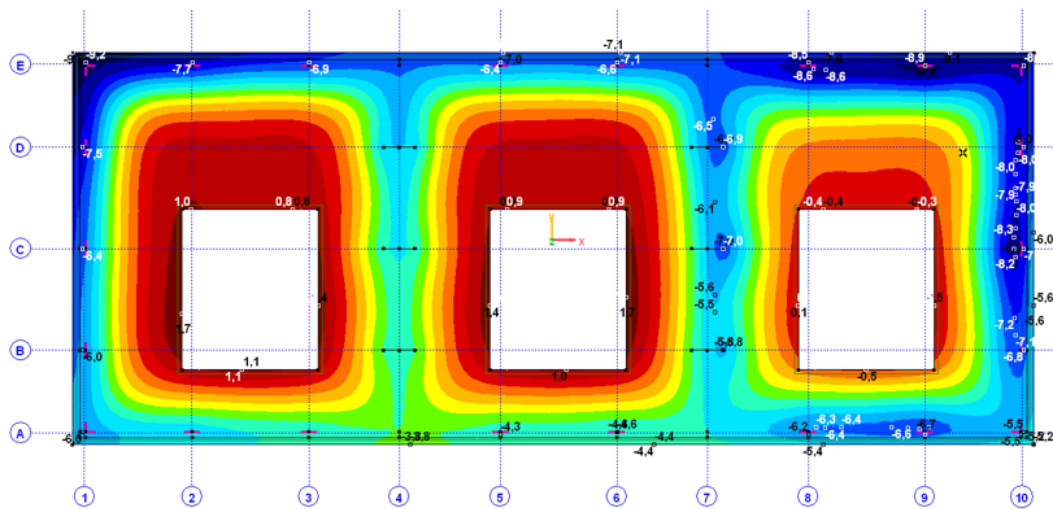


Abbildung 37: Entworfenere obere Bewehrung in lokaler y-Richtung



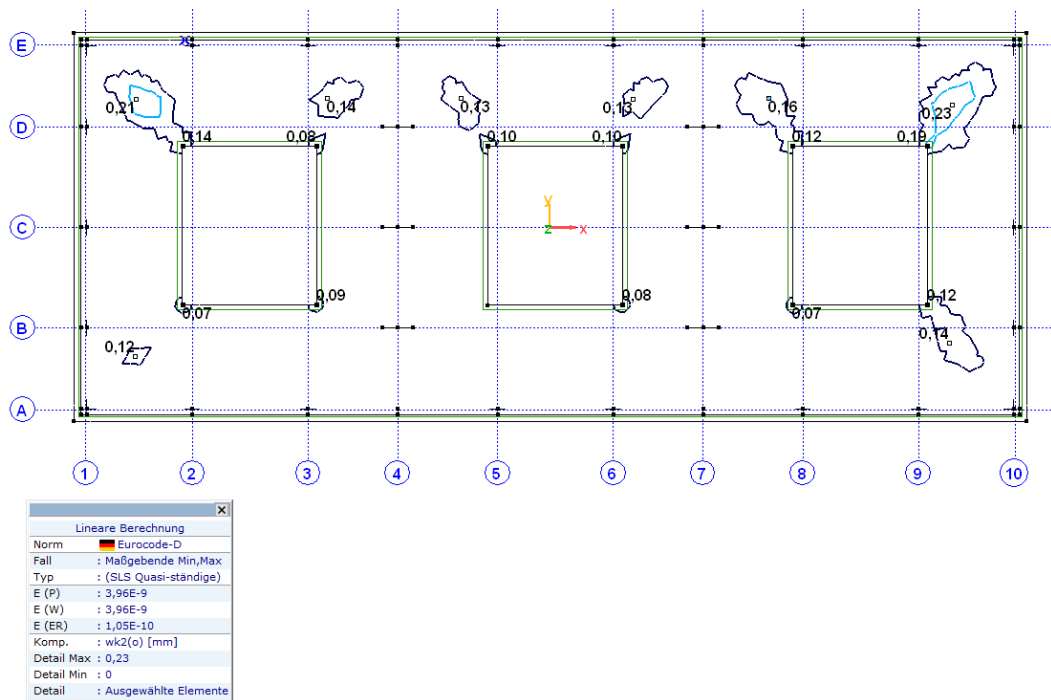


Abbildung 40: Rissbreiten an der oberen Oberfläche

Die in den Zeichnungen dargestellten Rissbreiten berücksichtigen keine Bewehrung der Fundamentbalken. Die Rissbildung der Randbalken wurde im Abs. 7 dargestellt.

Die berechneten Rissbreiten **erfüllen** die im Abs. 6.2 auferlegten Beschränkungen.

## 6 POSITION: FUNDAMENTBALKEN

Die Unterseite der Fundamentplatte ist umlaufend und in den Achsen 4 und 7 (unter den Stahlbetonwänden) mit Balken mit einem Querschnitt von 120 cm x 50 cm verstärkt.

Die Träger wurden zusammen mit der Fundamentplatte im FEM-Programm modelliert. Auf diese Weise wurden die Werte der Querschnittskräfte aufgrund der ungünstigsten Lastkombinationen ermittelt und anschließend die Balkenbewehrung dimensioniert.

### 6.1 Querschnitte und Abmessungen

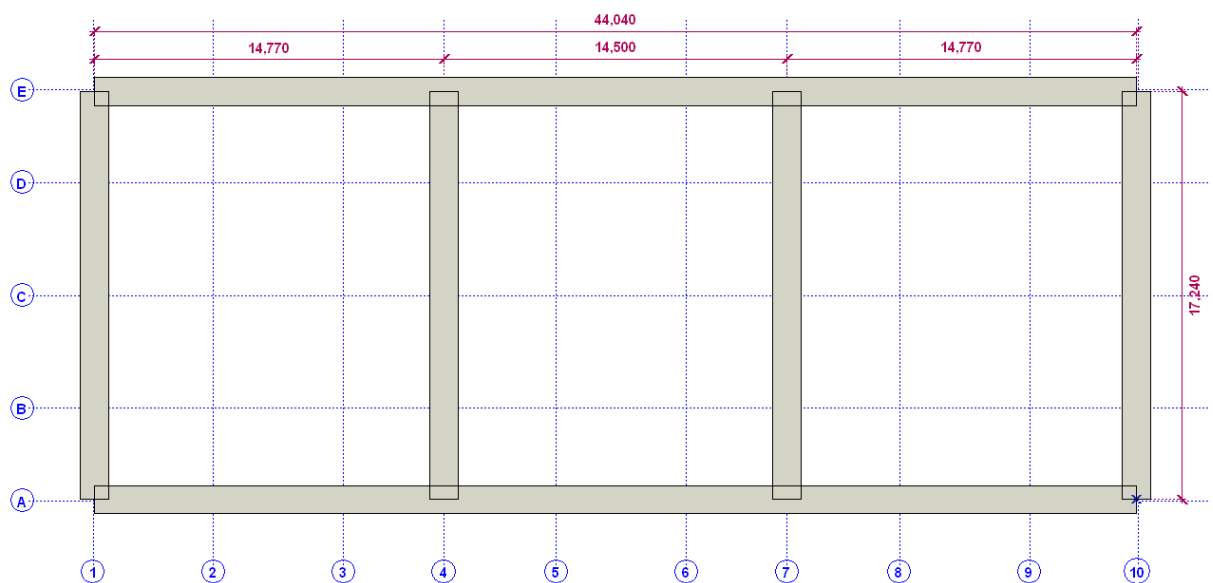


Abbildung 41: Abmessungen der Fundamentbalken

### 6.2 Bemessung

Detaillierte Bemessungsberechnungen befinden sich in der Anlage 5 „Bemessung der Fundamentbalken“.

## 6.2.1 Berechnete innere Schubkräfte und Biegemomente

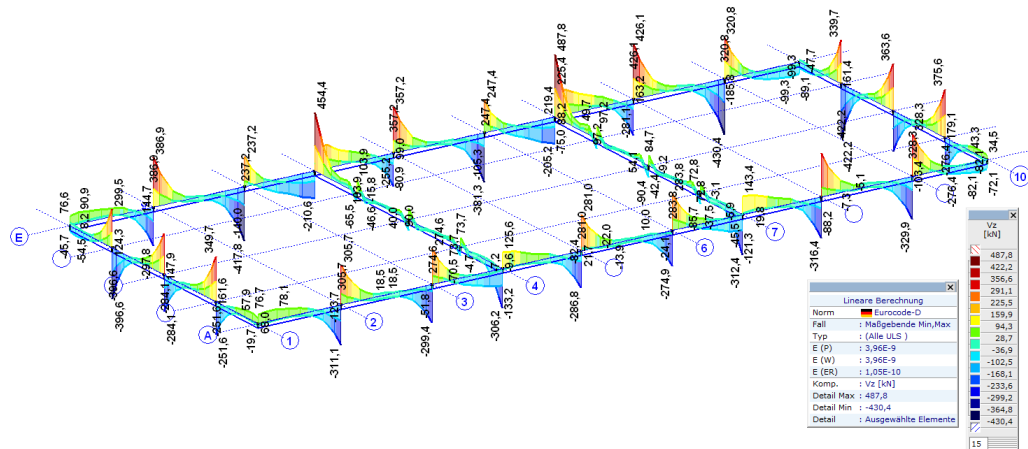


Abbildung 42: Schubkräfte Vz in den Fundamentbalken

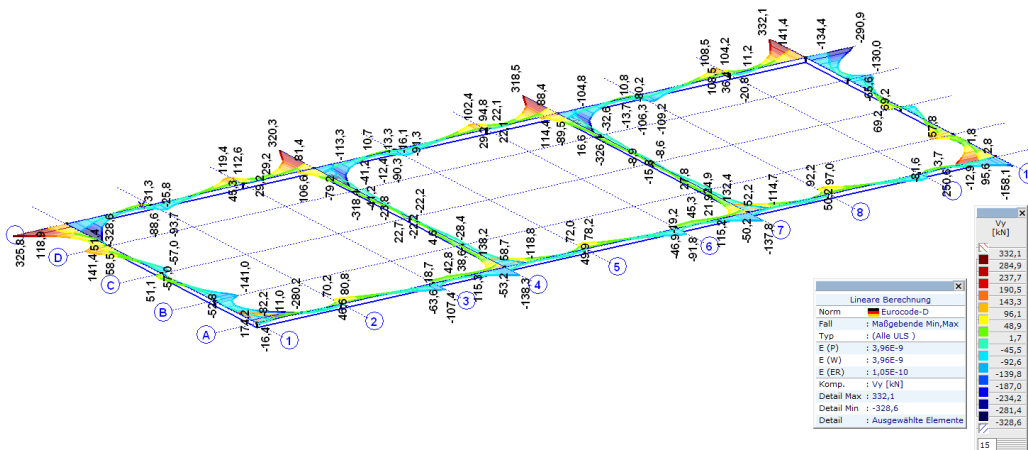


Abbildung 43: Schubkräfte Vy in den Fundamentbalken

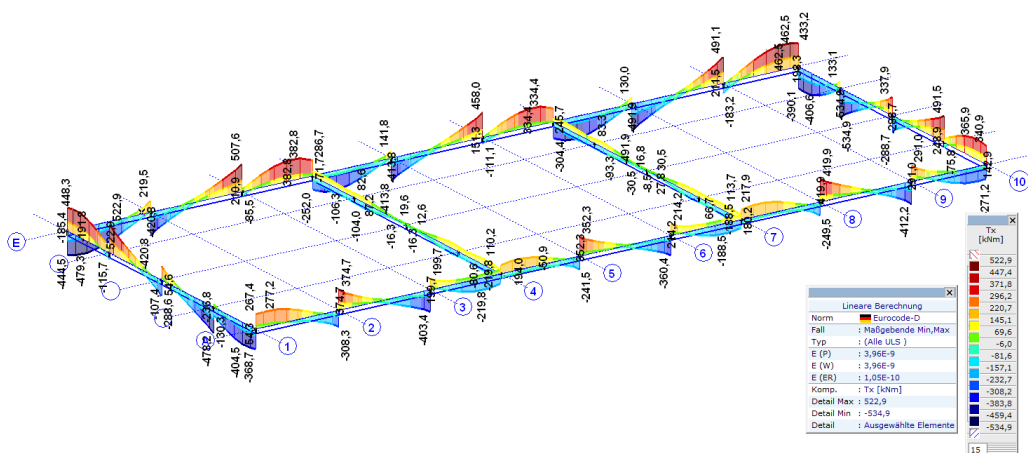


Abbildung 44: Torsionsmomente Tx in den Fundamentbalken

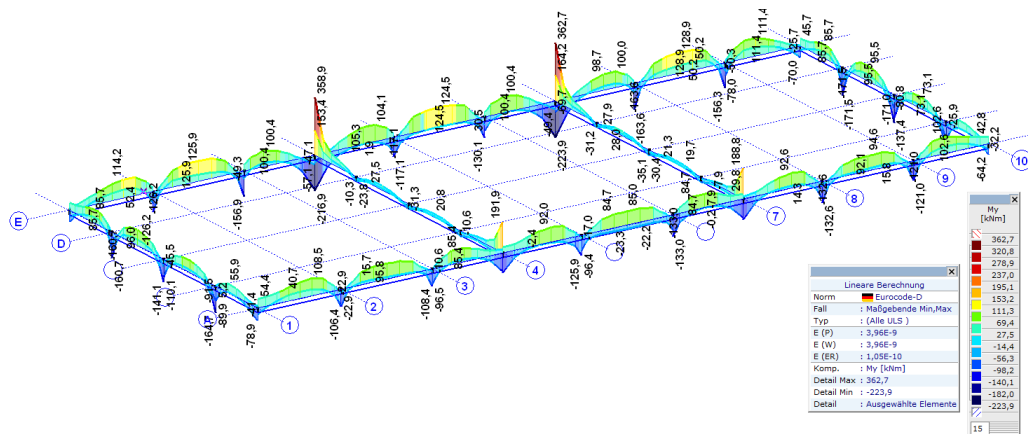


Abbildung 45: Biegemomente My in den Fundamentbalken

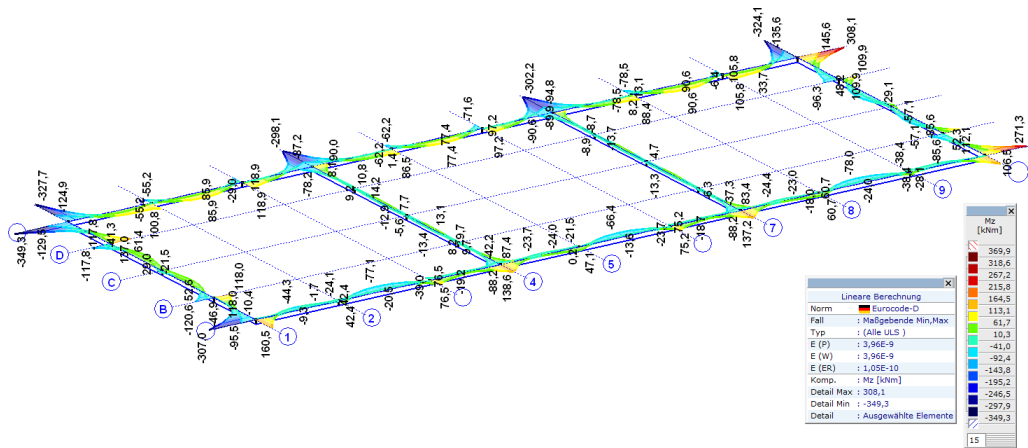


Abbildung 46: Biegemomente Mz in den Fundamentbalken

## 6.2.2 Bemessungsparameter

Betonüberdeckung: 35mm allerseits  
zul. Rissbreite: 0,2mm (unten)  
0,3mm (oben)

## 6.2.3 Bewehrung Balken Achse A

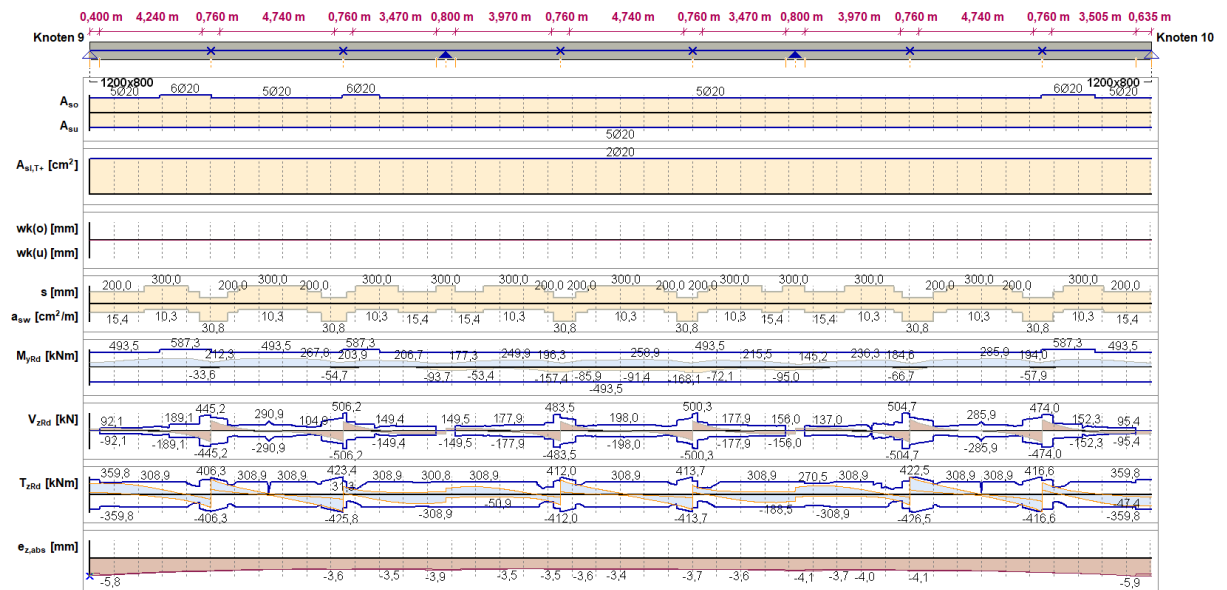


Abbildung 47: Berechnete Balkenbewehrung, Achse A, vertikale Ebene

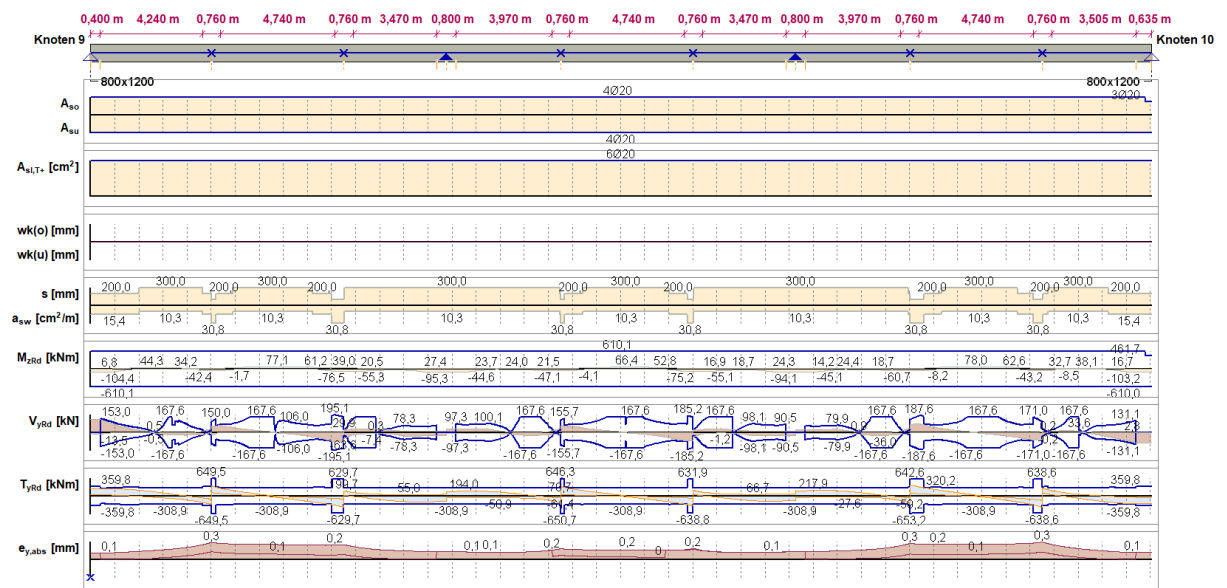


Abbildung 48: Berechnete Balkenbewehrung, Achse A, horizontale Ebene

Gewählt: Längsbewehrung 5#20 oben  
5#20 (+2#16 in angestr. Zonen) unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #14/200mm (2 Schenkel)  
#14/100mm (2 Schenkel) – in angestrenten Zonen

## 6.2.4 Bewehrung Balken Achse E

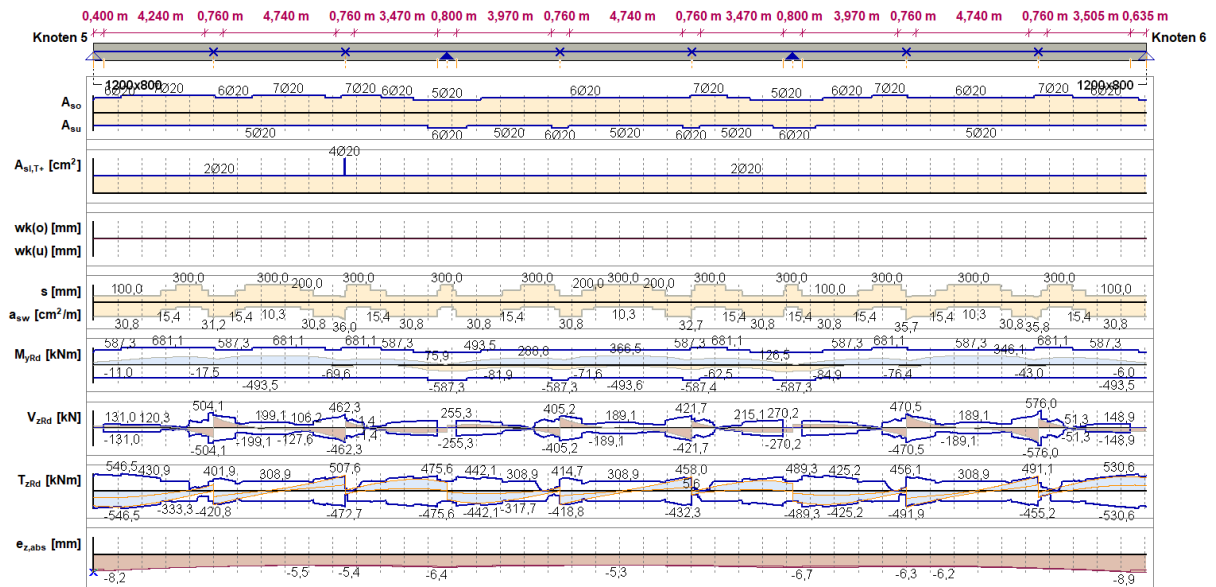


Abbildung 49: Berechnete Balkenbewehrung, Achse E, vertikale Ebene

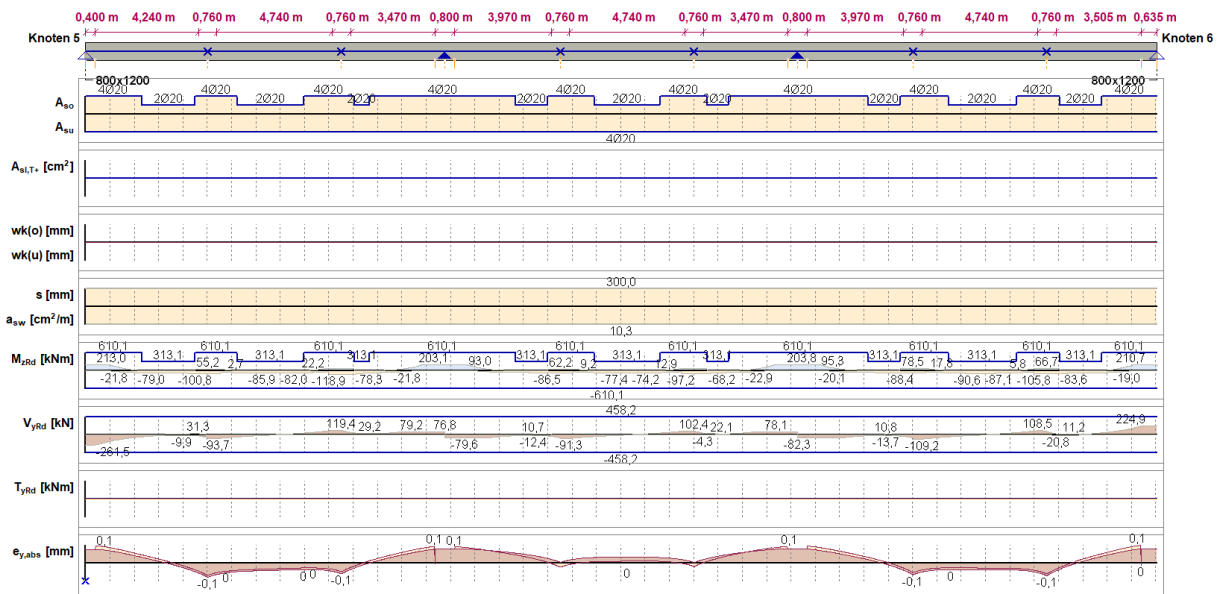


Abbildung 50: Berechnete Balkenbewehrung, Achse E, horizontale Ebene

**Gewählt:** Längsbewehrung 7#20 oben  
5#20 (+2 bis 3#16 in angestr. Zonen)  
unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #14/200mm (2 Schenkel)  
#14/100mm (2 Schenkel) – in angestrenten Zonen



## 6.2.5 Bewehrung Balken Achse 1

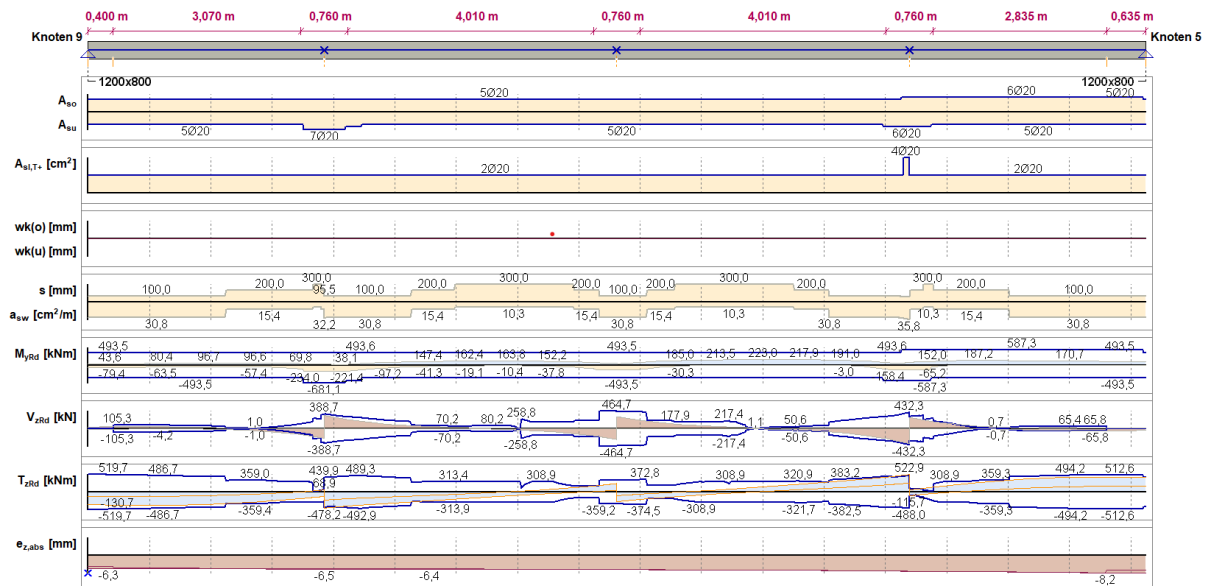


Abbildung 51: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 1, vertikale Ebene

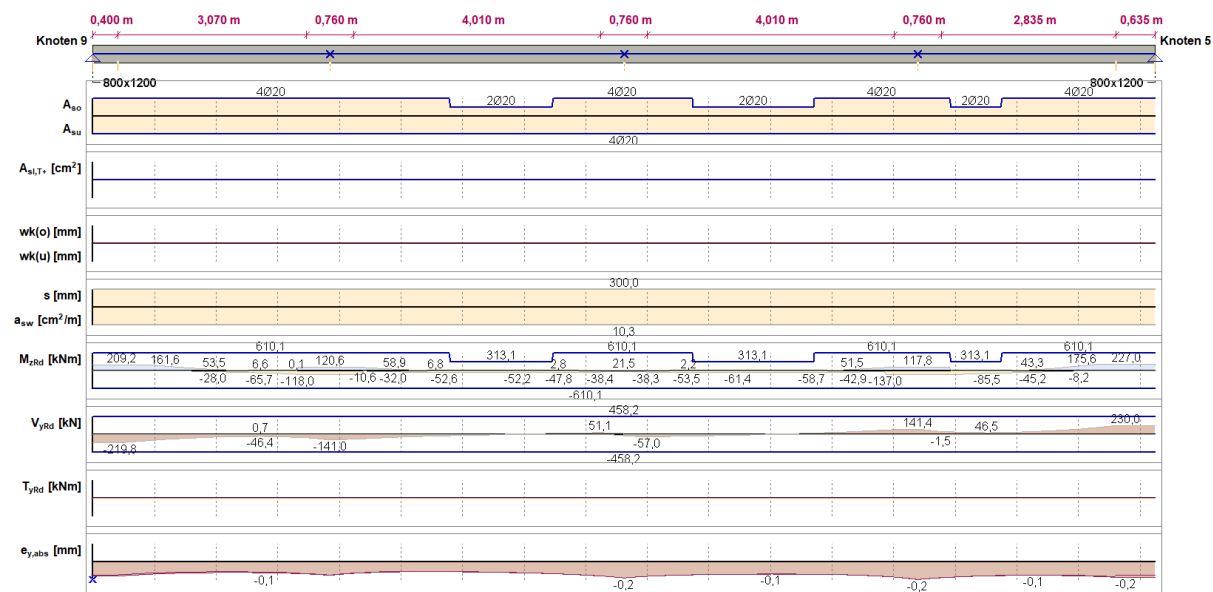


Abbildung 52: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 1, horizontale Ebene

Angenommen: Längsbewehrung 5#20 (+2#16 in angestr. Zonen) oben  
5#20 (+2#16 oder +2#20 in angestr. Zonen) unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #14/200mm (2 Schenkel)  
#14/100mm (2 Schenkel) – in angestregten Zonen

## 6.2.6 Bewehrung Balken Achse 10

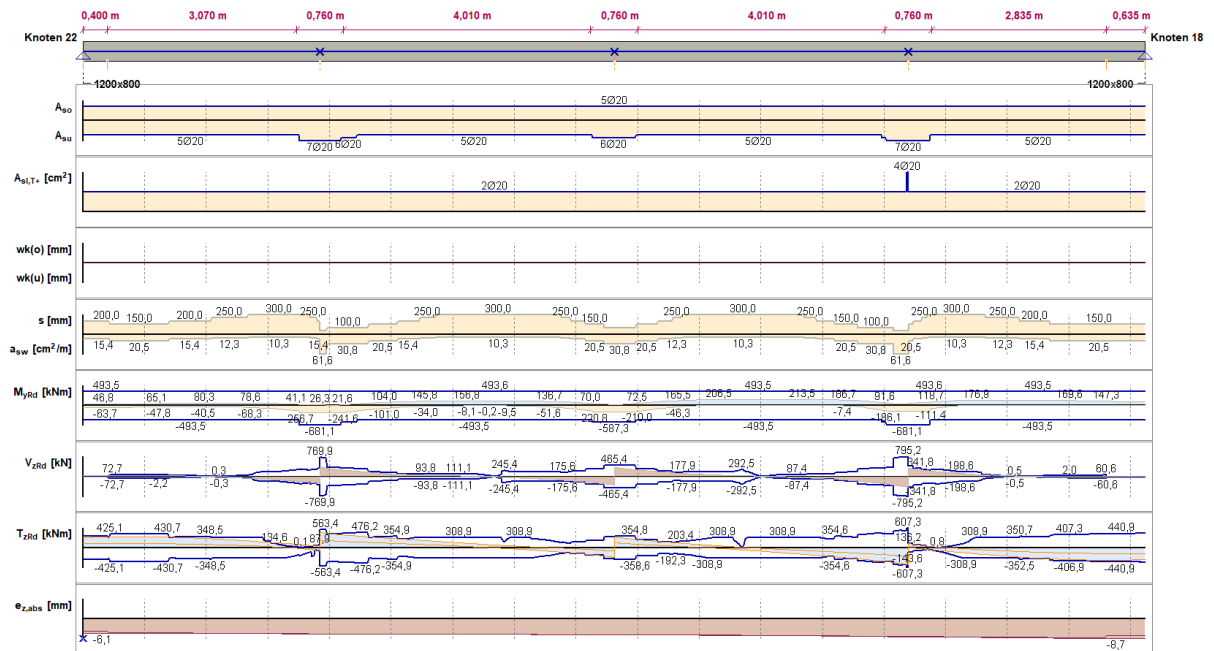


Abbildung 53: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 10, vertikale Ebene

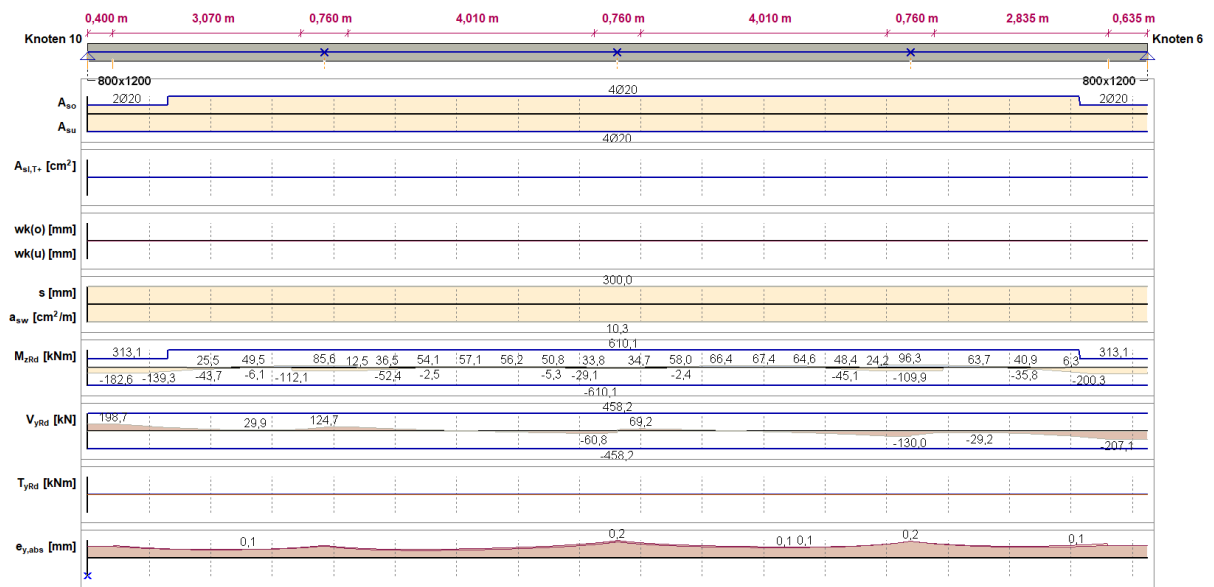


Abbildung 54: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 10, horizontale Ebene

Angenommen: Längsbewehrung 5#20 oben (+2#16 in angestr. Zonen)  
5#20 (+2#16 oder +2#20 in angestr. Zonen) unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #14/200mm (2 Schenkel)  
#14/100mm (2 Schenkel) – in angestrenten Zonen

## 6.2.7 Bewehrung Balken Achse 4

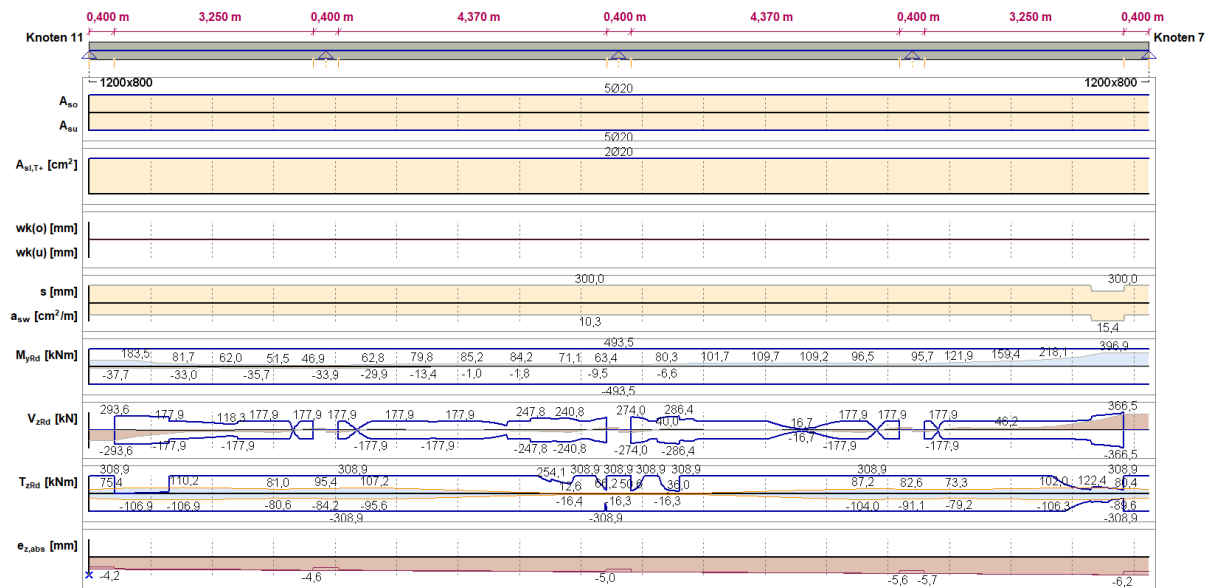


Abbildung 55: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 4, vertikale Ebene

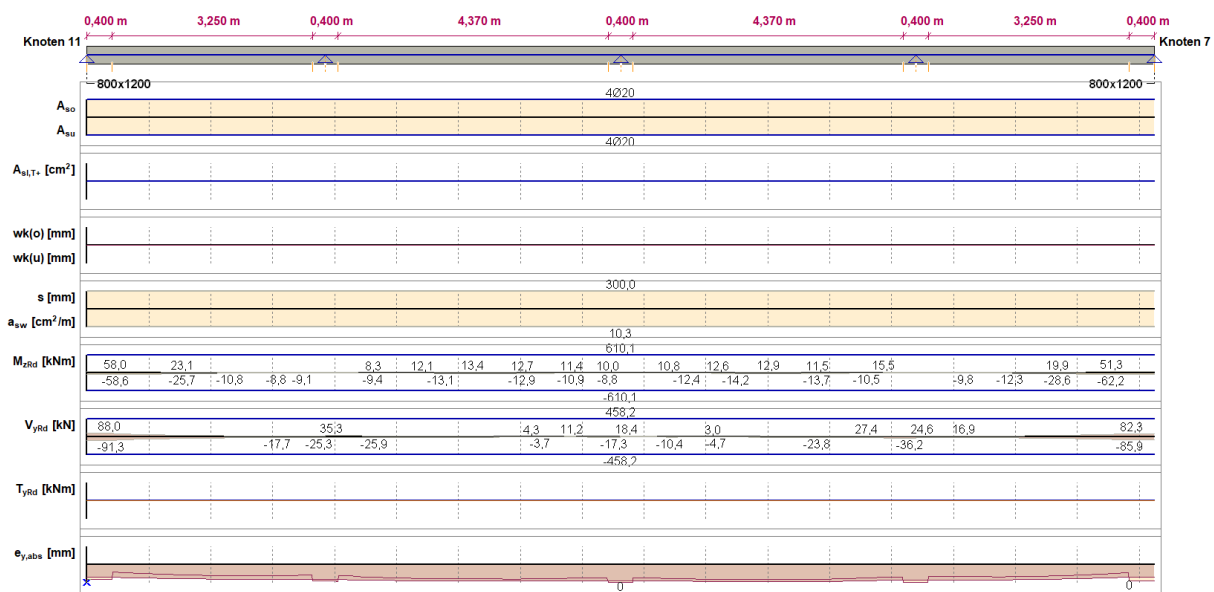


Abbildung 56: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 4, horizontale Ebene

Angenommen: Längsbewehrung 5#20 oben und unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #12/200mm (2 Schenkel)

## 6.2.8 Bewehrung Balken Achse 7

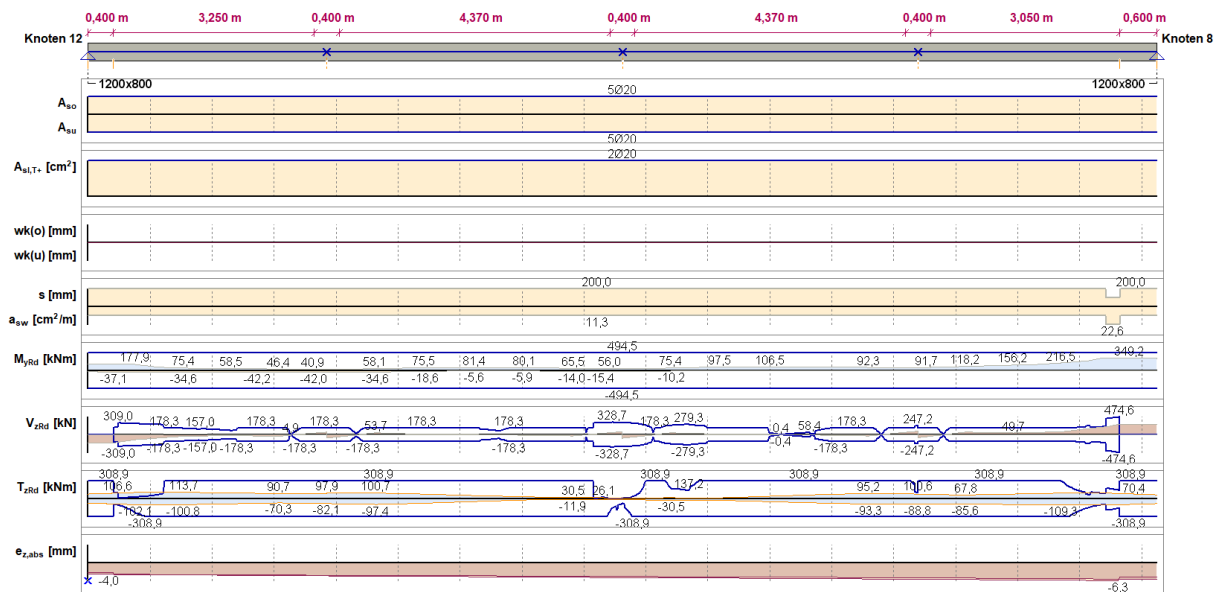


Abbildung 57: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 7, vertikale Ebene

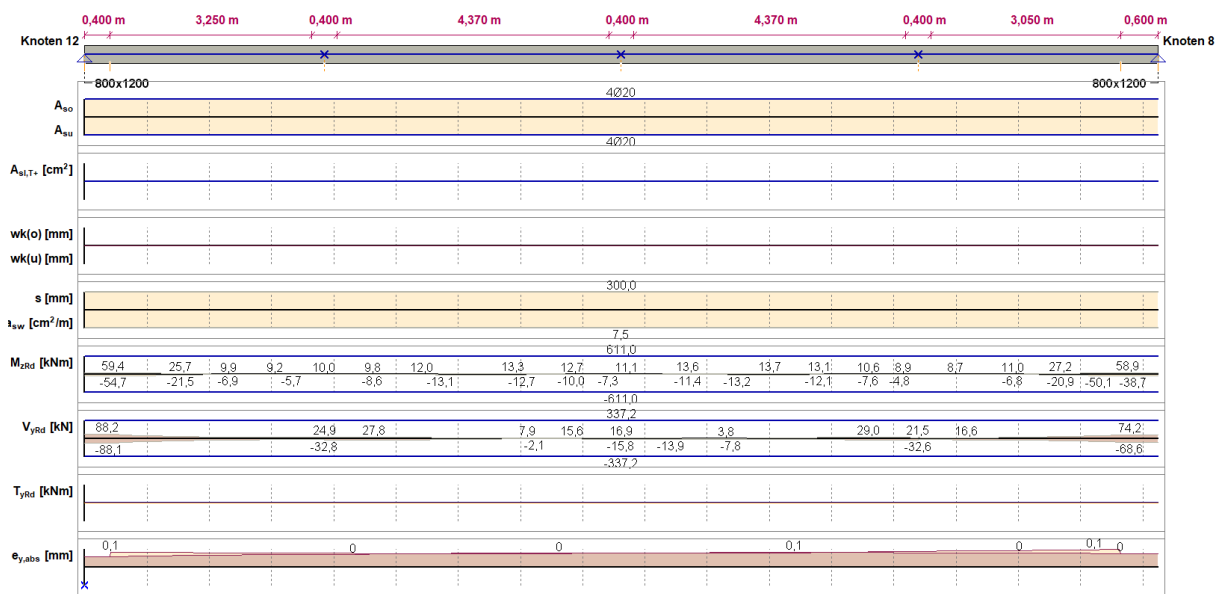


Abbildung 58: Berechnete Balkenbewehrung, Achse 7, horizontale Ebene

Angenommen: Längsbewehrung 5#20 oben und unten  
4#20 seitlich (jede Seite)  
Bügel #12/200mm (2 Schenkel)

## 7 POSITION: FUNDAMENTWÄNDE

### 7.1 Betondeckung

Angenommene Anforderungsklasse: S3

#### 7.1.1 Betondeckung Fundamentwand im Kontakt mit Boden

Expositionsklasse: XA1, XC3

Mindestdruckfestigkeitsklasse: für XA1 --> C25/30

für XC3 --> C20/25

Angenommen: C25/30

Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung:  $c_{min,dur} = 20mm$

Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,dur}; 10mm) = 20mm$

Vorhaltemaß:  $\Delta c_{dev} = 15mm$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35mm$

#### 7.1.2 Betondeckung Fundamentwand ohne Kontakt mit Boden

Expositionsklasse: XC3

Mindestdruckfestigkeitsklasse: für XC3 --> C20/25

Angenommen: C25/30

Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung:  $c_{min,dur} = 20mm$

Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,dur}; 10mm) = 20mm$

Vorhaltemaß:  $\Delta c_{dev} = 15mm$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35mm$

#### 7.1.3 Betondeckung wegen Brandschutz

Für zweiachsig gespannte Platte gilt:

REI120 -->  $a = 25mm$  von der Stabachse zur Betonoberfläche

**erfüllt** für  $c_{nom} = 35mm$  und Stabdurchmesser 16mm

### 7.2 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Zulässige Rissbreite für Oberflächen im Kontakt mit Boden: 0,2mm

Zulässige Rissbreite für Oberflächen ohne Kontakt mit Boden: 0,3mm



Mindestbewehrung horizontal, Wände t=43cm (zul. Rissbreite 0,2mm)

Erlaubte Rissbreite  $v_k := 0,2 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 43 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 3,5 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{os} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmb} := \beta_{os}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{oteff} := f_{otmb} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \text{ then } 1,0 \text{ else } \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \text{ then } 0,65 \text{ else } 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,73$$

$$k_o := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 387 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{oteff}} = 66,53 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{oteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 102,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 151,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{pmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{pmatrix} \right) = 151,71 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 10$$

$$h_{oedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 3$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$5$$

$$h_{oeff} := h_{oedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 12,9 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{oeff}}{d_1} = 3$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 2150 \text{ cm}^2$$

$$A_{oeff} := h_{oeff} \cdot b = 1290 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 15,81 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{oteff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 13,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{f_{yk}} = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) = 13,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{bmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) \end{bmatrix} \right) = 13,05 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 11,09 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 5,5158$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 18,13 \text{ cm}$$

#16/150mm





Mindestbewehrung vertikal, Wände t=43cm (zul. Rissbreite 0,2mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,2 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 43 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 5,1 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{n \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{oo} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmt} := \beta_{oo}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{oteff} := f_{otmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \text{ then } 1,0 \text{ else } \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \text{ then } 0,65 \text{ else } 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,73$$

$$k_o := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 371 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{stoeff}} = 91,29 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{stoeff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 87,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 151,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 151,71 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 7,29$$

$$h_{oedd\_to\_d1} := \begin{cases} \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 & = 2,73 \\ 1,25 \cdot \frac{h}{d_1} & \\ \text{else} & \\ \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30 & \\ 2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1} & \\ \text{else} & \\ 5 & \end{cases}$$

$$h_{oeff} := h_{oedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 16,1 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{oeff}}{d_1} = 2,73$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 2150 \text{ cm}^2$$

$$A_{oeff} := h_{oeff} \cdot b = 1610 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{stoeff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 15,81 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{steff} \cdot A_{steff}}{\sigma_s} = 16,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{steff} \cdot A_{st}}{f_{yk}} = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 16,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 15,81 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 13,44 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 6,6852$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 14,96 \text{ cm}$$

#16/150mm



Mindestbewehrung horizontal, Wände t=43cm (zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 43 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 3,5 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{oa} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmb} := \beta_{oa}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{otbff} := f_{otmb} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \quad 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \quad 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,73$$

$$k_{\sigma} := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 387 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{oteff}} = 66,53 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{oteff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}^3}} \text{ MPa} = 125,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{v_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}^3}} \text{ MPa} = 185,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{pmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{pmatrix} \right) = 185,81 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 10$$

$$h_{oedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 3$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$5$$

$$h_{oeff} := h_{oedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 12,9 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{oeff}}{d_1} = 3$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 2150 \text{ cm}^2$$

$$A_{oeff} := h_{oeff} \cdot b = 1290 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 12,91 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{steff} \cdot A_{steff}}{\sigma_s} = 10,65 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{steff} \cdot A_{st}}{f_{yk}} = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 10,65 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 10,65 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 9,06 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_s} = 0,37$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 22,2 \text{ cm}$$

#16/150mm



Mindestbewehrung vertikal, Wände t=43cm (zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 43 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 5,1 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 16 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{oa} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmb} := \beta_{oa}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{otbfff} := f_{otmb} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \quad 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \quad 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,73$$

$$k_o := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 371 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{steff}} = 91,29 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{steff}} = 30,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 106,94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 185,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 185,81 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 7,29$$

$$h_{sodd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,73$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$5$$

$$h_{seff} := h_{sodd\_to\_d1} \cdot d_1 = 16,1 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{seff}}{d_1} = 2,73$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 2150 \text{ cm}^2$$

$$A_{seff} := h_{seff} \cdot b = 1610 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{steff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 12,91 \text{ cm}^2$$





$$A_{s2} := \frac{f_{steff} \cdot A_{steff}}{\sigma_s} = 13,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{steff} \cdot A_{st}}{f_{yk}} = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) = 13,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{bmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) \end{bmatrix} \right) = 12,91 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 10,97 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{—} = 584$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 18,32 \text{ cm}$$

#16/150mm

### 7.3 Statisches System

Beton C25/30

Betonstahl B500B

Wanddicke: 43cm

Expositionsklasse:      äußere Oberfläche XA1, XC3  
                                 innere Oberfläche XC3



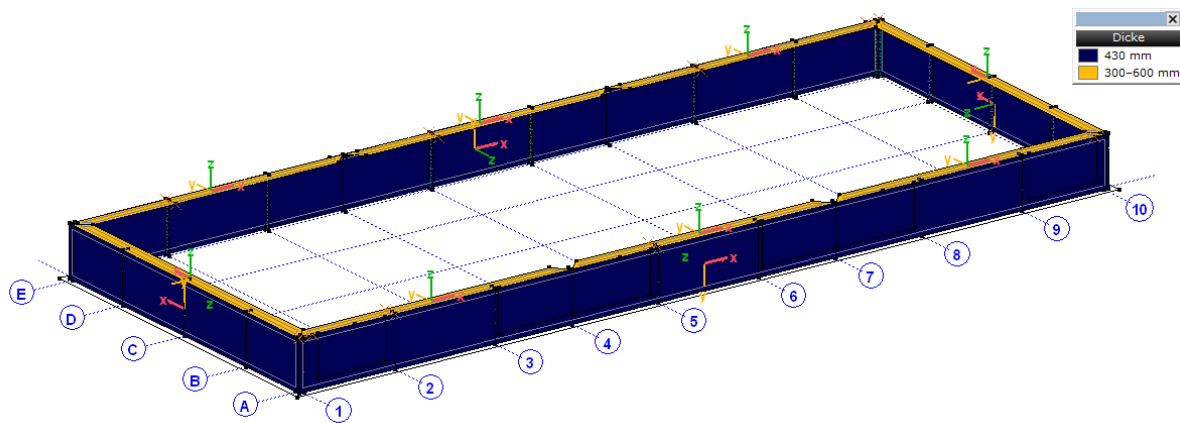


Abbildung 59: Fundamentwände - Geometrie

## 7.4 Direkt wirkende Belastungen

Lastwerte gem. Abs. 2.1 und 2.2.

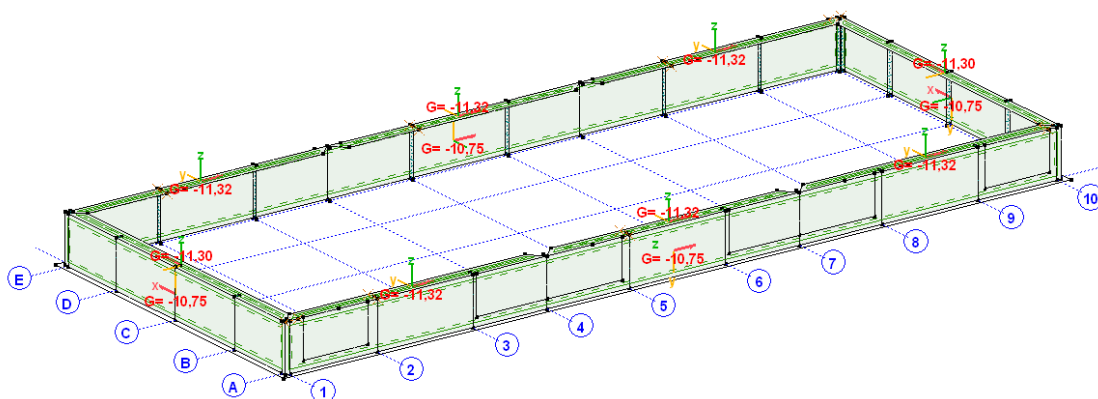


Abbildung 60: Eigengewicht

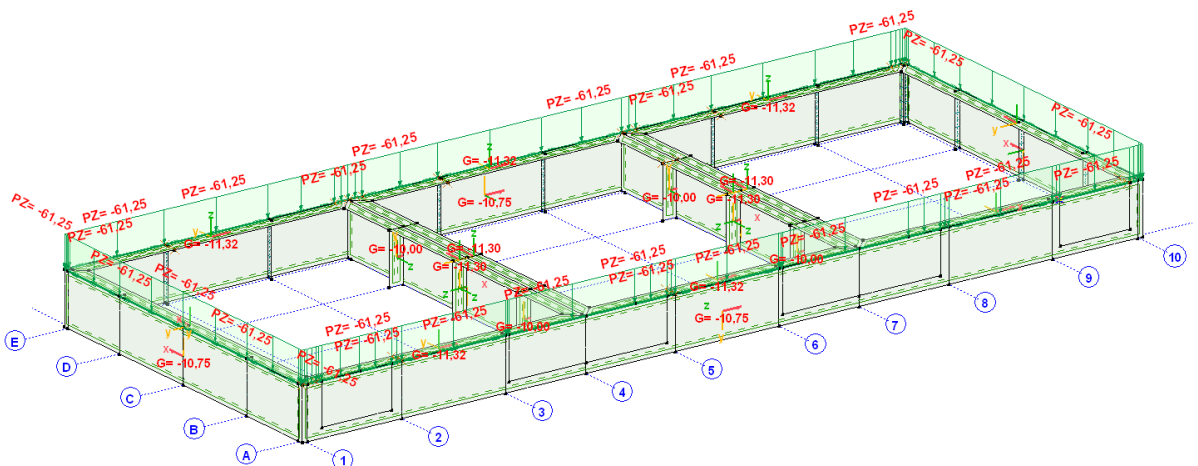


Abbildung 61: Wandlast

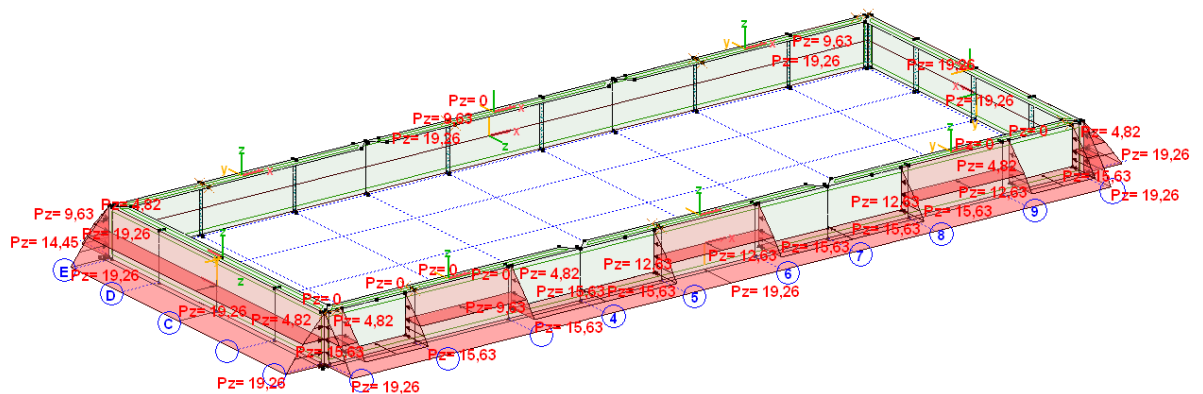


Abbildung 62: Erddruck

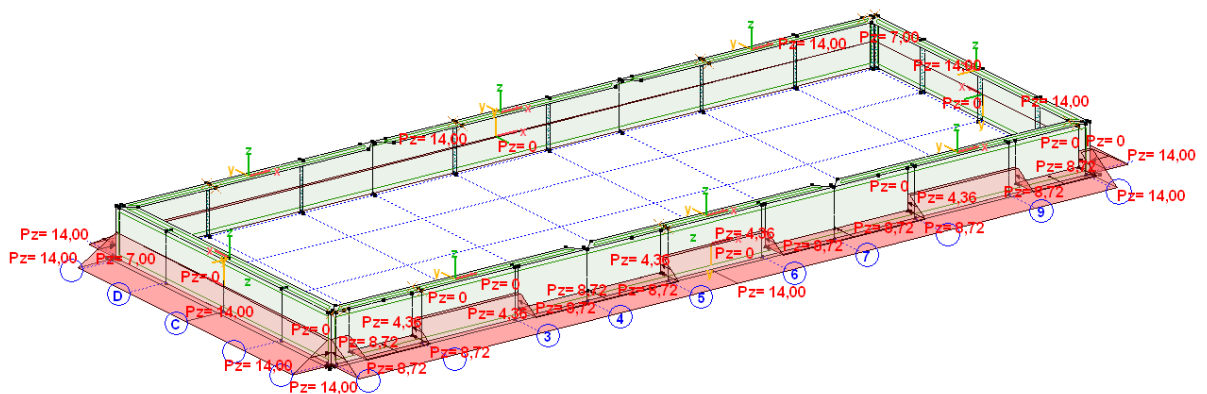


Abbildung 63: Grundwasserdruck

## 7.5 Indirekt wirkende Belastungen

Lasten, die indirekt auf die Fundamentwände einwirken, d. h. die Schneelast auf dem Dach, das Eigengewicht der Decke und der Wände wurden durch das Berechnungsprogramm Axis VM X7 automatisch auf Basis des 3D-Berechnungsmodells ermittelt, das die oben genannten Einwirkungen berücksichtigte. Diese Belastung wurde unter Berücksichtigung der Kombinatorik auf die Fundamentwände eingeleitet.

Lastwerte der berücksichtigten Lasten gemäß Abs. 2.1 und 2.2.

## 7.6 Lastgruppen Fundamentwände

Die Lasten wurden in Lastgruppen aufgeteilt. Jede Nutzlast kann getrennt oder zusammen mit anderen Nutzlasten wirken. Die Lastgruppenverteilung gem. Abs. 6.6.

## 7.7 Bemessung der Fundamentwände

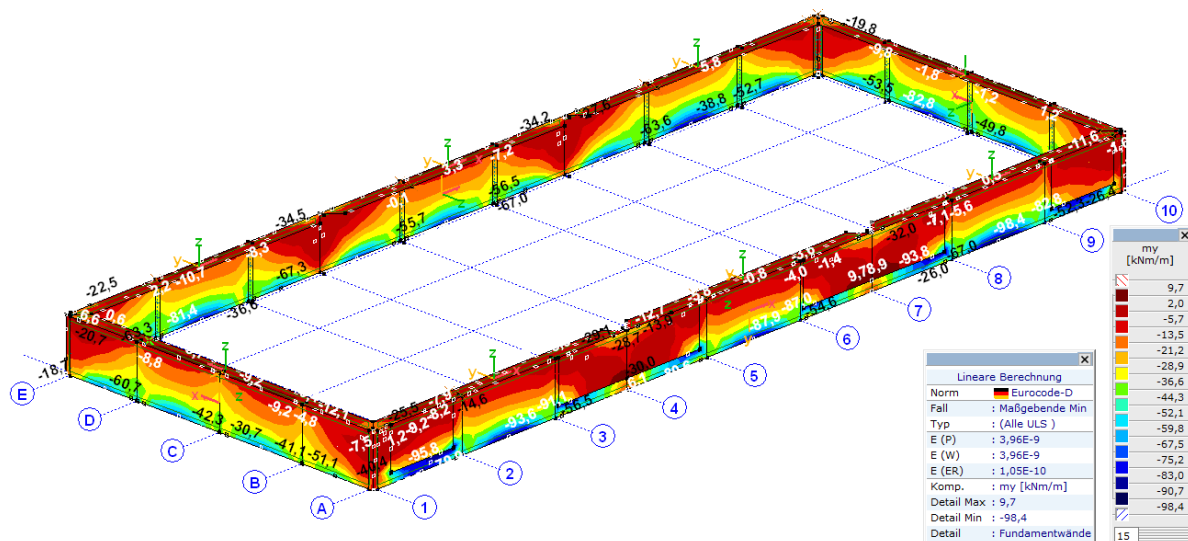
### 7.7.1 Bemessungsparameter

Die allgemeinen Parameter der Wandbewehrung wurden in folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 8: Parameter der Wandbewehrung**

| Parameter der Bereichsbewehrung |        |            |                     |               |      |                        |           |                    |
|---------------------------------|--------|------------|---------------------|---------------|------|------------------------|-----------|--------------------|
|                                 | Beton  | Betonstahl | Bauwerks-<br>klasse | Dicke<br>[mm] | Pos. | Expositions-<br>klasse | c<br>[mm] | $\sigma_x$<br>[mm] |
| 1                               | C25/30 | B500B      | S3                  | 240           | ↑    | XC3                    | 35        | 16                 |
|                                 |        |            |                     |               | ↓    | XC3                    | 35        | 16                 |

### 7.7.2 Berechnete innere Biegemomente



**Abbildung 64: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)**

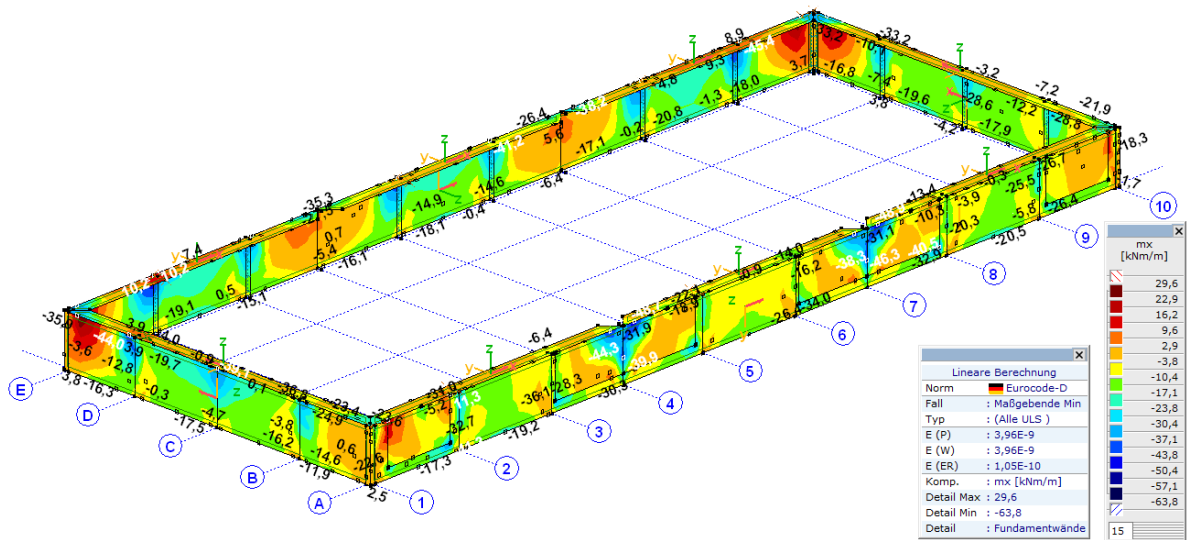


Abbildung 65: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

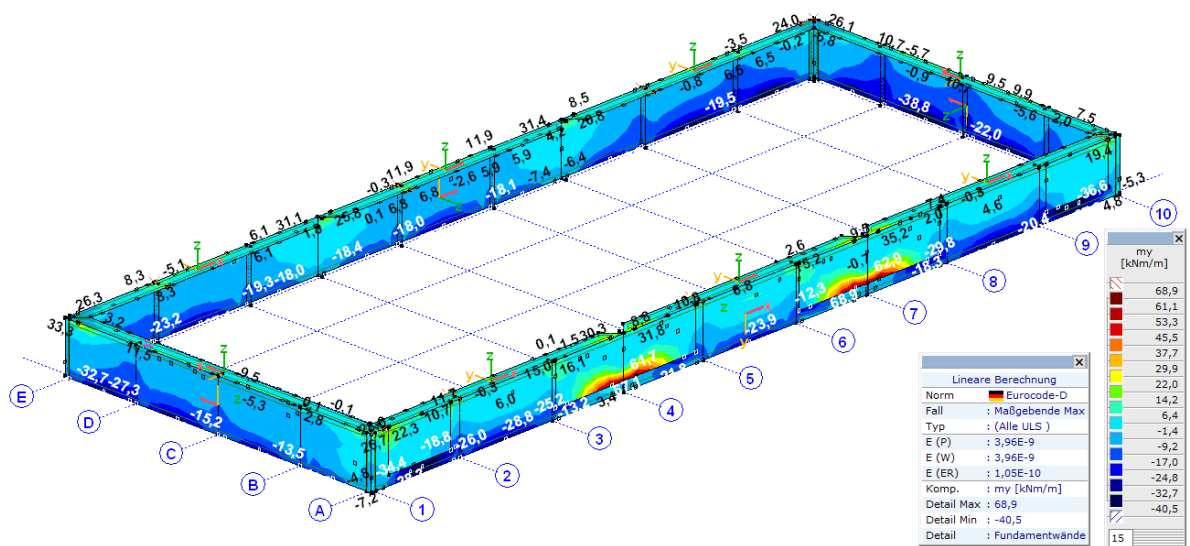


Abbildung 66: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)

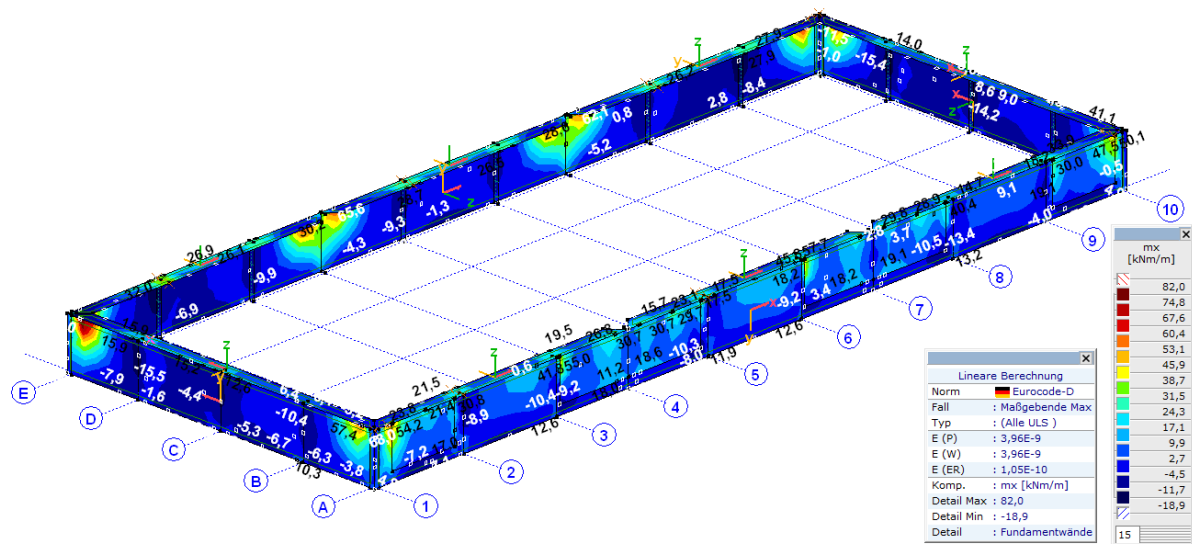


Abbildung 67: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

### 7.7.3 Berechnete Bewehrung

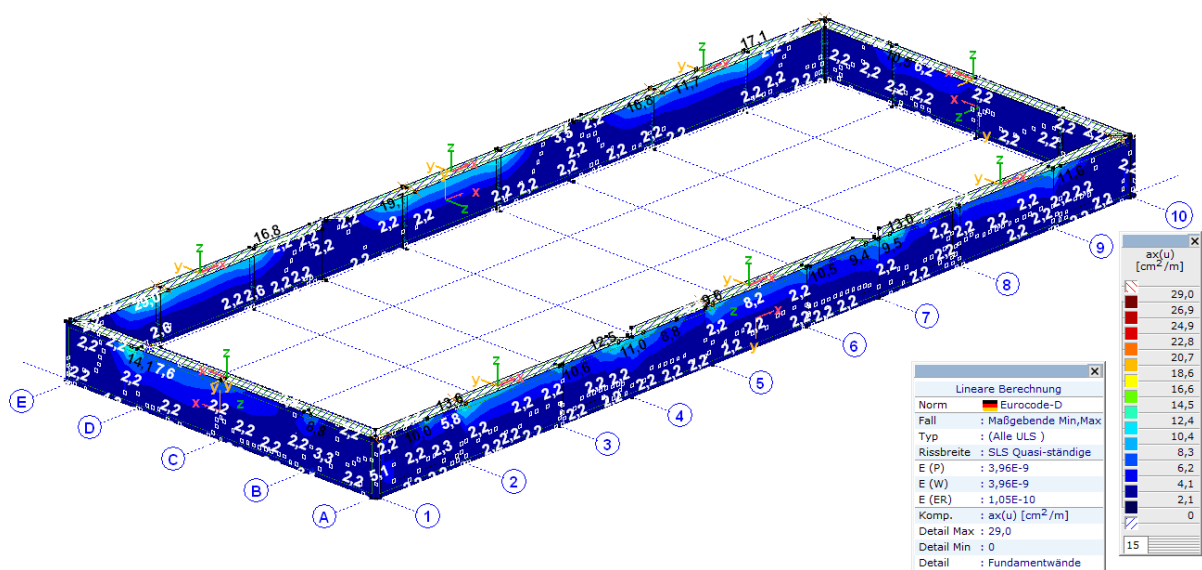


Abbildung 68: Berechnete Bewehrung außen in lokaler x-Richtung ax(u) (horizontal)

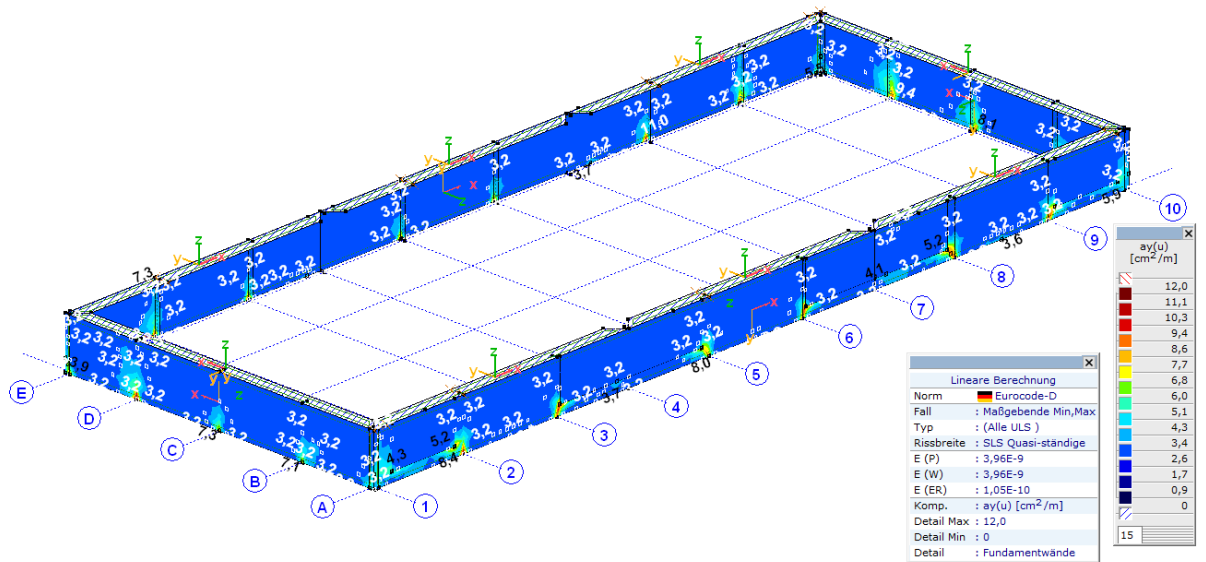


Abbildung 69: Berechnete Bewehrung außen in lokaler y-Richtung  $a_y(u)$  (vertikal)

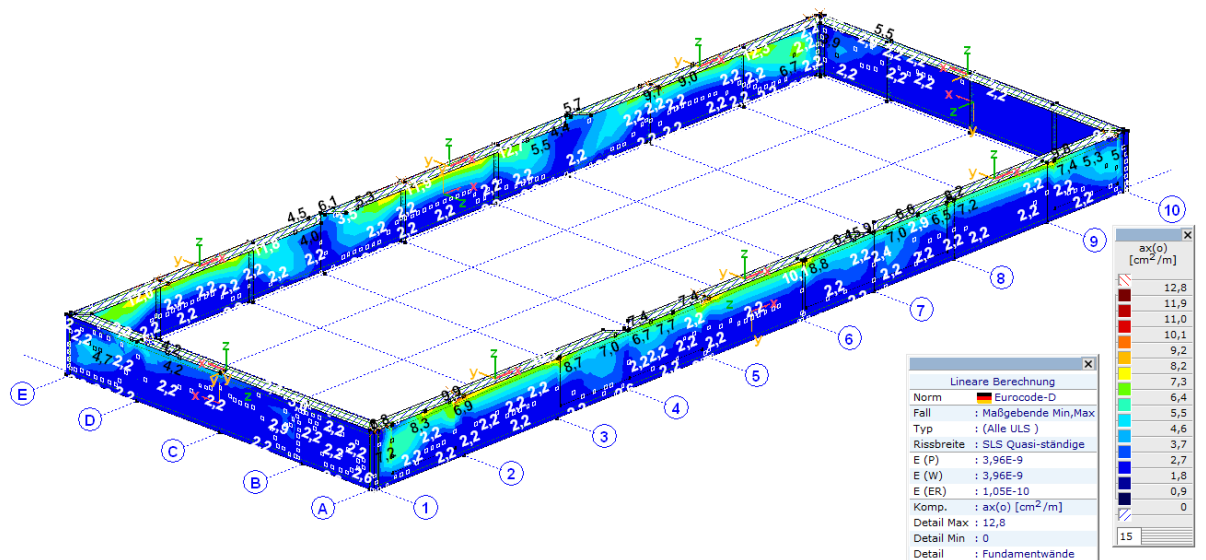


Abbildung 70: Berechnete Bewehrung innen in lokaler x-Richtung  $a_x(o)$  (horizontal)



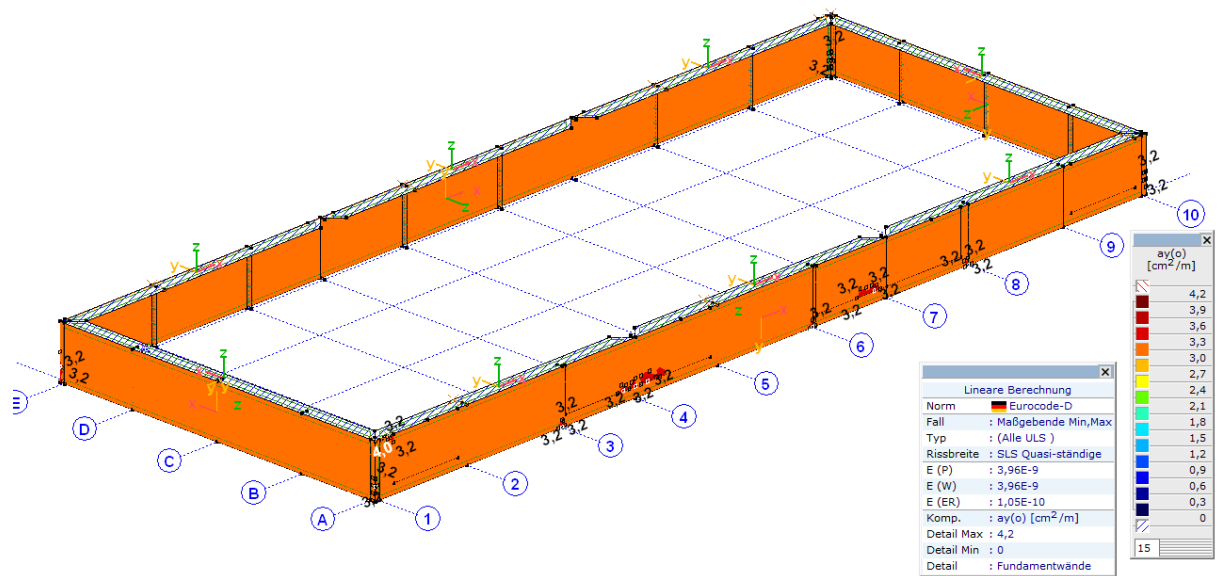


Abbildung 71: Berechnete Bewehrung innen in lokaler y-Richtung ay(o) (vertikal)

#### 7.7.4 Entworfene Bewehrung

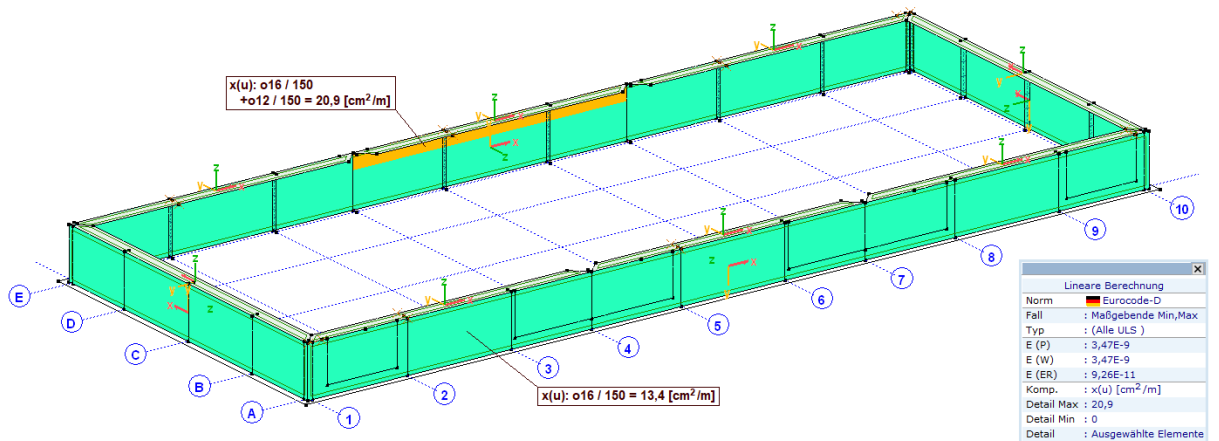


Abbildung 72: Entworfene Bewehrung innen und außen in lokaler x-Richtung (horizontal)



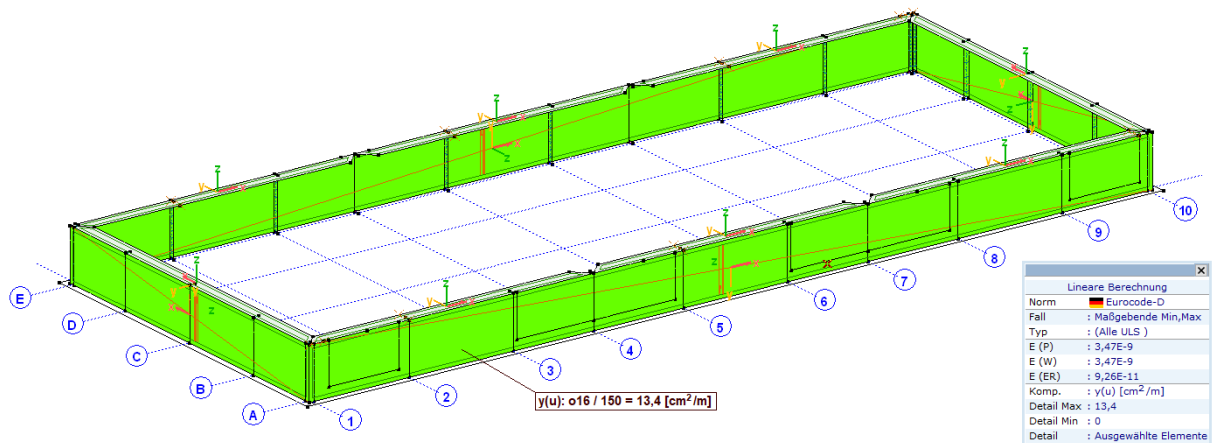


Abbildung 73: Entworfenere Bewehrung innen und außen in lokaler y-Richtung (vertikal)

## 7.7.5 Horizontale Wandverschiebung

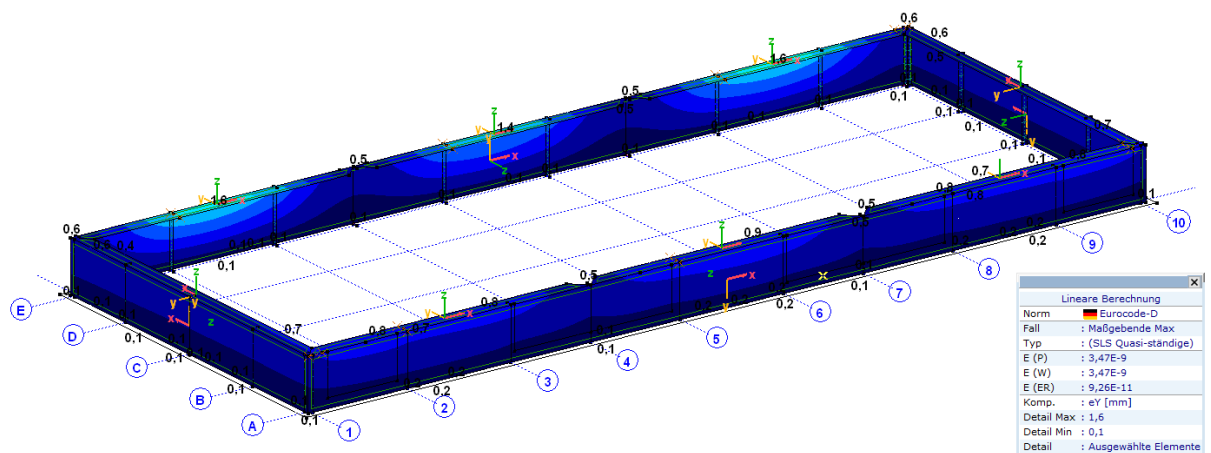


Abbildung 74: Horizontale Wandverschiebung im gerissenen Zustand

## 7.7.6 Rissbreiten

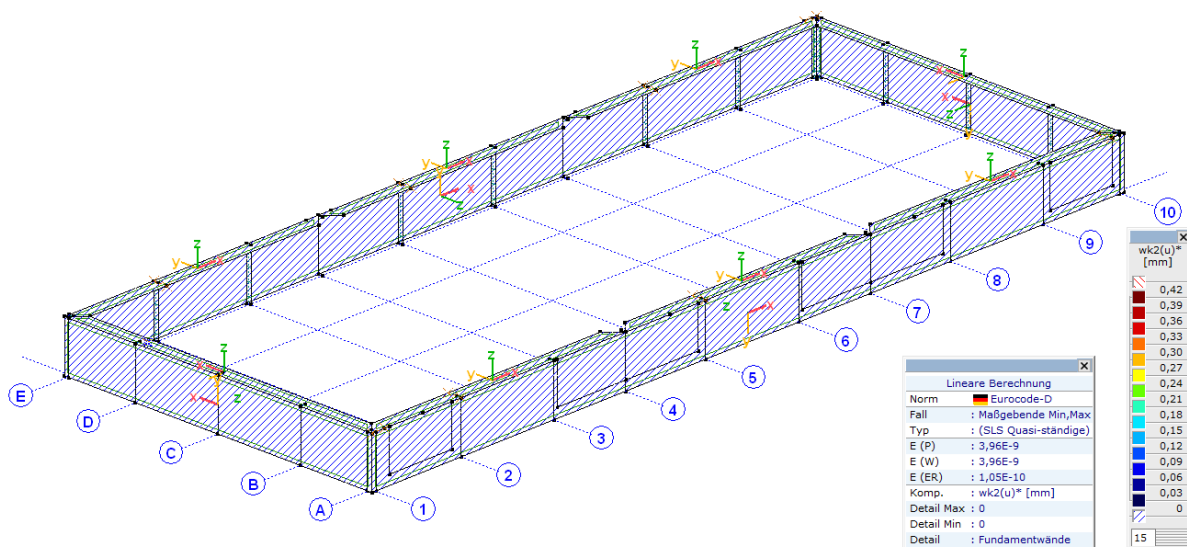


Abbildung 75: Rissbreiten an der äußeren und inneren Oberfläche

Die berechneten Rissbreiten **erfüllen** die im Abs. 7.2 auferlegten Beschränkungen.

## 8 POSITION: KABELKANALPLATTE UND -WÄNDE

### 8.1 Betondeckung

Angenommene Anforderungsklasse: S3

#### 8.1.1 Betondeckung Fundamentwand im Kontakt mit Boden

Expositionsklasse: XA1, XC3

Mindestdruckfestigkeitsklasse: für XA1 --> C25/30

für XC3 --> C20/25

Angenommen: C25/30

Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung:  $c_{min,dur} = 20\text{mm}$

Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,dur}; 10\text{mm}) = 20\text{mm}$

Vorhaltemaß:  $\Delta c_{dev} = 15\text{mm}$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 35\text{mm}$

### 8.2 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Zulässige Rissbreite für Oberflächen ohne Kontakt mit Boden: 0,3mm



Mindestbewehrung horizontal, Wände t=30cm (zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 3,5 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 12 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{ss} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmt} := \beta_{ss}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{oteff} := f_{otmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \\ 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_o := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 259 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{oteff}} = 61,99 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{oteff}} = 22,68 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 129,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 214,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 214,56 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 7,32$$

$$h_{oedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,73$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$5$$

$$h_{oeff} := h_{oedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 11,2 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{oeff}}{d_1} = 2,73$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{oeff} := h_{oeff} \cdot b = 1120 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 8,58 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{steff} \cdot A_{seff}}{\sigma_s} = 8,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{steff} \cdot A_{st}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 8,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 8,01 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 6,81 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 6,0201$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 16,61 \text{ cm}$$

#12/150mm



Mindestbewehrung vertikal, Wände t=30cm (zul. Rissbreite 0,3mm)

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 30 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung  $c := 5,1 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 12 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ok} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{n \cdot d_s^2}{4} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$f_{otm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ok}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{oo} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{otmb} := \beta_{oo}^{\alpha} \cdot f_{otm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{oteff} := f_{otmb} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter 300 mm;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über 800 mm;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \\ 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_o := 1,0$$

$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 243 \text{ mm}$$

$$h_{ox} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_o \cdot k \cdot h_{ox} \cdot f_{oteff}} = 86,18 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{oteff}} = 22,68 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}}} \text{ MPa} = 110,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}}} \text{ MPa} = 214,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 214,56 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 5,26$$

$$h_{oedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,53$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

else

5

$$h_{oeff} := h_{oedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 14,4 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{oeff}}{d_1} = 2,53$$

$$A_{ot} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1500 \text{ cm}^2$$

$$A_{oeff} := h_{oeff} \cdot b = 1440 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_o \cdot k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{\sigma_s} = 8,58 \text{ cm}^2$$





$$A_{s2} := \frac{f_{oteff} \cdot A_{oeff}}{\sigma_s} = 10,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{oteff} \cdot A_{ot}}{f_{yk}} = 3,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) = 10,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{bmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{bmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{bmatrix} \right) \end{bmatrix} \right) = 8,58 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 7,29 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 6,4501$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 15,5 \text{ cm}$$

#12/150mm



### 8.3 Statisches System

Beton C25/30

Betonstahl B500B

Wanddicke: 30cm

Plattendicke: 30cm

Expositionsklasse: äußere Oberfläche XA1, XC3

innere Oberfläche XC3

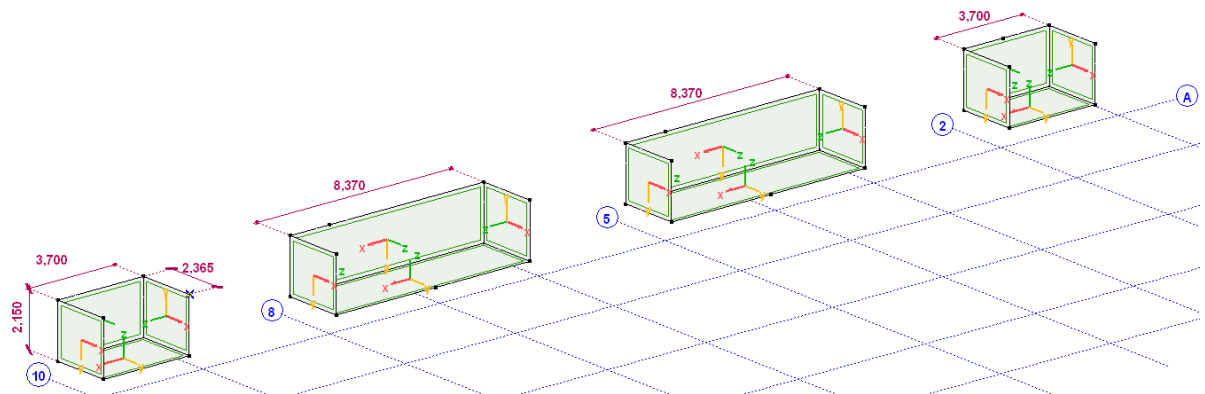


Abbildung 76: Kabelkanäle – Geometrie

### 8.4 Direkt wirkende Belastungen

Lastwerte gem. Abs. 2.1 und 2.2.

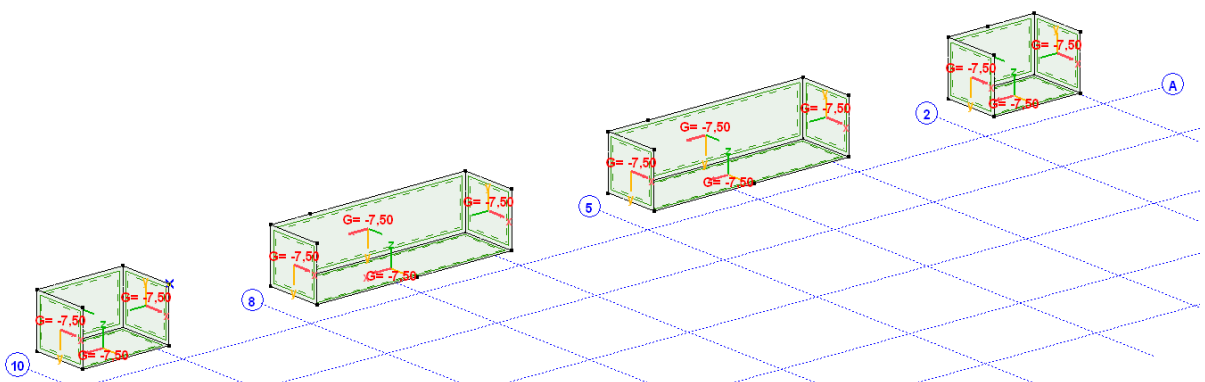


Abbildung 77: Eigengewicht



Lasten, die indirekt auf die Kanalplatte und Kanalwände einwirken, d. h. die Schneelast auf der Überdeckung, das Eigengewicht der Überdeckung und die

Nutzlast darauf wurden durch das Berechnungsprogramm Axis VM X7 automatisch auf Basis des 3D-Berechnungsmodells ermittelt, das die oben genannten Einwirkungen berücksichtigte. Diese Belastung wurde unter Berücksichtigung der Kombinatorik auf die Kanalplatte und -wände eingeleitet.

Lastwerte der berücksichtigten Lasten gemäß Abs.2.1 und 2.2.

## 8.6 Lastgruppen

Die Lasten wurden in Lastgruppen gem. Abs. 6.6 aufgeteilt. Jede Nutzlast kann getrennt oder zusammen mit anderen Nutzlasten wirken.

## 8.7 Bemessung der Kabelkanäle

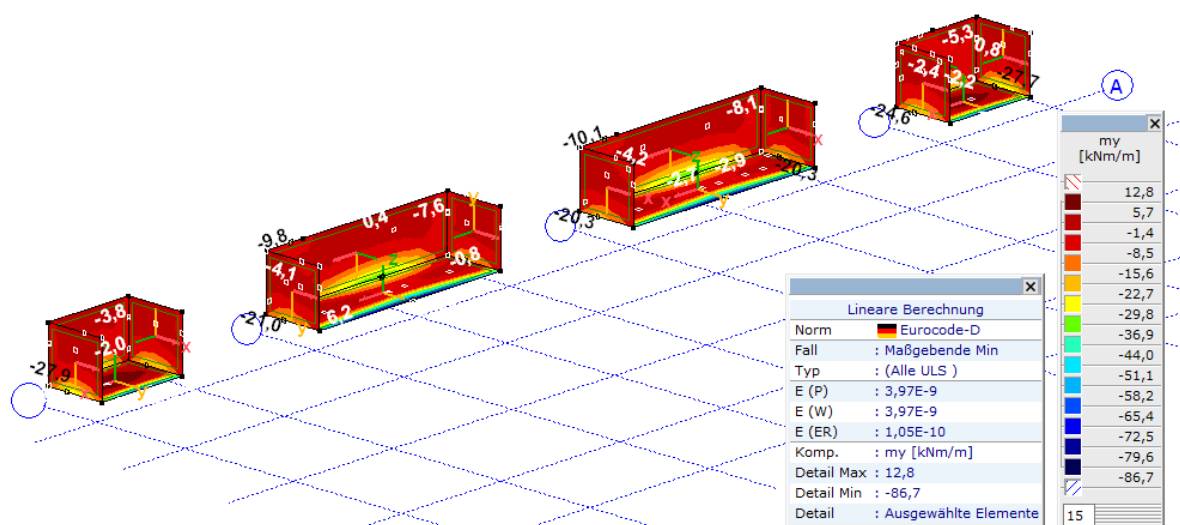
### 8.7.1 Bemessungsparameter

Die allgemeinen Parameter der Wand- und Plattenbewehrung wurden in folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 9: Parameter der Kabelkanalbewehrung**

| Parameter der Bereichsbewehrung |        |            |                     |               |      |                        |           |                  |                  |
|---------------------------------|--------|------------|---------------------|---------------|------|------------------------|-----------|------------------|------------------|
|                                 | Beton  | Betonstahl | Bauwerks-<br>klasse | Dicke<br>[mm] | Pos. | Expositions-<br>klasse | c<br>[mm] | $\phi_x$<br>[mm] | $\phi_y$<br>[mm] |
| 4                               | C25/30 | B500B      | S3                  | 240           | ↑    | XC3                    | 35        | 12               | 12               |
|                                 |        |            |                     |               | ↓    | XC3                    | 35        | 12               | 12               |

### 8.7.2 Berechnete innere Biegemomente



**Abbildung 81: Das minimale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)**

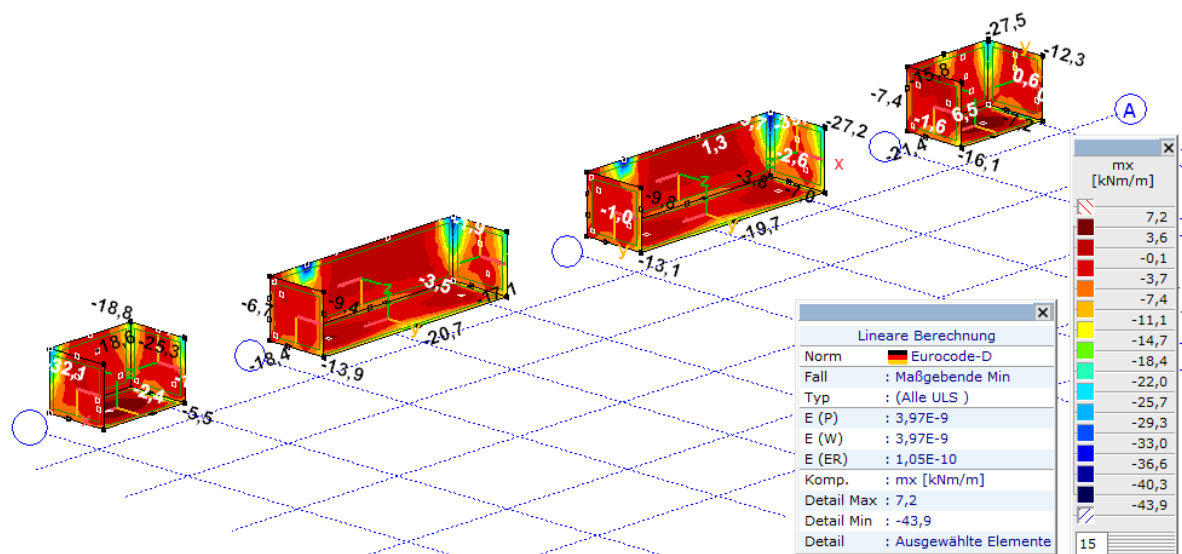


Abbildung 82: Das minimale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

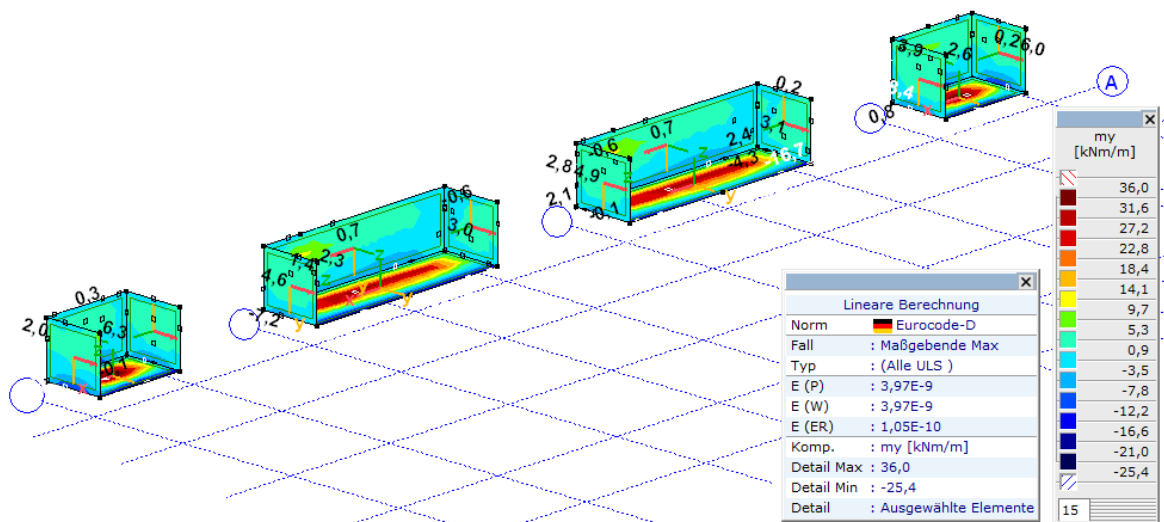


Abbildung 83: Das maximale Biegemoment um lokale x-Richtung (my)

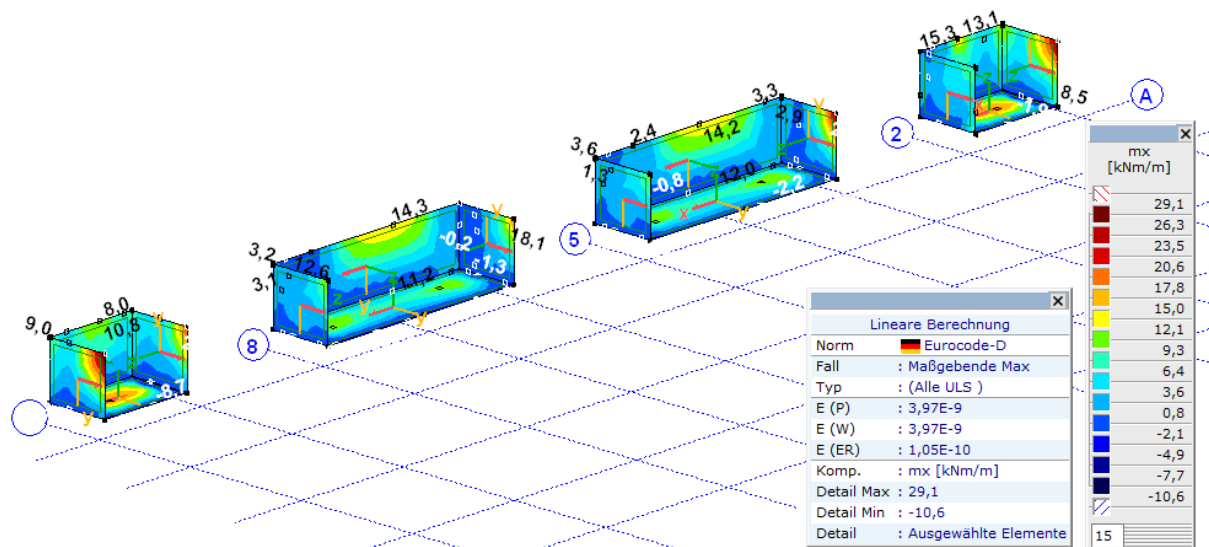


Abbildung 84: Das maximale Biegemoment um lokale y-Richtung (mx)

### 8.7.3 Berechnete Bewehrung

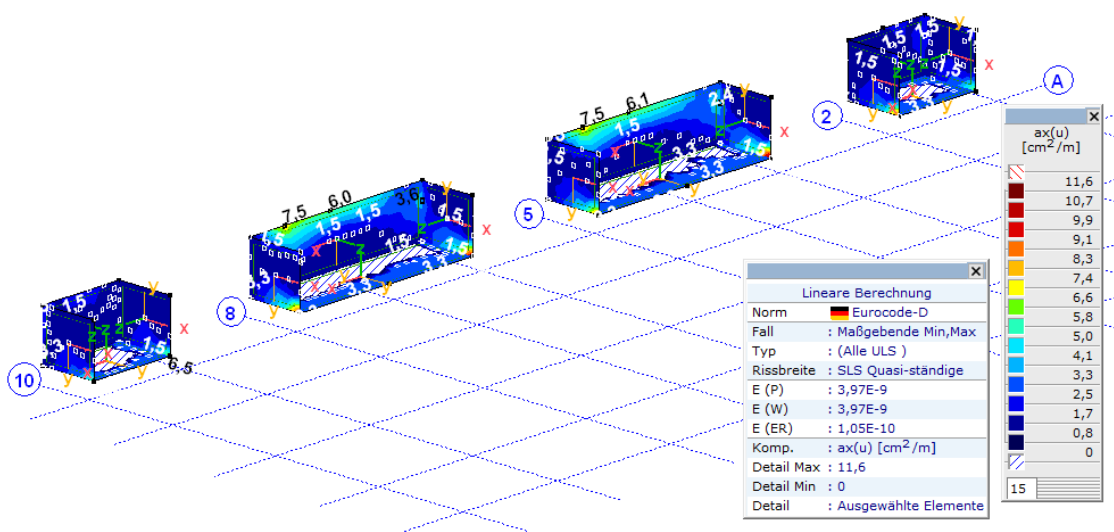


Abbildung 85: Berechnete Bewehrung außen in lokaler x-Richtung ax(u) (horizontal)

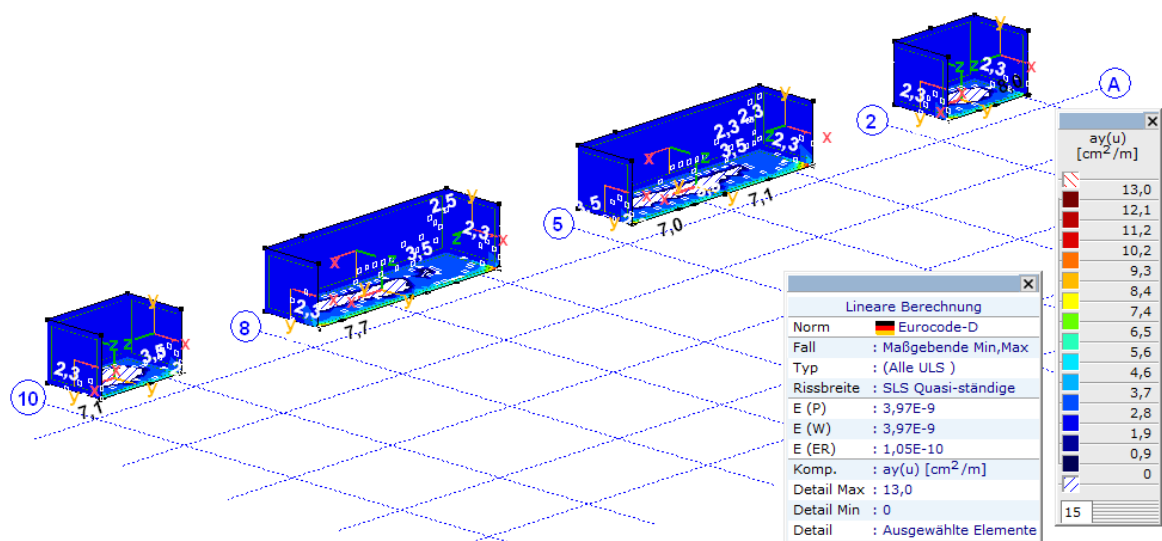


Abbildung 86: Berechnete Bewehrung außen in lokaler y-Richtung  $a_y(u)$  (vertikal)

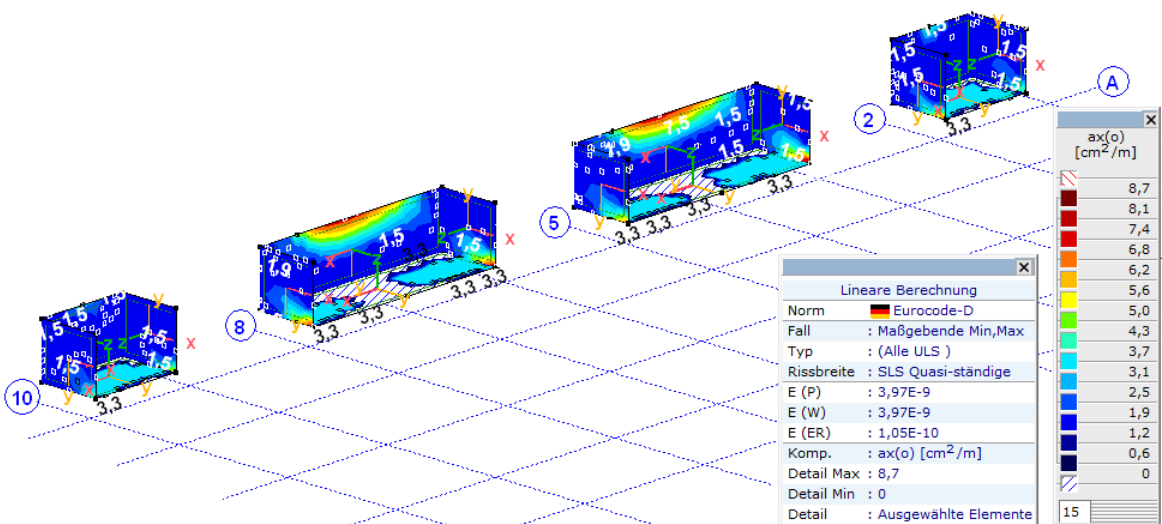


Abbildung 87: Berechnete Bewehrung innen in lokaler x-Richtung  $a_x(o)$  (horizontal)

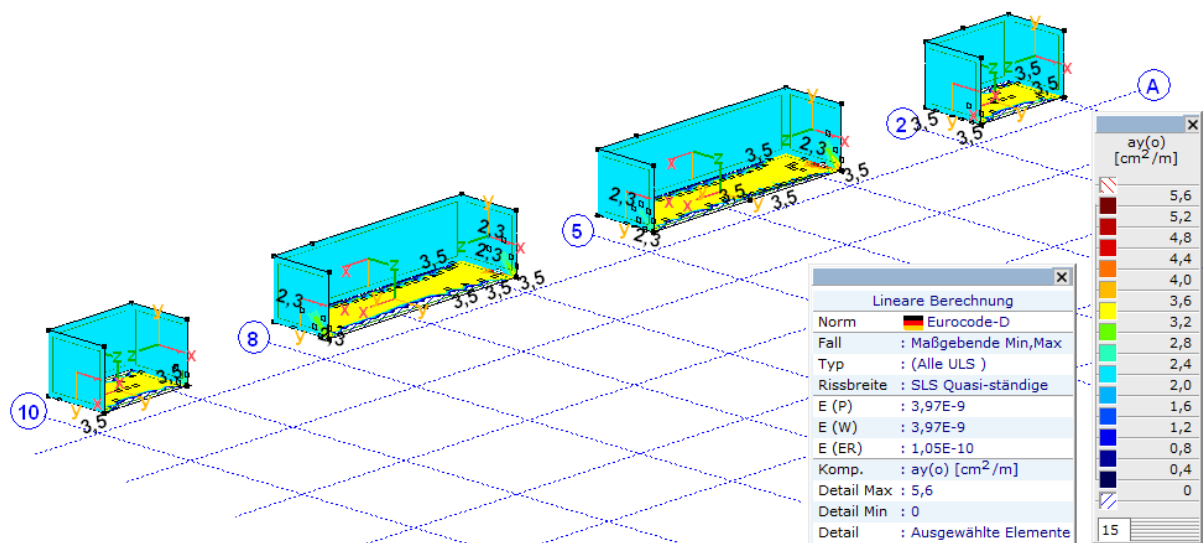


Abbildung 88: Berechnete Bewehrung innen in lokaler y-Richtung ay(o) (vertikal)

#### 8.7.4 Entworfenе Bewehrung

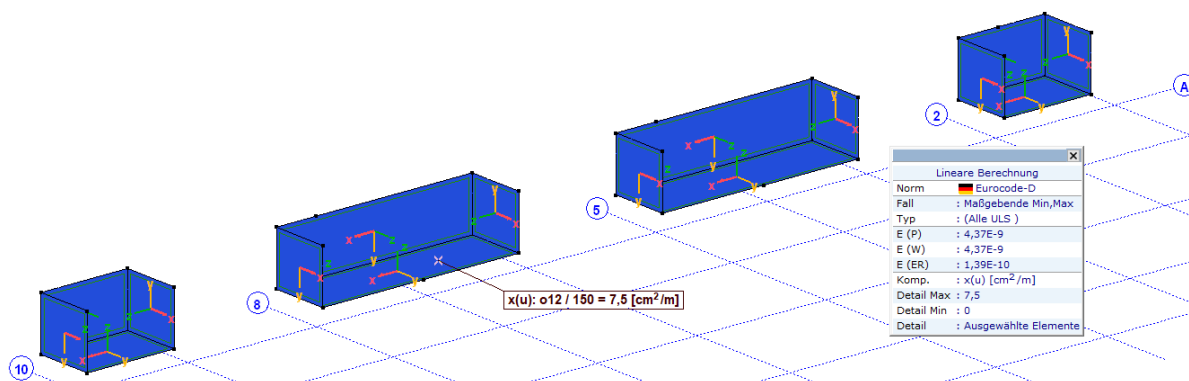


Abbildung 89: Entworfenе Bewehrung außen/unten in lokaler x-Richtung

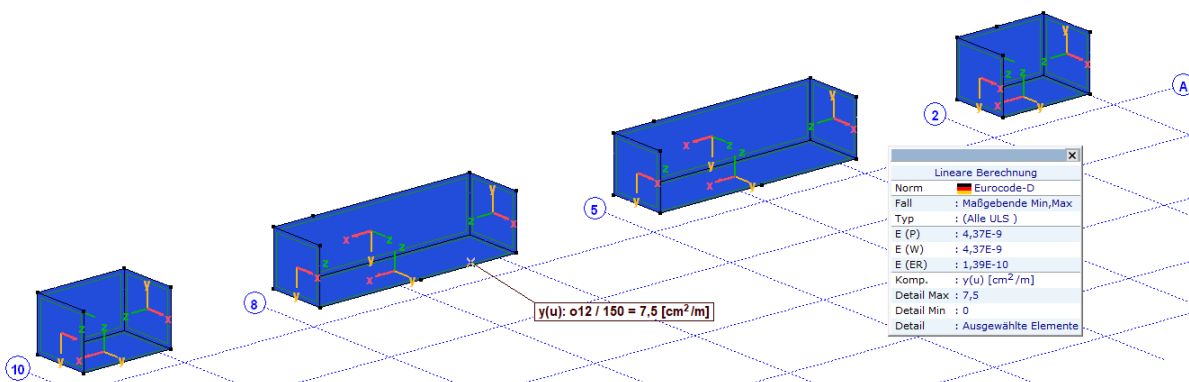




Abbildung 90: Entworfenere Bewehrung außen/unten in lokaler y-Richtung

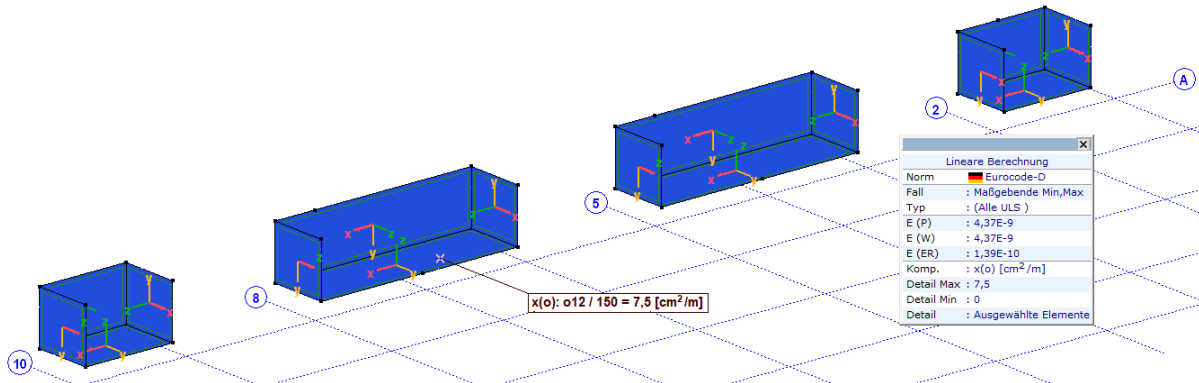


Abbildung 91: Entworfenere Bewehrung innen/oben in lokaler x-Richtung

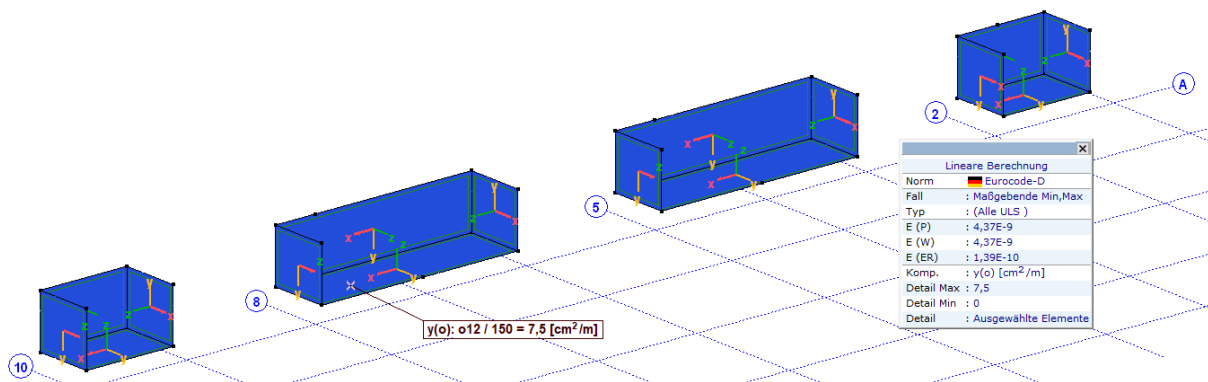
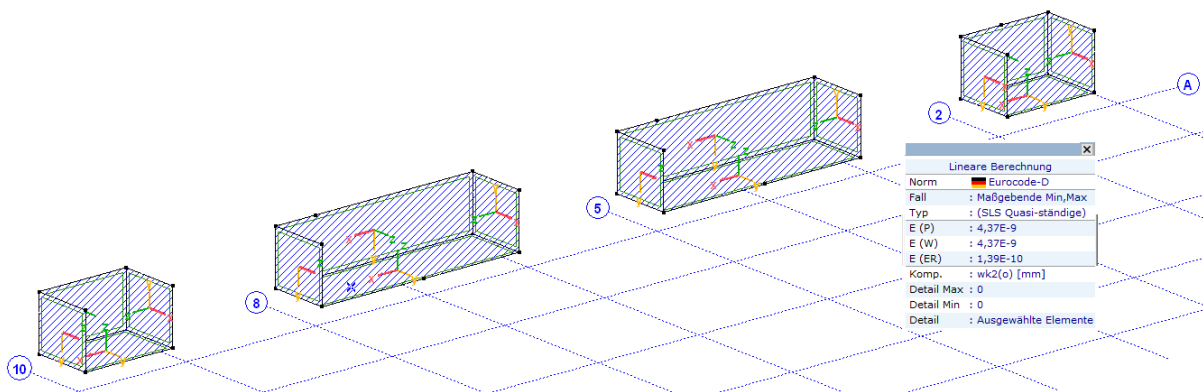


Abbildung 92: Entworfenere Bewehrung innen/oben in lokaler y-Richtung

## 8.7.5 Rissbreiten



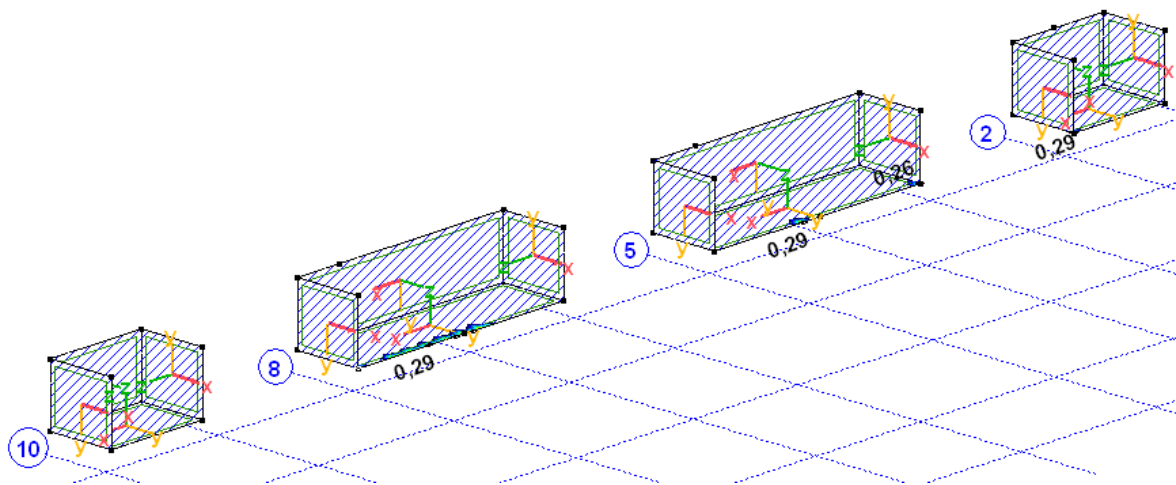


Abbildung 93: Rissbreiten an der äußeren/unteren (unten) und inneren/oberen (oben) Oberfläche

Die berechneten Rissbreiten **erfüllen** die im Abs. 8.2 auferlegten Beschränkungen. In den Ecken, wo die Rissbreite minimal überschritten ist, wird zusätzliche Bewehrung angewandt.



## 9 POSITION: KANALABDECKUNG

### 9.1 Blechabdeckung

#### 9.1.1 Statisches System

Stützweite:  $L = 1,8\text{m}$   
Lasteinzugsbreite:  $a = 0,90\text{m}$

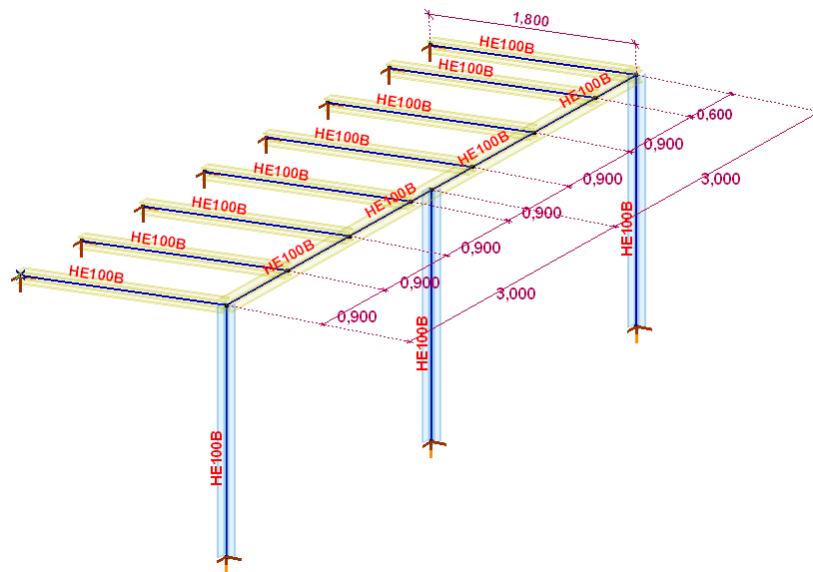


Abbildung 94: Kanalabdeckung, statisches System

#### 9.1.2 Belastung

Die Lastenwerte gem. Abs. 2.1.7.

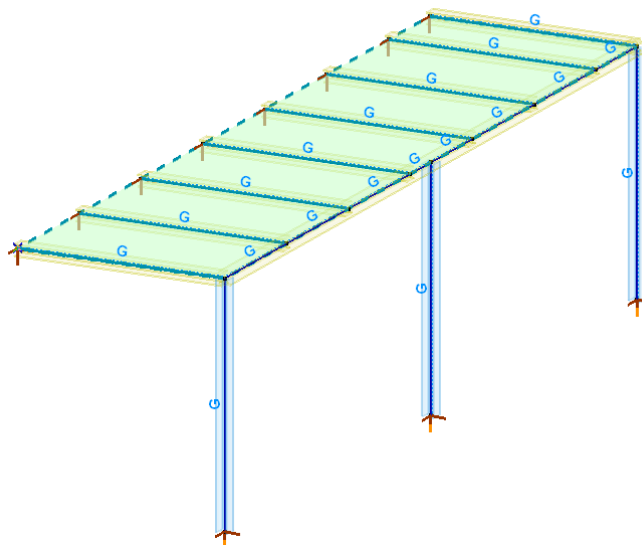


Abbildung 95: Kanalabdeckung, Eigengewicht



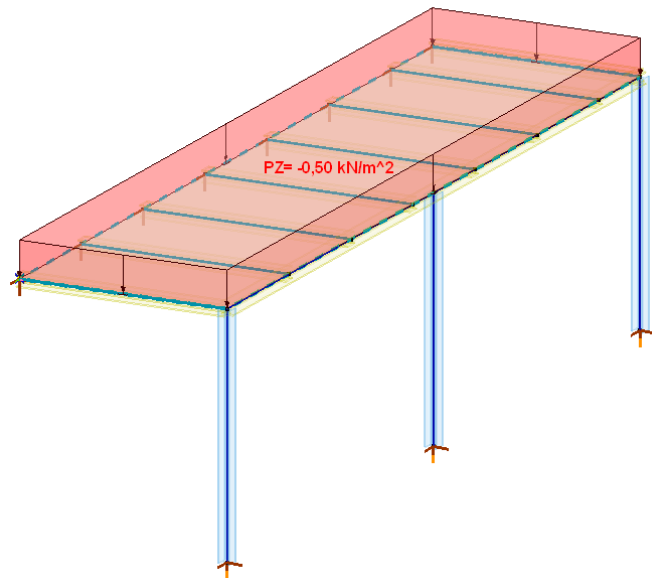


Abbildung 96: Kanalabdeckung, Riffelblechgewicht

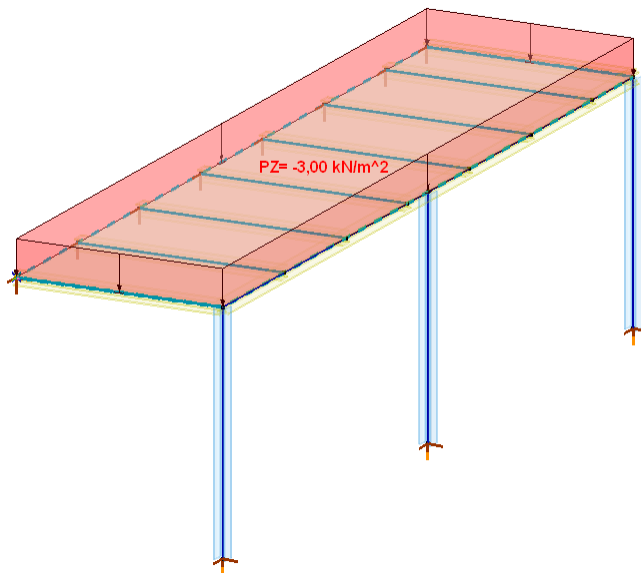


Abbildung 97: Kanalabdeckung, Nutzlast 1



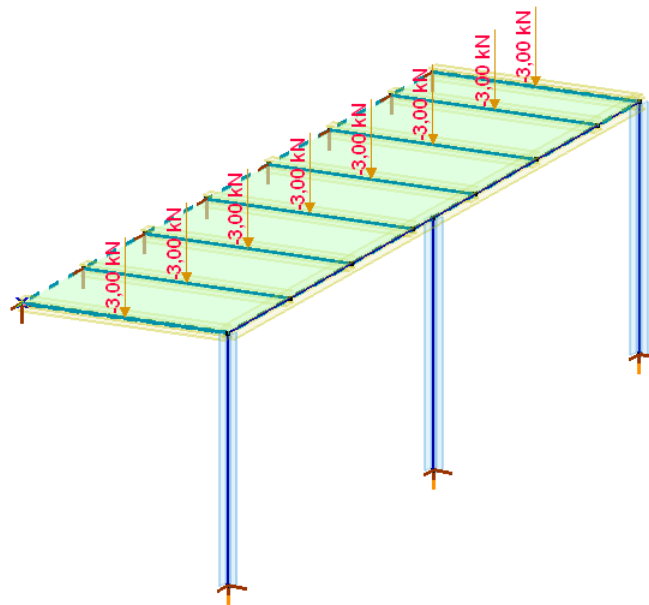


Abbildung 98: Nutzlast 2

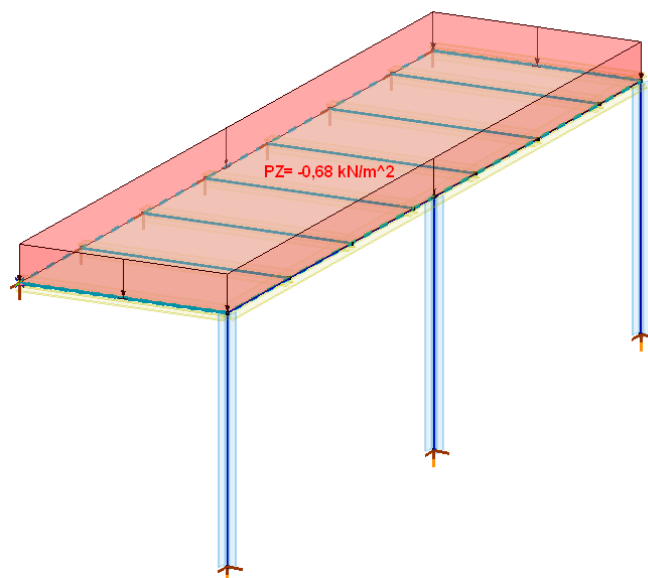


Abbildung 99: Kanalabdeckung, Schneelast



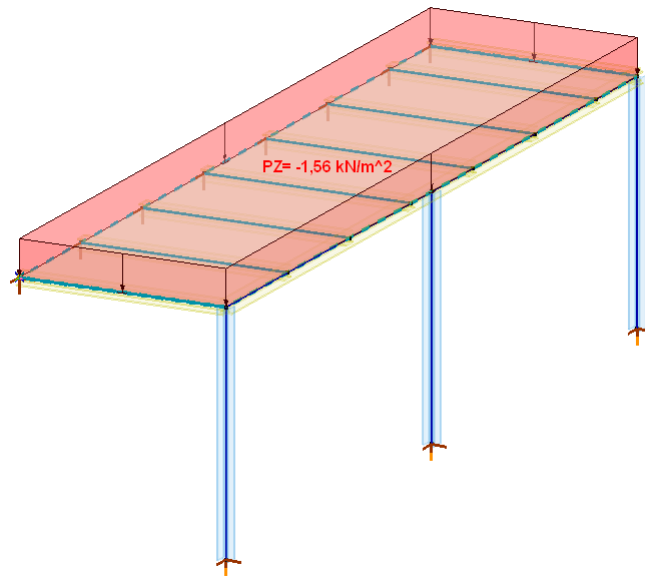


Abbildung 100: Kanalabdeckung, Schneelast außergewöhnlich

#### 9.1.2.1 Bemessung des Riffelblechs

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Einfeldplatte, Max Spannweite | L= 0,90 m  |
| Blechdicke:                   | $t_b = 5\text{mm}$                                     |
| Blechverstärkung:             | $t_f / h_f = 5\text{mm} / 50\text{mm}$                 |
| Blechverstärkungsabstand:     | 500 mm   |
| Stahl:                        | S235; $f_y = 235\text{MPa}$ ; $E = 210000\text{MPa}$ ; |
| $\gamma_{M0} = 1,00$          |  |
| <u>Belastung:</u>             |  |
| Eigengewicht (Abs. 2.1.7):    | $g = 0,39\text{ kN/m}^2$ ; $\gamma_f = 1,35$           |
| Nutzlast (Abs. 2.2.1):        | $q = 3,00\text{ kN/m}^2$ ; $\gamma_f = 1,50$           |
|                               | $Q = 3,00\text{ kN}$ ; $\gamma_f = 1,50$               |

Berechnungen der Blechverstärkung für gleichmäßig verteilte Nutzlast

$$p_k = (0,39\text{kN/m}^2 + 3,00\text{kN/m}^2) \cdot 0,5\text{m} + 78,5\text{kN/m}^3 \cdot 0,005\text{m} \cdot 0,05\text{m} = 1,71\text{ kN/m}$$

$$p_D = (0,39\text{kN/m}^2 \cdot 1,35 + 3,00\text{kN/m}^2 \cdot 1,50) \cdot 0,5\text{m} + 1,35 \cdot 78,5\text{kN/m}^3 \cdot 0,005\text{m} \cdot 0,05\text{m} = 2,54\text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 2,54\text{kN/m} \cdot (0,90\text{m})^2 / 8 = 0,257\text{ kNm}$$

$$A = 0,5\text{cm} \cdot 50\text{cm} + 0,5\text{cm} \cdot 5\text{cm} = 27,5\text{ cm}^2$$

$$S_y = (50\text{cm} \cdot 0,5\text{cm}) \cdot 0,25\text{cm} + (0,5\text{cm} \cdot 5\text{cm}) \cdot (0,5\text{cm} + 0,5 \cdot 5\text{cm}) = 13,75\text{ cm}^3$$



$$y_c = S_y / A = 13,75 \text{ cm}^3 / 27,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$$

$$J_{yS} = 50 \text{ cm} \cdot (0,5 \text{ cm})^3 / 12 + (50 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm}) \cdot (0,5 \cdot 0,5 \text{ cm})^2 + 0,5 \text{ cm} \cdot (5 \text{ cm})^3 / 12 + 0,5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot (0,5 \text{ cm} + 0,5 \cdot 5 \text{ cm})^2 = 29,79 \text{ cm}^4$$

$$J_y = J_{yS} - A \cdot y_c^2 = 29,79 \text{ cm}^4 - 27,5 \text{ cm}^2 \cdot (0,5 \text{ cm})^2 = 22,915 \text{ cm}^4 = 2,292 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_y = 22,915 \text{ cm}^4 / (0,5 \text{ cm} + 5 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm}) = 4,583 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M0} = 4,583 \text{ cm}^3 \cdot 235 \text{ MPa} / 1,00 = 1077,01 \text{ Nm} = 1,077 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = 0,257 / 1,077 = 0,239 < 1,00 - \text{erfüllt}$$

$$u = 5 \cdot p_k \cdot l^4 / 384 \cdot E J_y = [5 \cdot 1,71 \text{ kN/m} \cdot (0,9 \text{ m})^4] / [384 \cdot 210000 \cdot 2,292 \text{ m} \cdot 10^{-7}] = 0,303 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = l / 150 = 900 / 150 = 6,00 \text{ mm}$$

$$u / u_{lim} = 0,303 / 6,000 = 0,05 < 1,00 - \text{erfüllt}$$

Berechnungen der Blechverstärkung für Nutzlast als Punktlast

$$p_k = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} + 78,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,005 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,22 \text{ kN/m}$$

$$P_k = 3 \text{ kN}$$

$$p_D = 1,35 (0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} + 0,22 \text{ kN/m}) = 0,30 \text{ kN/m}$$

$$P_D = 3,0 \text{ kN} \cdot 1,5 = 4,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 0,30 \text{ kN/m} \cdot (0,90 \text{ m})^2 / 8 + 4,5 \text{ kN} \cdot (0,90 \text{ m} / 4) = 1,04 \text{ kNm}$$

$$A = 0,5 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} + 0,5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} = 27,5 \text{ cm}^2$$

$$S_y = (50 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm}) \cdot 0,25 \text{ cm} + (0,5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm}) \cdot (0,5 \text{ cm} + 0,5 \cdot 5 \text{ cm}) = 13,75 \text{ cm}^3$$

$$y_c = S_y / A = 13,75 \text{ cm}^3 / 27,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$$

$$J_{yS} = 50 \text{ cm} \cdot (0,5 \text{ cm})^3 / 12 + (50 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm}) \cdot (0,5 \cdot 0,5 \text{ cm})^2 + 0,5 \text{ cm} \cdot (5 \text{ cm})^3 / 12 + 0,5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot (0,5 \text{ cm} + 0,5 \cdot 5 \text{ cm})^2 = 29,79 \text{ cm}^4$$

$$J_y = J_{yS} - A \cdot y_c^2 = 29,79 \text{ cm}^4 - 27,5 \text{ cm}^2 \cdot (0,5 \text{ cm})^2 = 22,915 \text{ cm}^4 = 2,292 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_y = 22,915 \text{ cm}^4 / (0,5 \text{ cm} + 5 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm}) = 4,583 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M0} = 4,583 \text{ cm}^3 \cdot 235 \text{ MPa} / 1,00 = 1077,01 \text{ Nm} = 1,077 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = 1,04 / 1,077 = 0,966 < 1,00 - \text{erfüllt}$$

$$u = 5 \cdot p_k \cdot l^4 / 384 \cdot E J_y + P_k \cdot l^3 / (48 E I) = [5 \cdot 0,39 \text{ kN/m} \cdot (0,9 \text{ m})^4] / [384 \cdot 210000 \cdot 2,292 \text{ m} \cdot 10^{-7}] + 3,0 \text{ kN} \cdot (0,9)^3 / [48 \cdot 210000 \cdot 2,292 \text{ m} \cdot 10^{-7}] = 1,02 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = l / 150 = 900 / 150 = 6,00 \text{ mm}$$

$$u / u_{lim} = 1,02 / 6,000 = 0,17 < 1,00 - \text{erfüllt}$$



### 9.1.2.2 Schnittkräfte

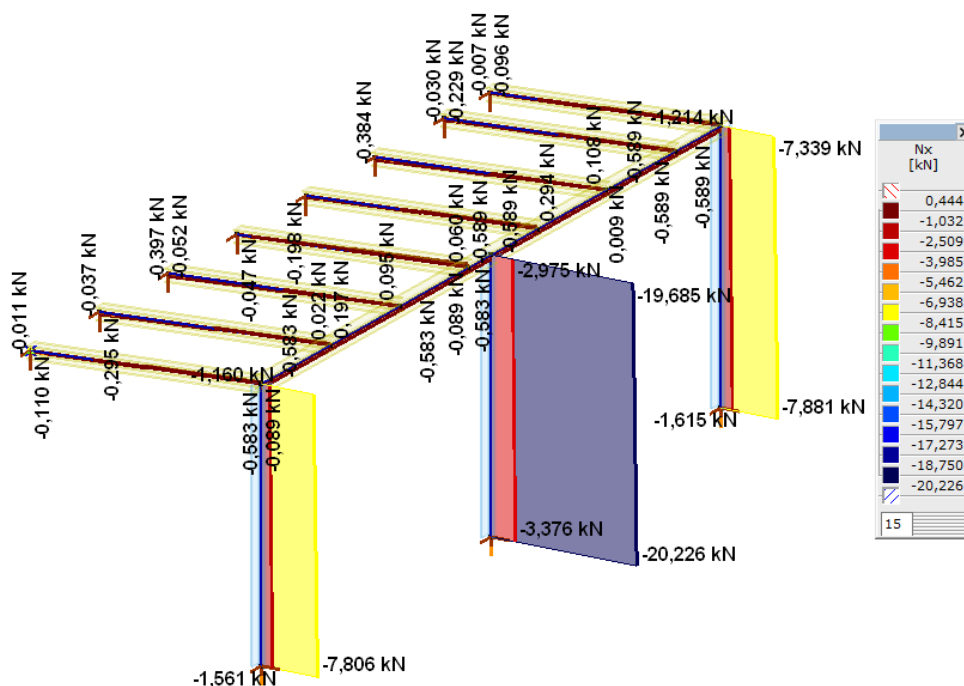


Abbildung 101: Kanalabdeckung, Normalkraft Nx

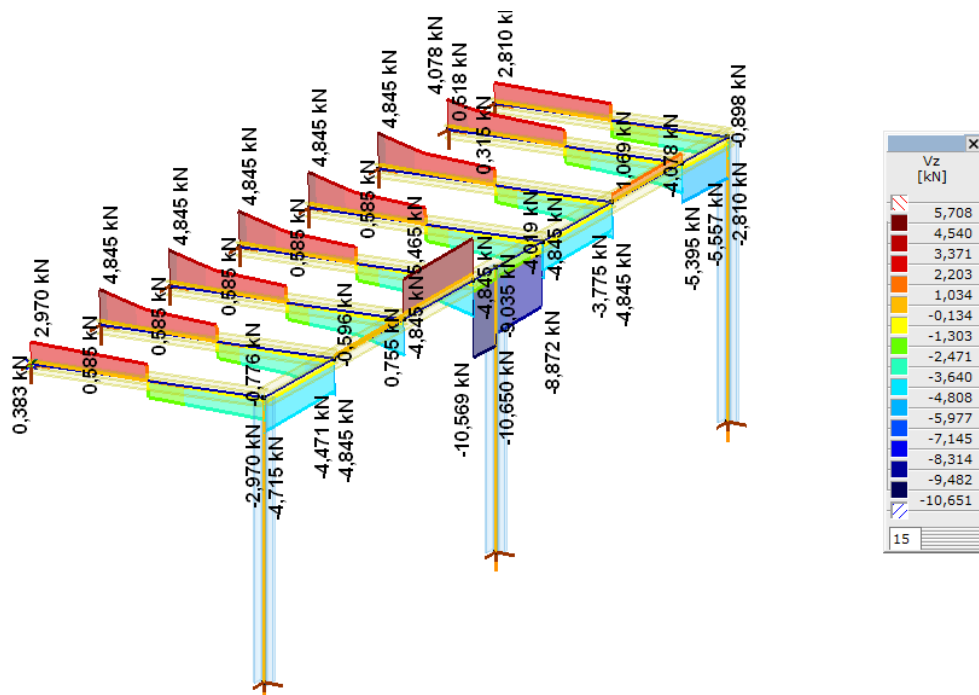


Abbildung 102: Kanalabdeckung, Querkraft Vz





## 9.2 Stahlbetonbrücke

### 9.2.1 Materialien

Beton C25/30

Betonstahl B500B

Dimensionen: 1,75m x 2,40m

Spannweite: 2,21m

Dicke: d = von 0,19m bis 0,24m

Expositionsklasse: XC4, XF1

### 9.2.2 Betondeckung

Angenommene Anforderungsklasse: S3

Minstdruckfestigkeitsklasse: für XC4 --> C25/30

für XF1 --> C25/30

Gewählt: C25/30

Mindestbetondeckung  $c_{min}$  wegen Korrosionsschutz:  $c_{min} = 25\text{mm}$

Nennmaß der Betondeckung:  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25\text{mm} + 15\text{mm} = 40\text{mm}$

### 9.2.3 Belastung

Die vorgefertigte Stahlbetonplatte ist mit einer Nutzlast von 5,0 kN/m<sup>2</sup> belastet.

### 9.2.4 Bewehrung

Die Mindestbewehrung wegen Rissbreitenbegrenzung (0,3mm) ist #10/200.

Die Bemessung der Plattenbewehrung erfolgte in vier Arbeitsschritten:

1. Platte aus der Schalung entnommen – gleichmäßige mit Adhäsion verbundene Last von 2,0 kN/m<sup>2</sup> wurde berücksichtigt
2. Platte an einem Kran an 4 Strängen aufgehängt – Eigengewicht der Platte multipliziert mit einem dynamischen Koeffizienten von 2,0
3. Platte an einem Kran an 3 Strängen aufgehängt (Notfallsituation) – Eigengewicht der Platte multipliziert mit einem dynamischen Koeffizienten von 2,0
4. Die Platte in der Endphase



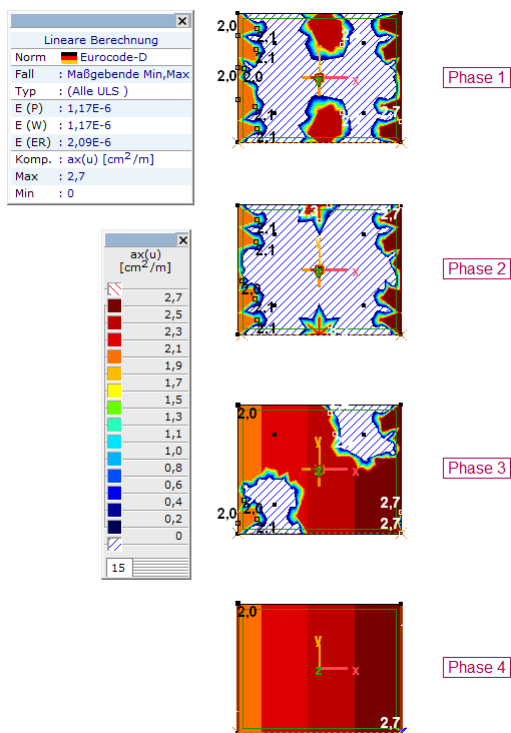


Abbildung 105: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (x unten)

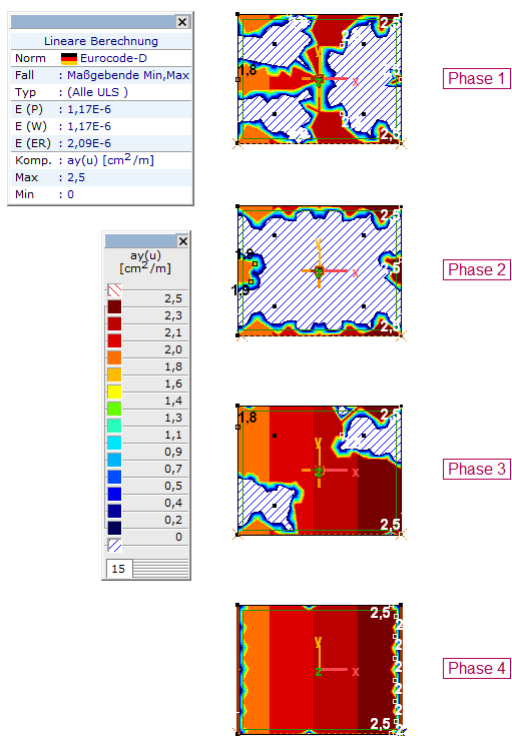


Abbildung 106: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (y unten)

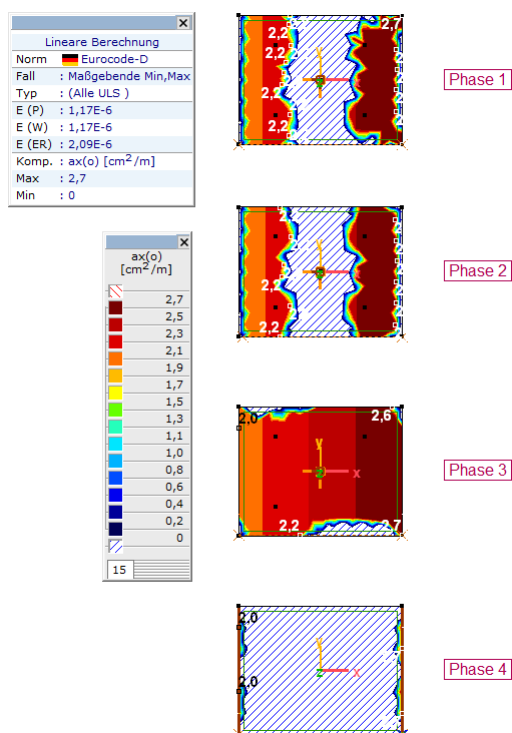


Abbildung 107: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (x oben)

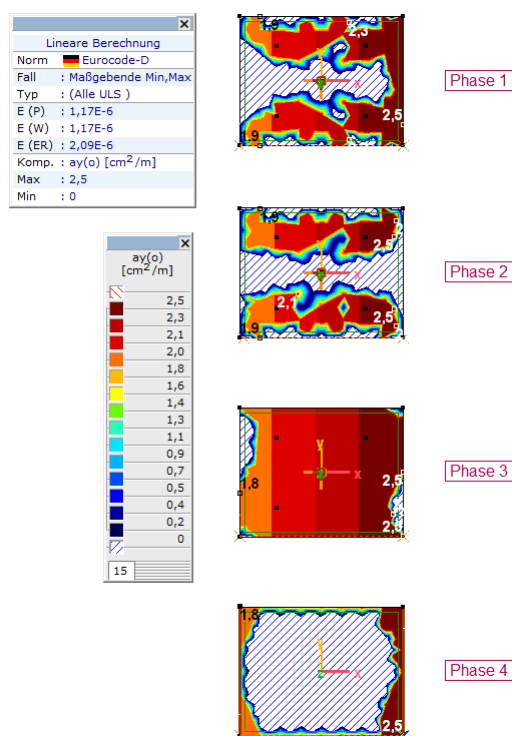


Abbildung 108: Berechnete Eingangsplattenbewehrung (y oben)

Gewählt:

- unten: #10/150 (5,2 cm<sup>2</sup>/m)
- oben: #10/150 (5,2 cm<sup>2</sup>/m)

## 10 POSITION: FERTIGTEILAUSSENWÄNDE

### 10.1 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Erlaubte Rissbreite  $w_k := 0,3 \text{ mm}$

Plattenstärke  $h := 25 \text{ cm}$

Breite des analysierten Bereichs  $b := 100 \text{ cm}$

Betondeckung (innere Bewehrungsschicht)  $c := 4,3 \text{ cm}$

Stabdurchmesser  $d_s := 8 \text{ mm}$

Betonfestigkeitsklasse C25/30  
 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

Berechnungen im Zustand nach 3 Tagen  $t := 3$   
 $\alpha := 1$

Zement CEM 32.5 R

$s := 0,25$

Bewehrung  $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

$$A_{ds} := \frac{n \cdot d_s^2}{4} = 0,5 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} := 0,3 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc} := e^{\left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right)} = 59,824 \%$$

$$f_{ctmt} := \beta_{cc}^{\alpha} \cdot f_{ctm} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{cteff} := f_{ctmt} = 1,53 \text{ MPa}$$

$k$  der Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen, die zum Abbau von Zwang führen:

= 1,0 für Stege mit  $h \leq 300 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen unter  $300 \text{ mm}$ ;

= 0,65 für Stege mit  $h \geq 800 \text{ mm}$  oder Gurten mit Höhen über  $800 \text{ mm}$ ;

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden;

$$k := \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \quad 1,0 \\ \text{else} \\ \text{if } h \geq 800 \text{ mm} \quad 0,65 \\ \text{else} \\ 1 - \left( \frac{0,35}{500 \text{ mm}} \right) \cdot (h - 300 \text{ mm})$$

$$k := 0,8 \cdot k = 0,8$$

$$k_c := 1,0$$



$$d := h - c - \frac{d_s}{2} = 203 \text{ mm}$$

$$h_{cx} := 0,5 \cdot h$$

$$d_{s1\_star} := d_s \cdot \frac{8 \cdot (h - d) \cdot 2,9 \text{ MPa}}{k_c \cdot k \cdot h_{cx} \cdot f_{cteff}} = 56,85 \text{ mm}$$

$$d_{s2\_star} := d_s \cdot \frac{2,9 \text{ MPa}}{f_{cteff}} = 15,12 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s1\_star}^3}} \text{ MPa} = 135,52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} := \sqrt{w_k \cdot \frac{3,48 \cdot 10^6}{d_{s2\_star}^3}} \text{ MPa} = 262,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s := \max \left( \begin{bmatrix} \sigma_{s1} \\ \sigma_{s2} \end{bmatrix} \right) = 262,78 \text{ MPa}$$

$$d_1 := h - d$$

$$\frac{h}{d_1} = 5,32$$

$$h_{cedd\_to\_d1} := \text{if } \frac{h}{d_1} \leq 5 \quad = 2,53$$

$$1,25 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$\text{if } \frac{h}{d_1} \leq 30$$

$$2 + 0,1 \cdot \frac{h}{d_1}$$

$$\text{else}$$

$$5$$

$$h_{ceff} := h_{cedd\_to\_d1} \cdot d_1 = 11,9 \text{ cm}$$

$$\frac{h_{ceff}}{d_1} = 2,53$$

$$A_{ct} := 0,5 \cdot b \cdot h = 1250 \text{ cm}^2$$

$$A_{ceff} := h_{ceff} \cdot b = 1190 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{k_c \cdot k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 5,84 \text{ cm}^2$$



$$A_{s2} := \frac{f_{cteff} \cdot A_{ceff}}{\sigma_s} = 6,95 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} := \frac{k \cdot f_{cteff} \cdot A_{ct}}{f_{yk}} = 3,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s23} := \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) = 6,95 \text{ cm}^2$$

$$A_{sref} := \min \left( \begin{pmatrix} A_{s1} \\ \max \left( \begin{pmatrix} A_{s2} \\ A_{s3} \end{pmatrix} \right) \end{pmatrix} \right) = 5,84 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Bewehrung

gemäß 7.3.2 NA.6  $A_{sref} := A_{sref} \cdot 0,85 = 4,96 \text{ cm}^2$

$$n_{max} := \frac{A_{sref}}{A_{ds}} = 9,8746$$

Maximaler Stababstand

$$s_{max} := \frac{100 \text{ cm}}{\frac{A_{sref}}{A_{ds}}} = 10,13 \text{ cm}$$

#8/100mm

## 10.2 Wand W104

### 10.2.1 Statisches System

Beton C25/30  $f_{cd} := 25 \text{ MPa}$   $f_{ctm} := 2,6 \text{ MPa}$   
 Bewehrungsstahl B500B  $f_{yd} := 435 \text{ MPa}$   $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$   
 Betondeckung  $c := 35 \text{ mm}$   
 Dicke  $t := 25 \text{ cm}$   
 Spannweite  $L := 5,06 \text{ m}$   
 Wandhöhe  $H := 3,42 \text{ m}$   
 Gebäudehöhe  $H_{tot} := 10,7 \text{ m}$

Exzentrizität

$$e_{ex} := \frac{t}{2} = 12,5 \text{ cm}$$

Abstand Verankerung

$$d := 2,79 \text{ m}$$



## 10.2.2 Bemessung - Verankerung

$$\text{Eigengewicht} \quad g := t \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 6,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Nutzlast} \quad q := 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{\text{nutzlast}} := q \cdot H = 8,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{nutzlast}} := q_{\text{nutzlast}} \cdot 0,5 \text{ m} = 4,275 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{verankerung}} := m_{\text{nutzlast}} \cdot L = 21,63 \text{ kN m}$$

$$Z_{d1} := \frac{1,5 \cdot M_{\text{verankerung}}}{2 \cdot d} = 5,81 \text{ kN} \quad \text{parallel zur Wand}$$

Windlast

$$w := 1,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_d := 1,5 \cdot w \cdot L \cdot H = 30,11 \text{ kN}$$

$$W_{d1} := \frac{W_d}{4} = 7,53 \text{ kN} \quad \text{senkrecht zur Wand}$$

Imperfektion

$$e_{\text{imp}} := \frac{H}{400} = 0,855 \text{ cm}$$

$$M_{\text{imp}} := 1,35 \cdot t \cdot L \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot H_{\text{tot}} \cdot e_{\text{imp}} = 3,91 \text{ kN m}$$

$$Q_{d1} := \frac{M_{\text{imp}}}{2 \cdot d} = 0,7 \text{ kN} \quad \text{parallel zur Wand}$$

## 10.2.3 Bemessung – Bewehrung

Vertikale Bewehrung

$$m_{dv} := 1,5 \cdot m_{\text{nutzlast}} = 6,41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\varnothing := 8 \text{ mm}$$

$$a_v := c + 0,5 \cdot \varnothing = 3,9 \text{ cm}$$

$$\mu_v := \frac{m_{dv}}{L \cdot (t - a_v)^2 \cdot f_{cd}} \cdot 1 \text{ m} = 0,0011 < \mu_{\text{lim}} = 0,371$$





$$\omega_v := 0,9731 - \sqrt{(0,9469 - 1,946 \cdot \mu_v)} = 0,0012$$

$$\alpha_{1v} := \omega_v$$

$$A_{s1,v} := \alpha_{1v} \cdot (t - a_v) \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,14 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,1,v} := 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot (t - a_v) = 2,85 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,2,v} := 0,0013 \cdot (t - a_v) = 2,74 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Gewählt } \#8/100 \text{ As} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Horizontale Bewehrung

$$a_h := c + 1,5 \cdot \theta = 4,7 \text{ cm}$$

$$m_{dh} := 1,5 \cdot \frac{w \cdot L^2}{8} = 5,57 \frac{\text{kN m}}{\text{m}}$$

$$\mu_h := \frac{m_{dh}}{H \cdot (t - a_h)^2 \cdot f_{cd}} \cdot 1 \text{ m} = 0,0016 < \mu_{lim} = 0,371$$

$$\omega_h := 0,9731 - \sqrt{(0,9469 - 1,946 \cdot \mu_h)} = 0,0016$$

$$\alpha_{1h} := \omega_h$$

$$A_{s1,h} := \alpha_{1h} \cdot (t - a_h) \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,19 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,1,h} := 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot (t - a_h) = 2,74 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,2,h} := 0,0013 \cdot (t - a_h) = 2,64 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Gewählt } \#8/100 \text{ As} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$$



## 10.2.4 Detailnachweise

### 10.2.4.1 Halben Schienen

$$F_{Ed} := Z_{d1} + W_{d1} + Q_{d1} = 14,04 \text{ kN}$$

**Gewählt: Halben HTA 50/30 L=250mm mit 2 Ankern**

$$FRd = 2 \times 9,8 \text{ kN} = 19,6 \text{ kN} > F_{Ed}$$

L 150 x 10 L=250mm

Rückhängung der Zugkräfte mittels Bewehrung

$$A_s := \frac{2 \cdot 9,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{4 \cdot 8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,61 \text{ cm}^2$$

**Gewählt 2#8 zweischnittig: 2 x 2 x 0,5cm<sup>2</sup> = 2,0cm<sup>2</sup> > 0,61cm<sup>2</sup>**

## 10.3 Wand W112

### 10.3.1 Statisches System

Beton C25/30  $f_{cd} := 25 \text{ MPa}$   $f_{ctm} := 2,6 \text{ MPa}$   
 Bewehrungsstahl B500B  $f_{yd} := 435 \text{ MPa}$   $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$   
 Betondeckung  $c := 35 \text{ mm}$   
 Dicke  $t := 25 \text{ cm}$   
 Spannweite  $L := 5,06 \text{ m}$   
 Wandhöhe  $H := 1,88 \text{ m}$   
 Gebäudehöhe  $H_{tot} := 10,7 \text{ m}$   
 Exzentrizität  

$$e_{ex} := \frac{t}{2} = 12,5 \text{ cm}$$
  
 Abstand Verankerung  

$$d := 2,79 \text{ m}$$

### 10.3.2 Bemessung – Verankerung

$$\text{Eigengewicht } g := t \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 6,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Nutzlast } q := 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



$$q_{\text{nutzlast}} := q \cdot H = 4,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{nutzlast}} := q_{\text{nutzlast}} \cdot 0,5 \text{ m} = 2,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{verankerung}} := m_{\text{nutzlast}} \cdot L = 11,89 \text{ kN m}$$

$$Z_{d1} := \frac{1,5 \cdot M_{\text{verankerung}}}{2 \cdot d} = 3,2 \text{ kN} \quad \text{parallel zur Wand}$$

Windlast

$$w := 1,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_d := 1,5 \cdot w \cdot L \cdot H = 16,55 \text{ kN}$$

$$W_{d1} := \frac{W_d}{4} = 4,14 \text{ kN} \quad \text{senkrecht zur Wand}$$

Imperfektion

$$e_{\text{imp}} := \frac{H}{400} = 0,47 \text{ cm}$$

$$M_{\text{imp}} := 1,35 \cdot t \cdot L \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot H_{\text{tot}} \cdot e_{\text{imp}} = 2,15 \text{ kN m}$$

$$Q_{d1} := \frac{M_{\text{imp}}}{2 \cdot d} = 0,38 \text{ kN} \quad \text{parallel zur Wand}$$

### 10.3.3 Bemessung – Bewehrung

Vertikale Bewehrung

$$m_{dv} := 1,5 \cdot m_{\text{nutzlast}} = 3,52 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\theta := 8 \text{ mm}$$

$$a_v := c + 0,5 \cdot \theta = 3,9 \text{ cm}$$

$$\mu_v := \frac{m_{dv}}{L \cdot (t - a_v)^2 \cdot f_{cd}} \cdot 1 \text{ m} = 0,0006 < \mu_{\text{lim}} = 0,371$$

$$\omega_v := 0,9731 - \sqrt{(0,9469 - 1,946 \cdot \mu_v)} = 0,0006$$

$$\alpha_{1v} := \omega_v$$

$$A_{s1,v} := \alpha_{1v} \cdot (t - a_v) \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,08 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$



$$A_{s,min,1,v} := 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot (t - a_v) = 2,85 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,2,v} := 0,0013 \cdot (t - a_v) = 2,74 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

**Gewählt #8/100 As = 5,03cm<sup>2</sup>/m**

Horizontale Bewehrung

$$a_h := c + 1,5 \cdot \sigma = 4,7 \text{ cm}$$

$$m_{dh} := 1,5 \cdot \frac{w \cdot L^2}{8} = 5,57 \frac{\text{kN m}}{\text{m}}$$

$$\mu_h := \frac{m_{dh}}{H \cdot (t - a_h)^2 \cdot f_{cd}} \cdot 1 \text{ m} = 0,0029 < \mu_{lim} = 0,371$$

$$\omega_h := 0,9731 - \sqrt{(0,9469 - 1,946 \cdot \mu_h)} = 0,0029$$

$$\alpha_{1h} := \omega_h$$

$$A_{s1,h} := \alpha_{1h} \cdot (t - a_h) \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,34 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,1,h} := 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot (t - a_h) = 2,74 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s,min,2,h} := 0,0013 \cdot (t - a_h) = 2,64 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

**Gewählt #8/100 As = 5,03cm<sup>2</sup>/m**

#### 10.3.4 Torsturz

$$L_{st} := 5,06 \text{ m}$$

$$h_{st} := 1,88 \text{ m}$$

$$g_k := t \cdot h_{st} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 11,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_d := 1,35 \cdot g_k = 15,86 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_k := q \cdot h_{st} = 4,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_d := 1,5 \cdot q_k = 7,05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k + q_k = 16,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_k := (g_k + q_k) \cdot \frac{L_{st}^2}{8} = 52,65 \text{ kN m}$$



$$M_d := (g_d + q_d) \cdot \frac{L_{st}^2}{8} = 73,33 \text{ kN m}$$

$$V_d := 0,5 \cdot (g_d + q_d) \cdot L_{st} = 57,97 \text{ kN}$$

Bewehrung unten

$$\theta_{st} := 20 \text{ mm}$$

$$a_{st} := c + 0,5 \cdot \theta_{st} = 4,5 \text{ cm}$$

$$\mu_{st} := \frac{M_d}{0,25 \text{ m} \cdot (h_{st} - a_{st})^2 \cdot f_{cd}} \cdot 1 = 0,0035 < \mu_{lim} = 0,371$$

$$\omega_{st} := 0,9731 - \sqrt{(0,9469 - 1,946 \cdot \mu_{st})} = 0,0035$$

$$\alpha_{1st} := \omega_{st}$$

$$A_{s1,st} := \alpha_{1st} \cdot (h_{st} - a_{st}) \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min,1,h} := 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot (h_{st} - a_{st}) \cdot 0,25 \text{ m} = 6,2 \text{ cm}^2$$

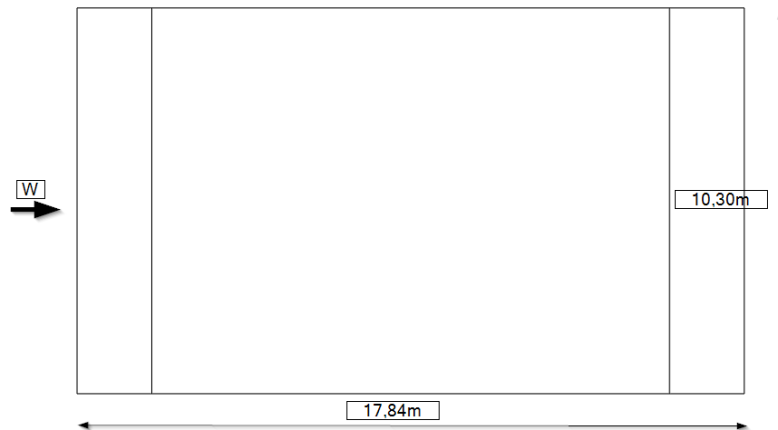
$$A_{s,min,2,h} := 0,0013 \cdot (h_{st} - a_{st}) \cdot 0,25 \text{ m} = 5,96 \text{ cm}^2$$

Gewählt 3#20  $A_s = 9,42 \text{ cm}^2$



## 11 POSITION: INNENWAND

### 11.1 Räumliche Steifigkeit



Wind Richtung Y (Anlage 1)

$$0,86 \text{ kN/m}^2 \times 14,66\text{m} = 12,61 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1)

$$-0,83 \text{ kN/m}^2 \cdot 14,66\text{m} = -12,17 \text{ kN/m}$$

$$\text{Windlast: } w_k = 12,61 + 12,17 = 24,78 \text{ kN/m}$$

$$W_k = 24,78 \text{ kN/m} \times 10,30 \text{ m} = 255,23 \text{ kN}$$

$$M_k = 24,78 \text{ kN/m} \cdot (10,30 \text{ m})^2 / 2 = 1314,46 \text{ kNm}$$

$$N_k = \pm 1314,46 \text{ kNm} / (17,84 - 2,0)\text{m} = 83,0 \text{ kN}$$

$$A = 0,3\text{m} \cdot 17,84\text{m} = 5,35\text{m}^2$$

$$v_{Edi} = 1,5 \cdot 255,23 \text{ kN} / 5,35 \text{ m}^2 = 71,56 \text{ kPa} = 0,07156 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,8 \text{ MPa} / 1,5 = 1,02 \text{ MPa}$$

$$\min \sigma_n = 10,3\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 258\text{kPa} = 0,258 \text{ MPa (Eigengewicht)}$$

$$v_{Rdi} = C \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n = 0,2 \cdot 1,02 \text{ MPa} + 0,6 \cdot 0,258 \text{ MPa} = 0,359 \text{ MPa [(6.25) gem. DIN-EN 1992-1-1]}$$

$$v_{Edi} = 0,07156 \text{ MPa} < v_{Rdi} = 0,359 \text{ MPa}$$



## 11.2 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Die Mindestbewehrung in den Wänden mit der Dicke von 43 cm (zul. Rissbreite 0,3mm) gem. Abs. 8.2: #16/150 (vertikal) und #12/150 (horizontal).

Die Mindestbewehrung in den Wänden mit der Dicke von 30 cm (zul. Rissbreite 0,3mm) gem. Abs. 6.2: #20/330 (vertikal) und #12/150 (horizontal).

## 11.3 Randzone

### 11.3.1 Statisches System

Beton C25/30

Bewehrungsstahl B500B

XC1,  $c_{nom}=35\text{mm}$

Lasteinzugsbreite:  $a = (15,07\text{m} + 14,5\text{m})/2 = 14,79\text{ m}$

Berechnungszonenlänge: 2m – Randzone mit Konsole

### 11.3.2 Belastung

Eigengewicht – automatisch berücksichtigt

Dachdecke (Pos. 2.1.1)  $7,02\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 207,65\text{ kN}$

Nutzlast Dach (Pos. 2.2.1)  $1,0\text{ kN}$

Installationslasten  $0,5\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 14,79\text{ kN}$

Schneelast (Pos. 2.2.4)  $0,68\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 20,11\text{ kN}$

Schneelast außerg.  $1,56\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 46,14\text{ kN}$

Horizontale Belastung senkrecht zur Wand (angenommen)

$$0,5\text{ kN/m}^2 \times 2\text{m} = 1,0\text{ kN/m}$$

Wind parallel zur Wand (Anlage 1)  $\pm 83,0\text{ kN}$

Kran (Pos. 3, gem. DIN-EN 1991-3, Tabelle 2.2, Lastgruppe 8,  $\phi 1 \cdot Q_C + \phi 6 \cdot Q_T$ )

$$G_V^{\max} = 1,1 \cdot (22,77 + 25,85) = 48,6\text{ kN}$$

$$Q_V^{\max} = 1,09 \cdot (101,7 + 107,47) = 209,2\text{ kN}$$

$$H_L^{\max} = 2,07 \cdot 3,32\text{ kN} = 6,87\text{ kN}$$

$$\text{Pufferkraft } H_B = 1,25 \cdot 41,2\text{ kN} = 51,5\text{ kN}$$



Die Randzone wurde sowohl als ein Wandstück als auch als eine Stütze berechnet, um die möglichen Knickungseffekte zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der statischen Wandberechnung (als eine Stütze) und die Bewehrungsbemessung befinden sich in der Anlage 4 „Bemessung der Innenwand“.

### 11.3.3 Schnittkräfte

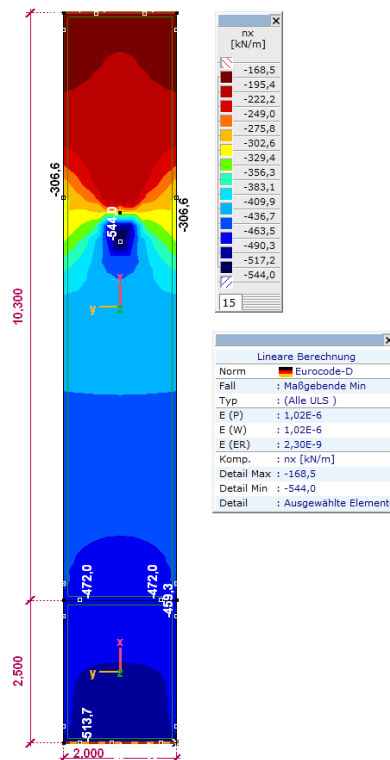


Abbildung 109: Innere Wand, Randzone, Normalkräfte nx



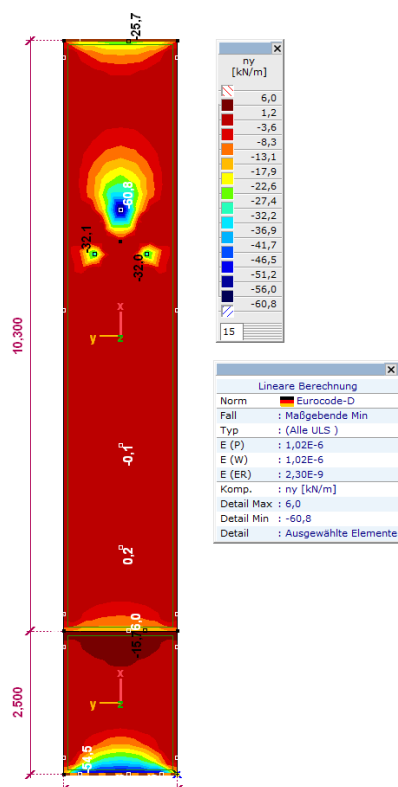


Abbildung 110: Innere Wand, Randzone, Normalkräfte ny

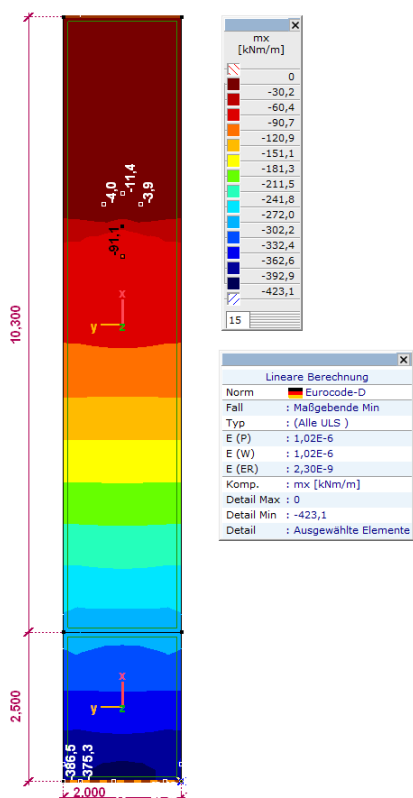


Abbildung 111: Innere Wand, Randzone, Biegemomente mx

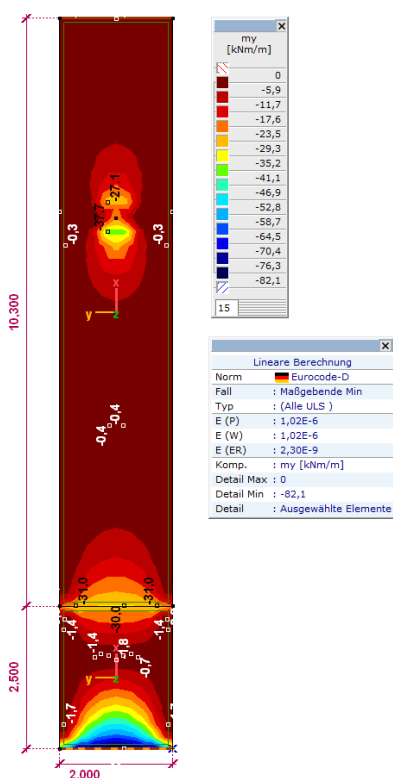


Abbildung 112: Innere Wand, Randzone, Biegemomente my

### 11.3.4 Bemessung

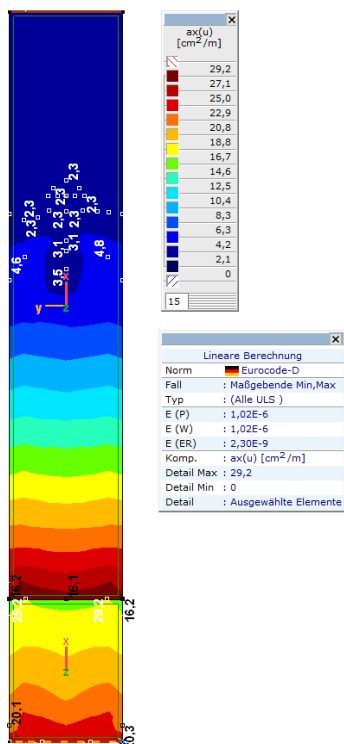


Abbildung 113: Innere Wand, Randzone, berechnete Bewehrung vertikal



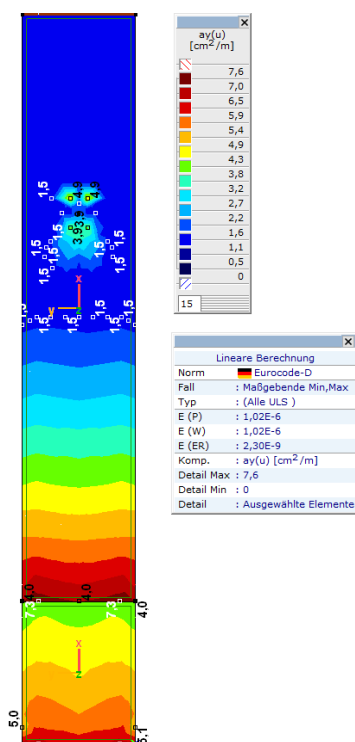


Abbildung 114: Innere Wand, Randzone, berechnete Bewehrung horizontal

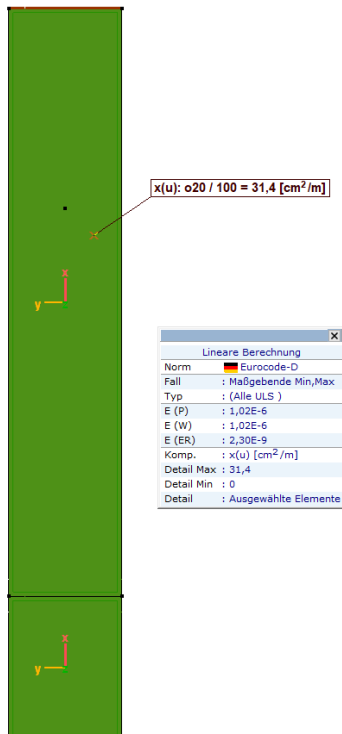


Abbildung 115: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung vertikal (links und rechts)



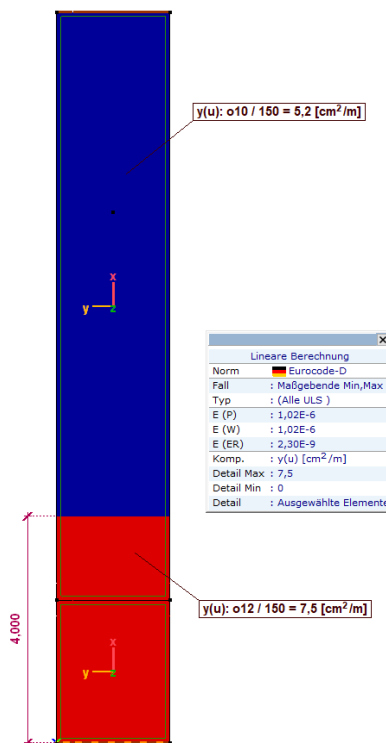
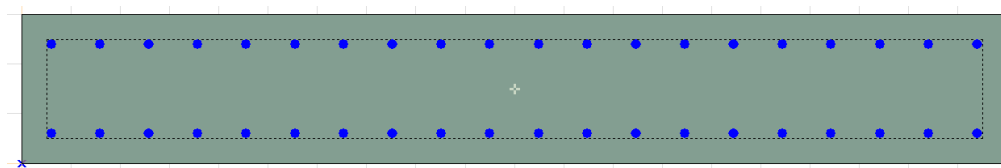


Abbildung 116: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung horizontal (Bügel)

Gewählt:

Längsbewehrung: 2x 20#20 (je 10cm)

Querbewehrung: Bügel #12/150 bis 4m von unten, ansonsten #10/150



### 11.3.5 Auflagerkonsole für Kranbahnträger

#### 11.3.5.1 Belastung

Kran (Pos.3.3)

Fz = 212,7 kN im Feld 3-4 und 7-8

Fz = 218,9 kN im Feld 4-5 und 6-7

Angenommen: Fz = 250 kN

H<sub>L</sub> = 42,5 kN Angenommen H<sub>L</sub> = 50 kN



#### 11.3.5.2 Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse befinden sich in Anlage 5 „Berechnung der Wandkonsole“.

### 11.4 Mittlere Zone

#### 11.4.1 Statisches System

Beton C25/30

Bewehrungsstahl B500B

XC1;  $c_{nom}=35\text{mm}$

Lasteinzugsbreite:  $a = (15,07\text{m} + 14,5\text{m})/2 = 14,79\text{ m}$

Berechnungszonenlänge: 1m

#### 11.4.2 Belastung

Eigengewicht – automatisch berücksichtigt

Dachdecke (Pos. 2.1.1)  $7,02\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 207,65\text{ kN}$

Nutzlast Dach (Pos. 2.2.1)  $1,0\text{ kN}$

Installationslasten  $0,5\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 14,79\text{ kN}$

Schneelast (Pos. 2.2.4)  $0,68\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 20,11\text{ kN}$

Schneelast außerg. (2.2.4)  $1,56\text{ kN/m}^2 \times 14,79\text{m} \times 2\text{m} = 46,14\text{ kN}$

Horizontale Belastung senkrecht zur Wand (angenommen)

$$0,5\text{ kN/m}^2 \times 2\text{m} = 1,0\text{ kN/m}$$

Die mittlere Zone wurde sowohl als ein Wandstück als auch als eine Stütze mit dem Querschnitt 30cm x 100cm berechnet, um die möglichen Knickungseffekte zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der statischen Wandberechnung (als eine Stütze) und die Bewehrungsbemessung befinden sich in der Anlage 4 „Bemessung der Innenwand“.



### 11.4.3 Schnittkräfte

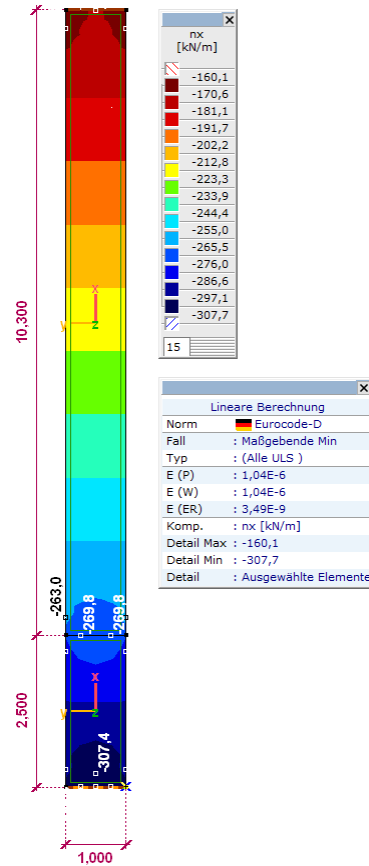


Abbildung 117: Innere Wand, mittlere Zone, Normalkräfte  $n_x$

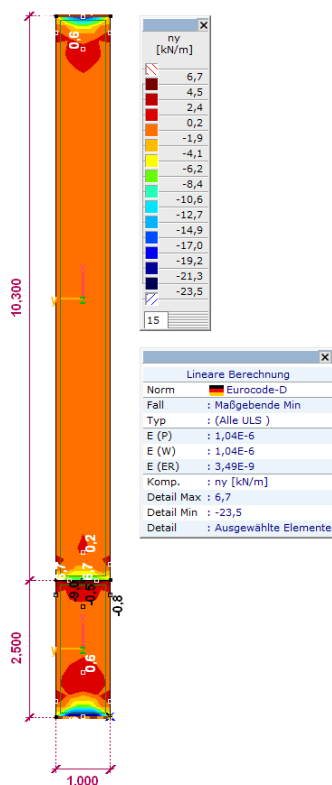


Abbildung 118: Innere Wand, mittlere Zone, Normalkräfte ny

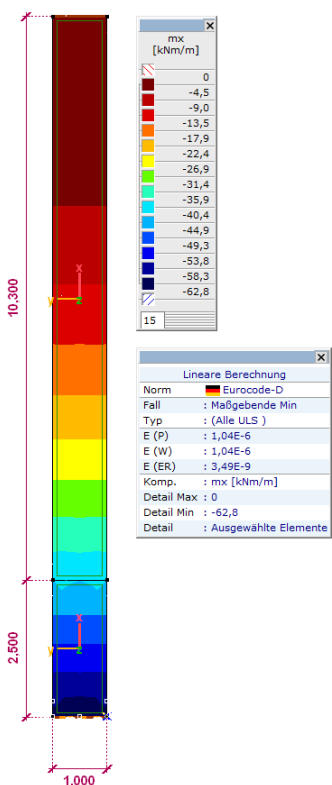


Abbildung 119: Innere Wand, mittlere Zone, Biegemomente mx

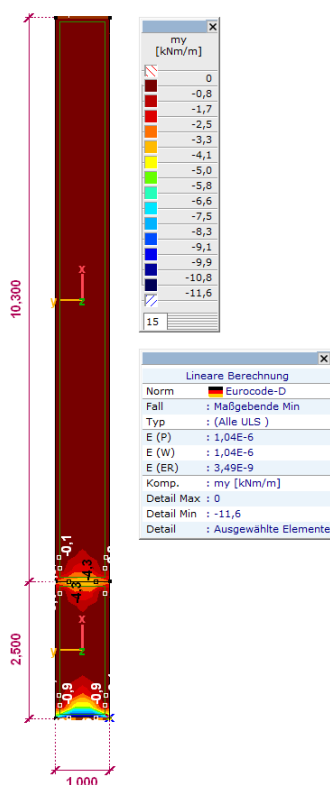


Abbildung 120: Innere Wand, mittlere Zone, Biegemomente my

#### 11.4.4 Bemessung

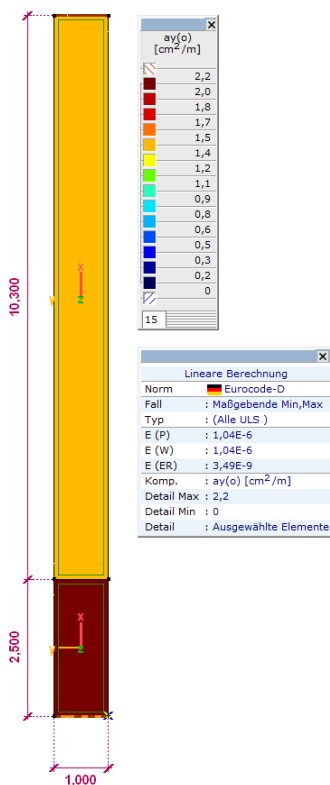


Abbildung 121: Innere Wand, mittlere Zone, berechnete Bewehrung vertikal



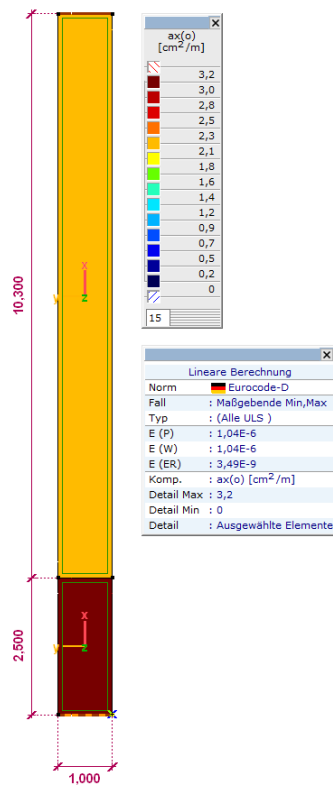


Abbildung 122: Innere Wand, mittlere Zone, berechnete Bewehrung horizontal

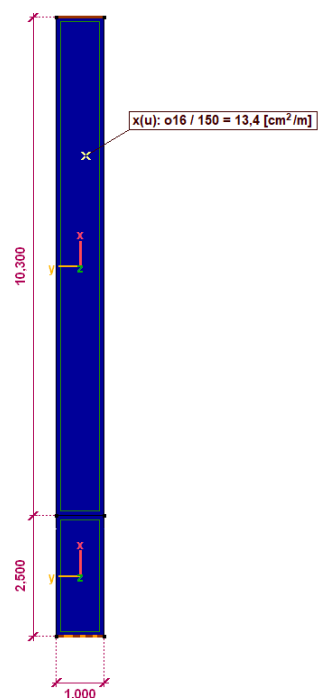


Abbildung 123: Innere Wand, mittlere Zone, gewählte Bewehrung vertikal (links und rechts)

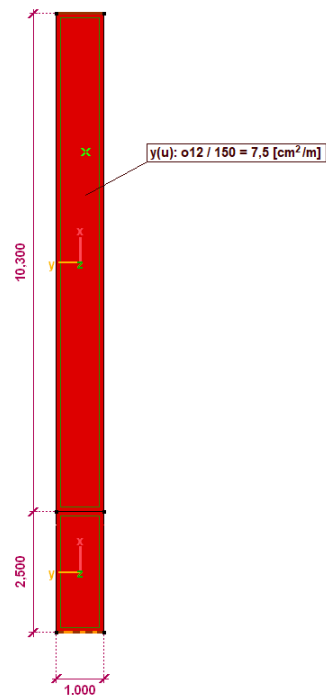
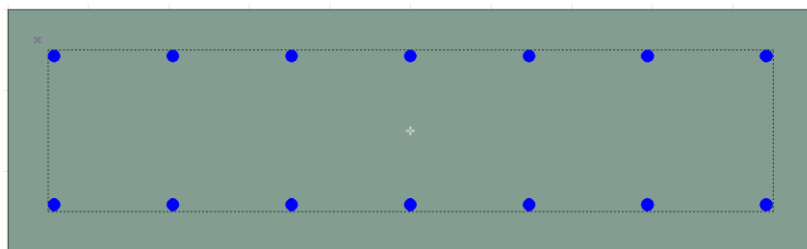


Abbildung 124: Innere Wand, Randzone, gewählte Bewehrung horizontal

Gewählt:

Längsbewehrung: 2x 7#16 (je 15cm)

Querbewehrung: 2x #12/150



## 11.5 Übergangsphase

Überprüfung der Ausnutzung der in der Übergangsphase verwendeten Bewehrung. Die Wand im Fundament befestigt, ohne Auflager an der Oberkante. Windlast nach DIN-EN 1991-1-4 Abs. 7.4.1.



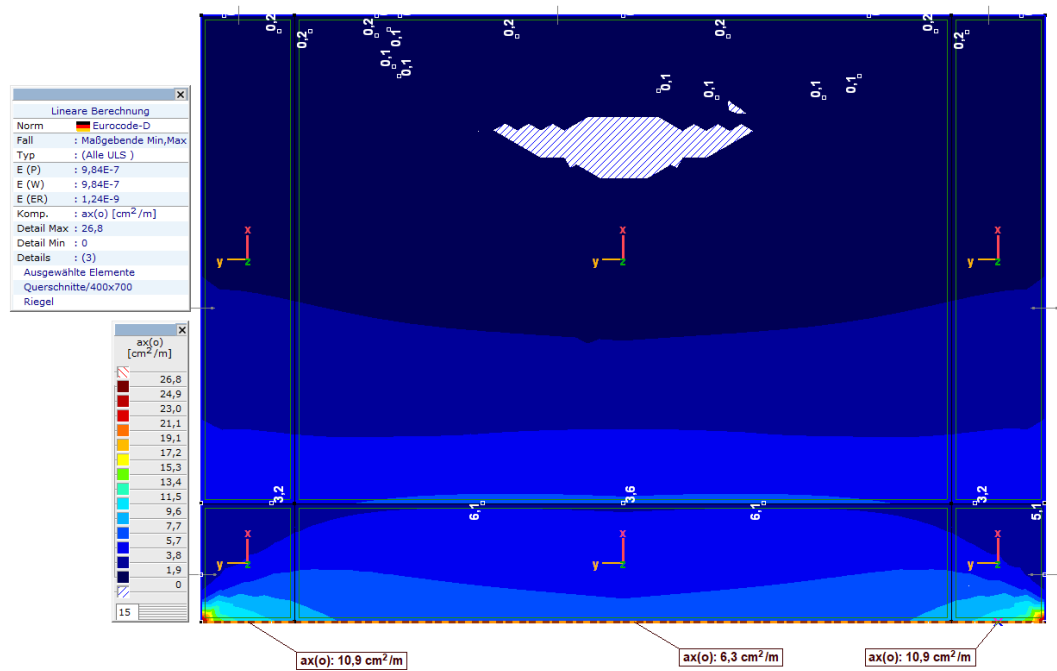


Abbildung 125: Innere Wand, Übergangsphase, berechnete Bewehrung vertikal

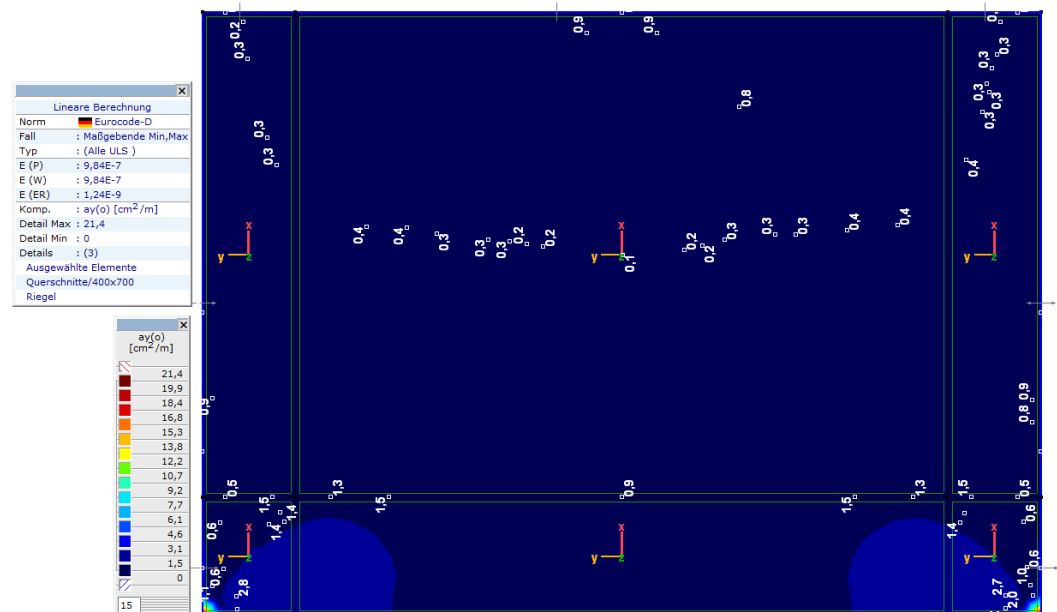


Abbildung 126: Innere Wand, Übergangsphase, berechnete Bewehrung horizontal

Die verwendete Bewehrung ist ausreichend für die Übergangsphase.

## 12 POSITION: GIEBELBALKEN (ACHSEN 1 UND 10)

### 12.1 Statisches System

Beton C30/37  
Bewehrungsstahl B500B  
XC3;  $c_{nom}=35\text{mm}$   
Lasteinzugsbreite:  $a=15,08/2=7,54\text{ m}$

### 12.2 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Dachschichten (Pos. 2.1.1)  $7,02\text{ kN/m}^2 \times 7,54\text{m} = 52,93\text{ kN/m}$   
 $52,93\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 6,09\text{ kNm/m}$

Nutzlast Dachdecke (Pos. 2.2.1)  $1,0\text{ kN}$

Nutzlast Leitungen (Pos. 2.2.1)  $0,5\text{ kN/m}^2 \times 7,54\text{m} = 3,77\text{ kN/m}$   
 $3,77\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 0,43\text{ kNm/m}$

Schneelast (Pos. 2.2.4)  $0,68\text{ kN/m}^2 \times 7,54\text{m} = 5,13\text{ kN/m}$   
 $5,13\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 0,59\text{ kNm}$

Schneelast aussergew. (Pos. 2.2.4)  $1,56\text{ kN/m}^2 \times 7,54\text{m} = 11,76\text{ kN/m}$   
 $11,76\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 1,35\text{ kNm/m}$

Wind Richtung X (Anhang 1, Lastfall „Wind X+ P.P“, Zugkraft)

$1,66\text{ kN/m}^2 \times 1,77\text{m} + 0,55\text{ kN/m}^2 \times 5,77\text{m} = 6,07\text{ kN/m}; \quad L=4,28\text{ m}$

$6,07\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 0,70\text{ kNm/m}$

$1,16\text{ kN/m}^2 \times 1,77\text{m} + 0,55\text{ kN/m}^2 \times 5,77\text{m} = 5,23\text{ kN/m}; \quad L=4,34\text{ m}$

$5,23\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = 0,60\text{ kNm/m}$

Wind Richtung X (Anhang 1, Lastfall „Wind X- P.S“; Druckkraft)

$-0,41\text{ kN/m}^2 \times 7,54\text{m} = -3,09\text{ kN/m} \quad L = 8,62\text{ m}$

$-3,09\text{ kN/m} \times 0,115\text{m} = -0,36\text{ kNm/m}$



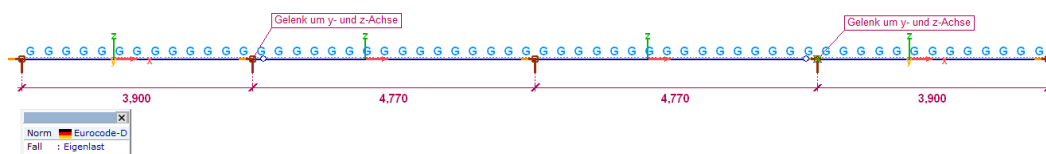


Abbildung 127: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Eigengewicht

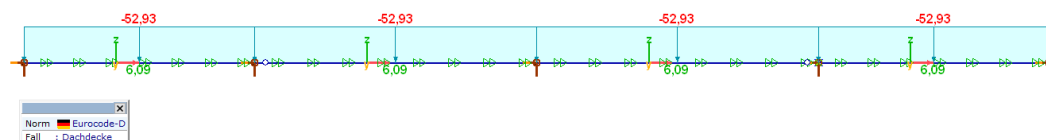


Abbildung 128: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Dachschichten

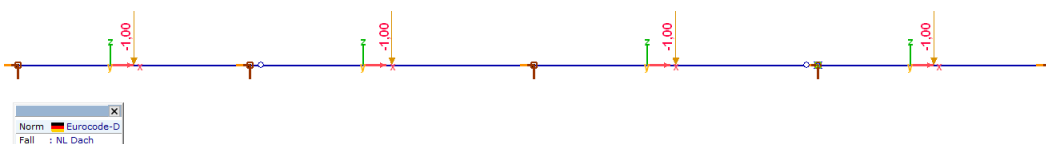


Abbildung 129: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Nutzlast Dach

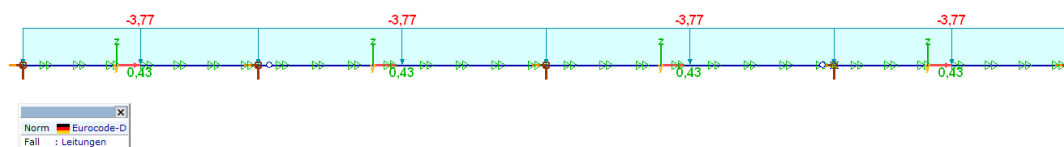


Abbildung 130: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Leitungen

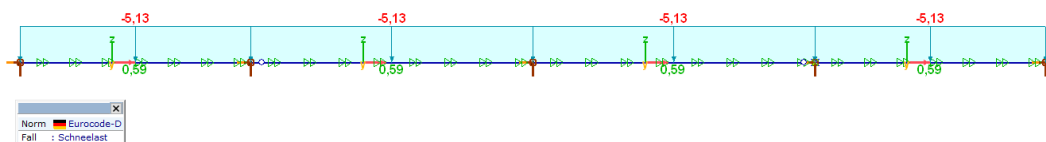


Abbildung 131: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schneelast

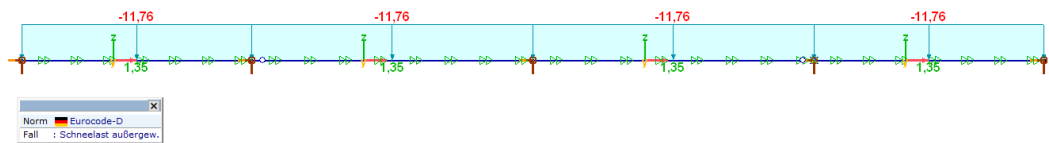


Abbildung 132: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schneelast außergew.

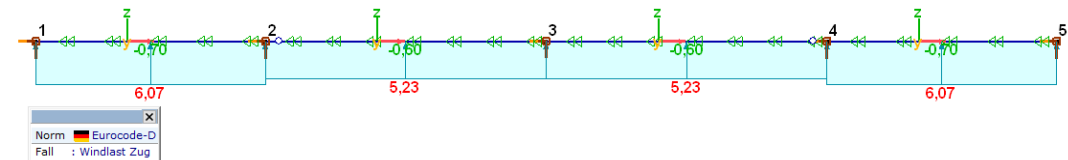


Abbildung 133: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Windlast Zugkraft

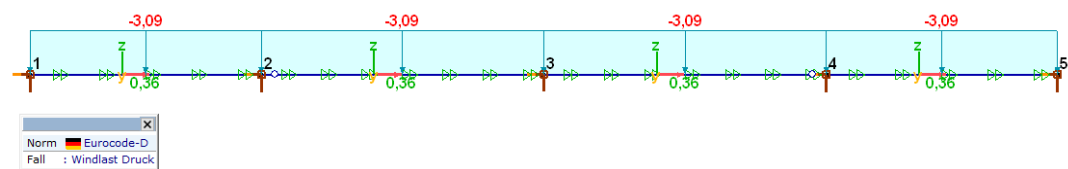


Abbildung 134: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Windlast Druckkraft

Tabelle 10: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelbalken Achsen 1 und 10

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                  |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Gruppe                   | Typ              | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |  |
| 1 Ständige Lasten        | Ständig          | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |  |
| 2 Nutzlasten             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |  |
| 3 Windlast               | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |  |
| 4 Schneelast             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |  |
| 5 Schneelast außerg.     | aussergewöhnlich |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |

## 12.3 Ergebnisse

### 12.3.1 Auflagerkräfte

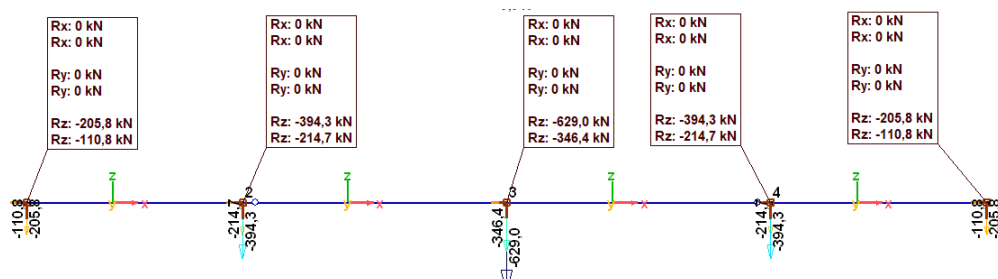


Abbildung 135: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Auflagerkräfte

Tabelle 11: Giebelbalken Achsen 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear] |       |                      |            |              |
|--|-------|----------------------|------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall             | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] |
| 1  | 1     | Eigenlast            | -25,3      | 0            |
|  |       | NL Dach              | -0,5       | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 11,8       | -1,4         |
|  |       | Dachdecke            | -103,2     | 11,9         |
|  |       | Leitungen            | -7,4       | 0,8          |
|  |       | Windlast Druck       | -6,0       | 0,7          |
|  |       | Schneelast           | -10,0      | 1,2          |
|  |       | Schneelast außergew. | -22,9      | 2,6          |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck  | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Zug    | 0          | 0            |
| 2  | 2     | Eigenlast            | -48,6      | 0            |
|  |       | NL Dach              | -0,8       | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 21,2       | -2,8         |
|  |       | Dachdecke            | -197,9     | 26,4         |
|  |       | Leitungen            | -14,1      | 1,9          |
|  |       | Windlast Druck       | -11,6      | 1,6          |
|  |       | Schneelast           | -19,2      | 2,6          |
|  |       | Schneelast außergew. | -44,0      | 5,8          |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck  | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Zug    | 0          | 0            |
| 3  | 3     | Eigenlast            | -77,5      | 0            |
|  |       | NL Dach              | -1,4       | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 31,2       | -2,9         |
|  |       | Dachdecke            | -315,6     | 29,1         |
|  |       | Leitungen            | -22,5      | 2,1          |
|  |       | Windlast Druck       | -18,4      | 1,7          |
|  |       | Schneelast           | -30,6      | 2,8          |
|  |       | Schneelast außergew. | -70,1      | 6,4          |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck  | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Zug    | 0          | 0            |
| 4  | 4     | Eigenlast            | -48,6      | 0            |
|  |       | NL Dach              | -0,8       | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 21,2       | -2,8         |
|  |       | Dachdecke            | -197,9     | 26,4         |
|  |       | Leitungen            | -14,1      | 1,9          |
|  |       | Windlast Druck       | -11,6      | 1,6          |
|  |       | Schneelast           | -19,2      | 2,6          |
|  |       | Schneelast außergew. | -44,0      | 5,8          |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck  | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Zug    | 0          | 0            |
| 5  | 5     | Eigenlast            | -25,3      | 0            |
|  |       | NL Dach              | -0,5       | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 11,8       | -1,4         |
|  |       | Dachdecke            | -103,2     | 11,9         |
|  |       | Leitungen            | -7,4       | 0,8          |
|  |       | Windlast Druck       | -6,0       | 0,7          |
|  |       | Schneelast           | -10,0      | 1,2          |
|  |       | Schneelast außergew. | -22,9      | 2,6          |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck  | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Wand Zug    | 0          | 0            |

Tabelle 12: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte [Linear, (Alle ULS) Maßgebende] |       |     |              |            |
|--|-------|-----|--------------|------------|
|  | Knot. | K   | min.<br>max. | Rz<br>[kN] |
| 1  | 1     | Rz  | min          | -205,8     |
|  |       |     | max          | -110,8     |
|  |       | Rxx | min          | -110,8     |
|  |       |     | max          | -205,0     |
|  |       |     |              |            |
| 2  | 2     | Rz  | min          | -394,3     |
|  |       |     | max          | -214,7     |
|  |       | Rxx | min          | -214,7     |
|  |       |     | max          | -393,0     |
|  |       |     |              |            |
| 3  | 3     | Rz  | min          | -629,0     |
|  |       |     | max          | -346,4     |
|  |       | Rxx | min          | -346,4     |
|  |       |     | max          | -627,0     |
|  |       |     |              |            |
| 4  | 4     | Rz  | min          | -394,3     |
|  |       |     | max          | -214,7     |
|  |       | Rxx | min          | -214,7     |
|  |       |     | max          | -393,0     |
|  |       |     |              |            |
| 5  | 5     | Rz  | min          | -205,8     |
|  |       |     | max          | -110,8     |
|  |       | Rxx | min          | -110,8     |
|  |       |     | max          | -205,0     |
|  |       |     |              |            |

### 12.3.2 Schnittkräfte

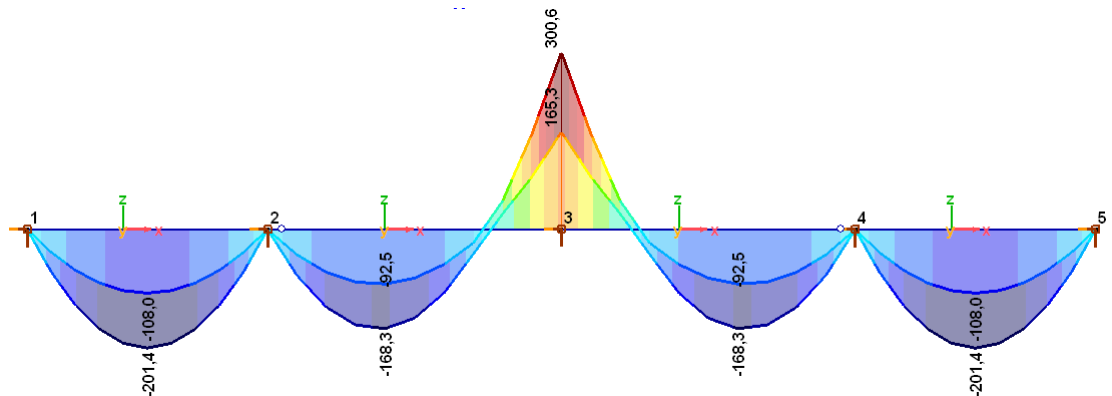


Abbildung 136: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Biegemoment (Berechnungswerte)

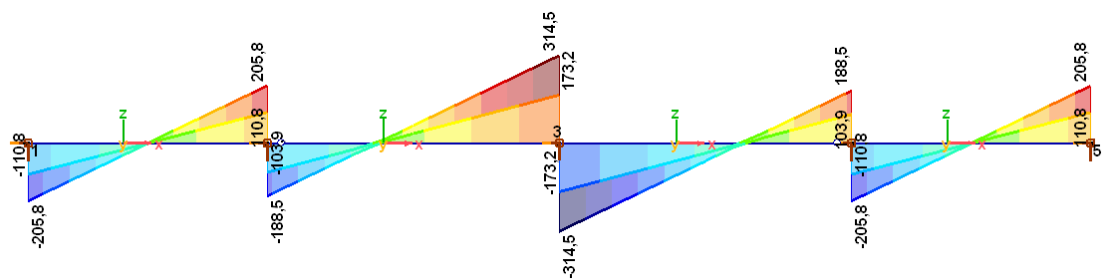


Abbildung 137: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Schubkraft (Berechnungswerte)

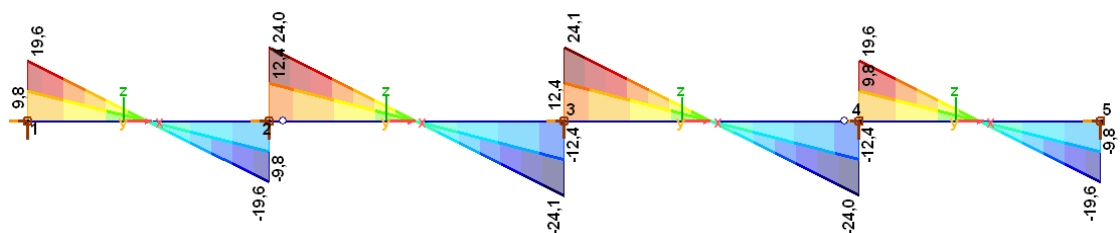


Abbildung 138: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Torsionsmoment (Berechnungswerte)



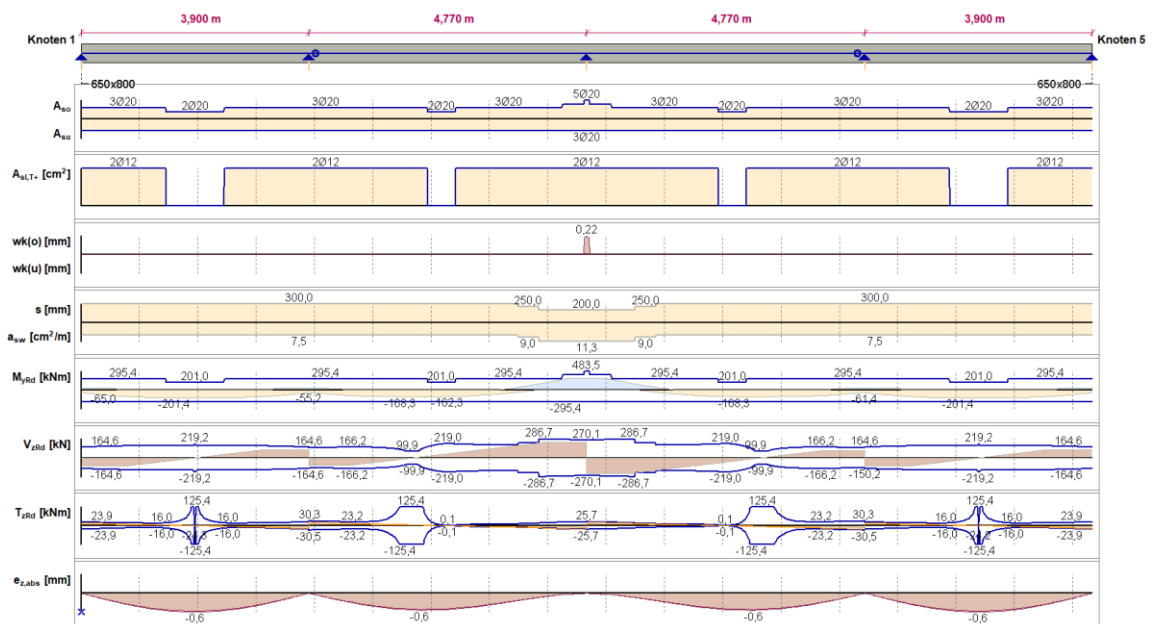


**Tabelle 13: Giebelbalken Achsen 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Schnittkräfte**

Stabkräfte [Linear, (Alle ULS ) Maßgebende]

| K | min.<br>ma.. | Abst.<br>[m] | Knot..    | Vz<br>[kN] | Tx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Massgebende Kombination   |
|---|--------------|--------------|-----------|------------|-------------|-------------|---|
| 1 | Vz           | min          | 0 (1)     | -205,8     | 19,6        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 3,900 (2) | 205,8      | -19,6       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   | Tx           | min          | 3,900 (2) | 205,0      | -19,6       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   |              | max          | 0 (1)     | -205,0     | 19,6        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   | My           | min          | 1,950     | -0,8       | 0           | -201,4      | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 3,900 (2) | 155,8      | -14,0       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS  |
| 2 | Vz           | min          | 0 (2)     | -188,5     | 24,0        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 4,770 (3) | 314,5      | -24,1       | 300,6       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   | Tx           | min          | 4,770 (3) | 313,5      | -24,1       | 299,2       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   |              | max          | 0 (2)     | -188,0     | 24,0        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   | My           | min          | 1,908     | 12,1       | 4,8         | -168,3      | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 4,770 (3) | 314,5      | -24,1       | 300,6       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
| 3 | Vz           | min          | 0 (3)     | -314,5     | 24,1        | 300,6       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 4,770 (4) | 188,5      | -24,0       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   | Tx           | min          | 4,770 (4) | 188,0      | -24,0       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   |              | max          | 0 (3)     | -313,5     | 24,1        | 299,2       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   | My           | min          | 2,862     | -12,1      | -4,8        | -168,3      | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 0 (3)     | -314,5     | 24,1        | 300,6       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
| 4 | Vz           | min          | 0 (4)     | -205,8     | 19,6        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 3,900 (5) | 205,8      | -19,6       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   | Tx           | min          | 3,900 (5) | 205,0      | -19,6       | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   |              | max          | 0 (4)     | -205,0     | 19,6        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS               |
|   | My           | min          | 1,950     | -0,8       | 0           | -201,4      | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|   |              | max          | 0 (4)     | -155,8     | 14,0        | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS  |

### 12.3.3 Hauptbewehrung

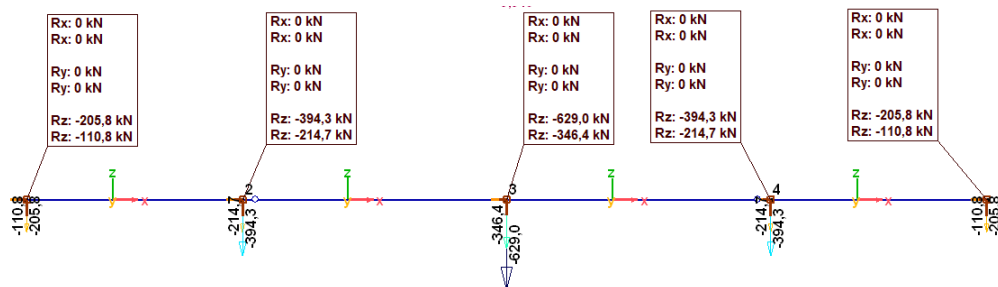


Gewählt:

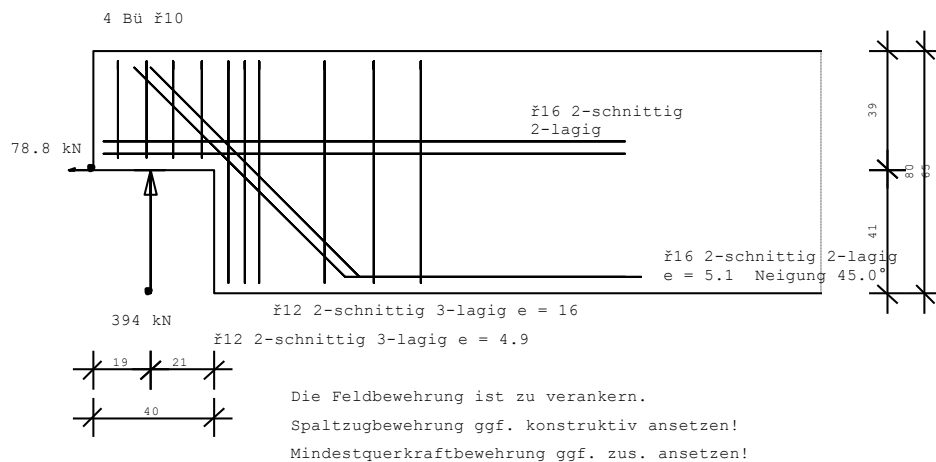
- Längsbewehrung: unten: 3#20  
oben: 3#20 (+2#20 über dem Mittelaufleger)
- Querbewehrung: geschlossene Bügel #12/200
- Torsionsbewehrung: je 1#12 an beiden Balkenseiten

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in der Anlage 6 „Bemessung der Giebelbalken“.

## 12.3.4 Auflagerbewehrung



### Hochgezogenes Auflager – Knoten 2 und 4



### Reinforced Concrete Half Joint B10 01/2020 (Frilo R-2020-2/P12)

| Hochgezogenes Auflager nach<br><b>DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 C 25/30 B500B</b> |   |
|---|---|
| Auflagerkraft   | $F_{ed} = 394.0 \text{ kN}$                     |
| Horizontalkraft (UK)  | $H_{ed} = 78.8 \text{ kN}$                      |
| Abstand Auflagerachse - VK Ausklinkung  | $e_1 = 21.0 \text{ cm}$                         |
| Balkenquerschnitt   | $b_0 = 65.0 \text{ cm}$ $h_0 = 80.0 \text{ cm}$ |
| Konsole   | $l_k = 40.0 \text{ cm}$ $h_k = 39.0 \text{ cm}$ |
| Lagerabmessungen  | $b_p = 65.0 \text{ cm}$ $l_p = 10.0 \text{ cm}$ |
| Betondeckung  | $c = 3.5 \text{ cm}$                            |
| Abstand obere Bewehrung (OK-Schwerpunkt)  | $do = 5.5 \text{ cm}$                           |
| Abstand untere Bewehrung (UK-Schwerpunkt)   | $du = 5.5 \text{ cm}$                           |

| STABWERKSMODELL – GEOMETRIE          |  |
|--------------------------------------|--|
| Druckstrebe D1 ( in der Konsole ) :  |  |
| Abmessungen                          | $l \text{ (hor)} = 33.6 \text{ cm}$ $h \text{ (vert)} = 26.4 \text{ cm}$ |
| Neigung                              | $\phi_1 = 38.12 \text{ Grad}$  |
| Knoten 1 (unten)                     | $a_1 = 5.2 \text{ cm}$ $a_2 = 11.5 \text{ cm}$                           |
| Knoten 2 (oben)                      | $a_4 = 11.0 \text{ cm}$ $d_4 = 5.5 \text{ cm}$                           |
| Zugband Zh ( Horizontalbewehrung ) : |  |
| Abstand von OK Balken                | $h_1 = 31.9 \text{ cm}$  |
| Zugband ZV1 ( Aufhängebewehrung ) :  |  |
| Abstand von VK Ausklinkung           | $d_1 = 9.8 \text{ cm}$   |
| Abstand von Achse Auflager           | $da = 30.8 \text{ cm}$   |

### STABWERKSMODELL – GEOMETRIE

Zugband ZV2 (Aufhängebewehrung 2) :  
Abstand von VK Ausklinkung  $d_2 = 52.4 \text{ cm}$   
angenommenes Modell der Schrägbewehrung:  
Bügelneigung  $\alpha = 45.0 \text{ Grad}$

### SCHNITTGRÖSSEN

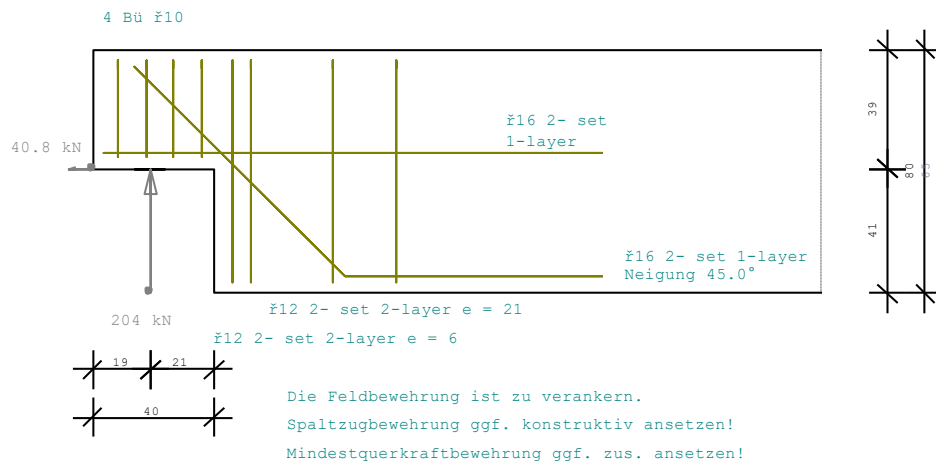
Anteil für vertikale Bügel  $F_{av,ed} = 196.0 \text{ kN}$   
Anteil für Schrägstäbe (50.0 %)  $F_{as,ed} = 196.0 \text{ kN}$   
Zugkraft Aufhängebügel ZV1 (mit Anteil H)  $Z_v = 234.1 \text{ kN}$   
Zugkraft Aufhängebügel ZV2  $Z_v = 249.8 \text{ kN}$   
Zugkraft Horizontalbügel  $Z_h = 349.2 \text{ kN}$   
Zugkraft Schrägbügel  $Z_s = 277.2 \text{ kN}$

### BEMESSUNG

Fertigteil  $\gamma_c = 1.35$   $\gamma_s = 1.15$   
 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$   $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$   
reduziertes  $\gamma_c$  nach Anhang A.2.3(1)  
Tragfähigkeit  $F_v = 392.00 \text{ kN} < V_{rdmax} = 983.88 \text{ kN}$   
Querzugkraft  $F_{td} = 73.50 \text{ kN}$   
Auflagerpressung  $\sigma_{ld} = 6.03 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{rdmax} = 11.81 \text{ N/mm}^2$   
in Druckstrebe  $\sigma_{cd} = 4.23 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{rdmax} = 11.81 \text{ N/mm}^2$   
AUFHÄNGEBÜGEL ZV1  $A_{s,erf} = 5.38 \text{ cm}^2 < A_{s,vorh} = 6.78 \text{ cm}^2$   
AUFHÄNGEBÜGEL ZV2  $A_{s,erf} = 5.74 \text{ cm}^2 < A_{s,vorh} = 6.78 \text{ cm}^2$   
SCHRÄGBÜGEL  $A_{s,erf} = 6.38 \text{ cm}^2 < A_{s,vorh} = 8.04 \text{ cm}^2$   
HORIZONTALBÜGEL  $A_{s,erf} = 8.03 \text{ cm}^2 < A_{s,vorh} = 8.04 \text{ cm}^2$

| BEWEHRUNG         | gewählt                    | $A_s(\text{cm}^2)$ | $e(\text{cm})$ |
|-------------------|----------------------------|--------------------|----------------|
| Aufhängebügel ZV1 | Ø12 2-schnittig in 3 Lagen | 6.78               | 4.9            |
| Aufhängebügel ZV2 | Ø12 2-schnittig in 3 Lagen | 6.78               | 16.0           |
| Schrägbügel       | Ø16 2-schnittig in 2 Lagen | 8.04               |                |
| Horizontalbügel   | Ø16 2-schnittig in 2 Lagen | 8.04               |                |

### Hochgezogenes Auflager – Knoten 1 und 5



Reinforced Concrete Half Joint B10 01/2020 (Frilo R-2020-2/P12)

| Hochgezogenes Auflager nach<br><b>DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12</b> |                            |              | <b>C 25/30</b>             | <b>B500B</b> |
|---|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| Auflagerkraft   |                            |              | F <sub>ed</sub> = 204.0 kN |              |
| Horizontalkraft (UK)  |                            |              | H <sub>ed</sub> = 40.8 kN  |              |
| Abstand Auflagerachse - VK Ausklinkung                              |                            |              | e1 = 21.0 cm               |              |
| Balkenquerschnitt   | b0 = 65.0 cm               | h0 = 80.0 cm |                            |              |
| Konsole   | lk = 40.0 cm               | hk = 39.0 cm |                            |              |
| Lagerabmessungen  | bp = 65.0 cm               | lp = 10.0 cm |                            |              |
| Betondeckung  | c = 3.5 cm                 |              |                            |              |
| Abstand obere   | Bewehrung (OK-Schwerpunkt) | do = 5.5 cm  |                            |              |
| Abstand untere  | Bewehrung (UK-Schwerpunkt) | du = 5.5 cm  |                            |              |

| <b>STABWERKSMODELL - GEOMETRIE</b>       |                             |                         |
|--|-----------------------------|-------------------------|
| Druckstrebe D1                           | (in der Konsole) :          |                         |
| Abmessungen                              | l (hor) = 32.1 cm           | h (vert) = 28.2 cm      |
| Neigung                                  | φ <sub>1</sub> = 41.28 Grad |                         |
| Knoten 1 (unten)                         | a <sub>1</sub> = 0.0 cm     | a <sub>2</sub> = 6.6 cm |
| Knoten 2 (oben)                          | a <sub>4</sub> = 11.0 cm    | d <sub>4</sub> = 5.5 cm |
| Zugband Zh                               | (Horizontalbewehrung) :     |                         |
| Abstand von OK Balken                    | h <sub>1</sub> = 33.7 cm    |                         |
| Zugband ZV1                              | (Aufhängebewehrung) :       |                         |
| Abstand von VK Ausklinkung               | d <sub>1</sub> = 9.0 cm     |                         |
| Abstand von Achse Auflager               | d <sub>a</sub> = 30.0 cm    |                         |
| Zugband ZV2                              | (Aufhängebewehrung2) :      |                         |
| Abstand von VK Ausklinkung               | d <sub>2</sub> = 49.8 cm    |                         |
| angenommenes Modell der Schrägbewehrung: |                             |                         |
| Bügelneigung                             | α = 45.0 Grad               |                         |

| <b>SCHNITTGRÖSSEN</b>                     |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
| Anteil für vertikale Bügel                |  | F <sub>av,ed</sub> = 102.0 kN |
| Anteil für Schrägstäbe (50.0%)            |  | F <sub>as,ed</sub> = 102.0 kN |
| Zugkraft Aufhängebügel ZV1 (mit Anteil H) |  | Z <sub>v</sub> = 121.8 kN     |
| Zugkraft Aufhängebügel ZV2                |  | Z <sub>v</sub> = 116.2 kN     |
| Zugkraft Horizontalbügel                  |  | Z <sub>h</sub> = 164.6 kN     |
| Zugkraft Schrägbügel                      |  | Z <sub>s</sub> = 144.2 kN     |

| <b>BEMESSUNG</b>                                |   |  |
|---|---|--|
| Fertigteil                                      | γ <sub>c</sub> = 1.35   | γ <sub>s</sub> = 1.15                      |
|   | F <sub>ck</sub> = 25.00 N/mm <sup>2</sup>   | f <sub>yk</sub> = 500.00 N/mm <sup>2</sup> |
| reduziertes γ <sub>c</sub> nach Anhang A.2.3(1) |   |  |
| Tragfähigkeit                                   | F <sub>v</sub> = 204.00 kN < V <sub>rdmax</sub> = 1072.88 kN                            |  |
| Querzugkraft                                    | F <sub>td</sub> = 38.25 kN  |  |
| Auflagerpressung                                | σ <sub>ld</sub> = 3.14 N/mm <sup>2</sup> < σ <sub>rdmax</sub> = 11.81 N/mm <sup>2</sup> |  |
| in Druckstrebe                                  | σ <sub>cd</sub> = 3.61 N/mm <sup>2</sup> < σ <sub>rdmax</sub> = 11.81 N/mm <sup>2</sup> |  |
| AUFHÄNGEBÜGEL ZV1                               | A <sub>s,erf</sub> = 2.80 cm <sup>2</sup> < A <sub>s,vorh</sub> = 4.52 cm <sup>2</sup>  |  |
| AUFHÄNGEBÜGEL ZV2                               | A <sub>s,erf</sub> = 2.67 cm <sup>2</sup> < A <sub>s,vorh</sub> = 4.52 cm <sup>2</sup>  |  |
| SCHRÄGBÜGEL                                     | A <sub>s,erf</sub> = 3.32 cm <sup>2</sup> < A <sub>s,vorh</sub> = 4.02 cm <sup>2</sup>  |  |
| HORIZONTALBÜGEL                                 | A <sub>s,erf</sub> = 3.79 cm <sup>2</sup> < A <sub>s,vorh</sub> = 4.02 cm <sup>2</sup>  |  |



| BEWEHRUNG         | gewählt |             |               | As(cm2) | e(cm) |
|-------------------|---------|-------------|---------------|---------|-------|
| Aufhängebügel ZV1 | Ø 12    | 2-schnittig | in 2 Lagen    | 4.52    | 6.0   |
| Aufhängebügel ZV2 | Ø 12    | 2-schnittig | in 2 Lagen    | 4.52    | 21.0  |
| Schrägbügel       | Ø 16    | 2-schnittig | in einer Lage | 4.02    |       |
| Horizontalbügel   | Ø 16    | 2-schnittig | in einer Lage | 4.02    |       |



## 13 POSITION: GIEBELBALKEN (ACHSEN A UND E)

### 13.1 Statisches System

Beton C30/37

Bewehrungsstahl B500B

XC3;  $c_{nom}=35\text{mm}$

Lasteinzugsbreite:  $a = 1,20/2 = 0,60\text{ m}$

### 13.2 Belastung

Eigengewicht – automatisch berücksichtigt

Dachdecke (Pos. 2.1.1, Lasteinzugsbreite  $0,5 \times 1,20\text{m} = 0,60\text{m}$ )

$g_z = 7,02\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{m} = 4,21\text{ kN/m}$

Nutzlast Dachdecke (Pos. 2.2.1)

$F_z = 1,00\text{ kN}$

Nutzlast Leitungen (Pos.2.2.1)

$q_z = 0,5\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{m} = 0,30\text{ kN/m}$

Schneelast (Pos. 2.2.4)

$q_z = 0,68\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{ m} = 0,41\text{ kN/m}$

Schneelast außergewöhnlich (Pos. 2.2.4)

$q_z = 1,56\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{m} = 0,94\text{ kN/m}$

Windlast Dach Zugkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind Y-S.P.“)

$q_z = -1,16\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{m} = 0,70\text{ kN/m}$

Windlast Dach Druckkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.S“, Druckkraft)

$q_z = 0,41\text{ kN/m}^2 \times 0,60\text{m} = 0,25\text{ kN/m}$

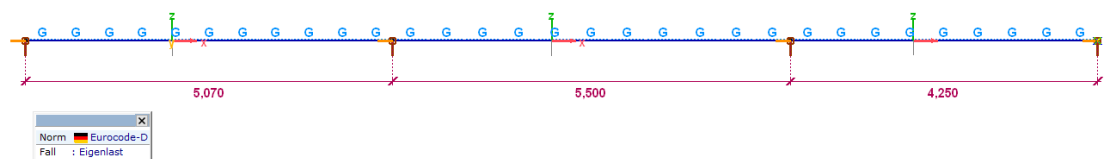


Abbildung 139: Giebelbalken Achsen A und E, Eigengewicht

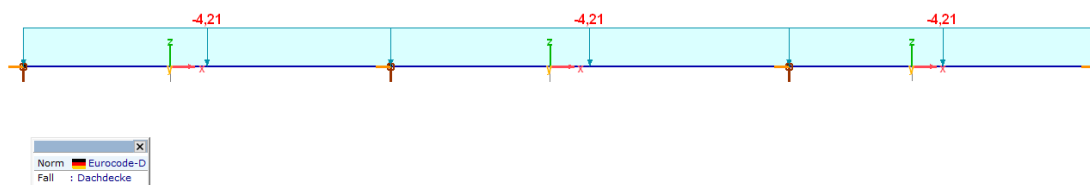


Abbildung 140: Giebelbalken Achsen A und E, Dachschichten

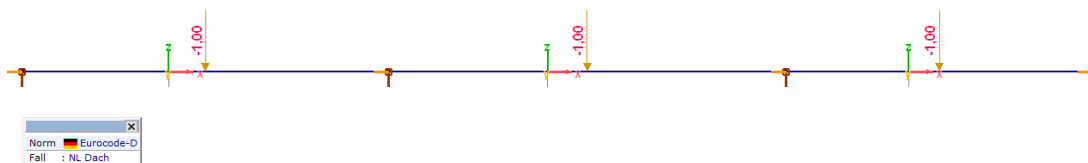


Abbildung 141: Giebelbalken Achsen A und E, Nutzlast Dach

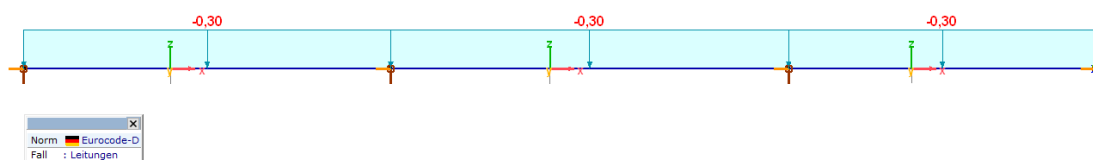


Abbildung 142: Giebelbalken Achsen A und E, Leitungen

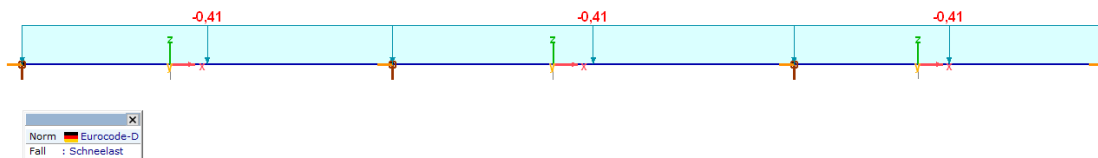


Abbildung 143: Giebelbalken Achsen A und E, Schneelast

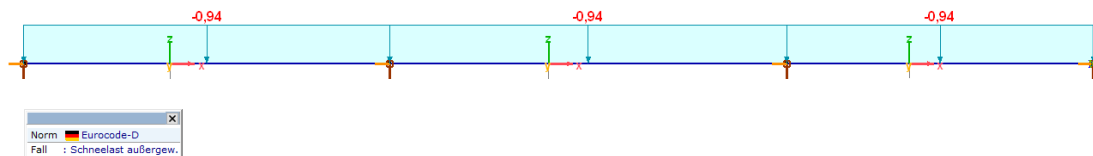


Abbildung 144: Giebelbalken Achsen A und E, Schneelast außergew.



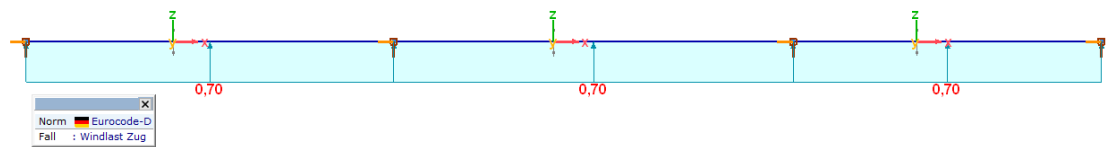


Abbildung 145: Giebelbalken Achsen A und E, Windlast Zugkraft

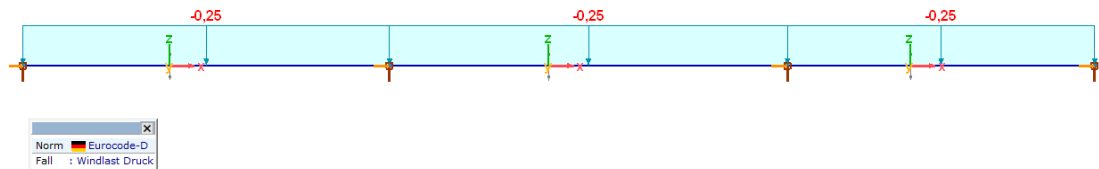


Abbildung 146: Giebelbalken Achsen A und E, Windlast Druckkraft

Tabelle 14: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelbalken

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                  |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Gruppe                   | Typ              | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |  |
| 1 Ständige Lasten        | Ständig          | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |  |
| 2 Nutzlasten             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |  |
| 3 Windlast               | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |  |
| 4 Schneelast             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |  |
| 5 Schneelast außerg.     | aussergewöhnlich |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |

## 13.3 Ergebnisse

### 13.3.1 Auflagerkräfte

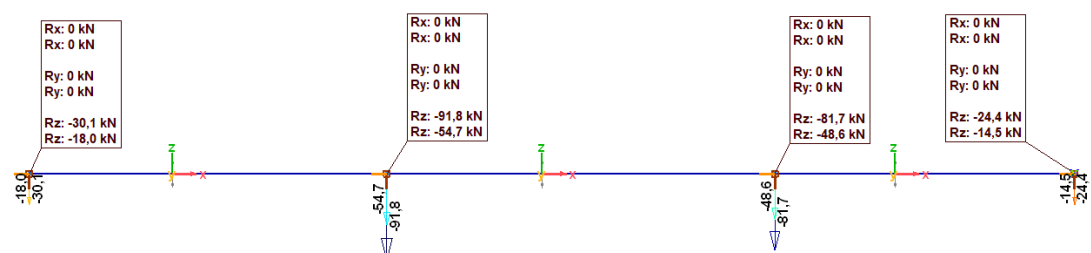


Abbildung 147: Giebelbalken Achsen A und E, Auflagerkräfte



**Tabelle 15 : Giebelbalken Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte**

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Li |       |                      |         |
|---|-------|----------------------|---------|
|   | Knot. | Lastfall             | Rz [kN] |
| 1   | 1     | Eigenlast            | -11,8   |
|   |       | NL Dach              | -0,3    |
|   |       | Windlast Zug         | 1,4     |
|   |       | Dachdecke            | -8,3    |
|   |       | Leitungen            | -0,6    |
|   |       | Windlast Druck       | -0,5    |
|   |       | Schneelast           | -0,8    |
|   |       | Schneelast außergew. | -1,8    |
| 2   | 2     | Eigenlast            | -35,8   |
|   |       | NL Dach              | -1,2    |
|   |       | Windlast Zug         | 4,2     |
|   |       | Dachdecke            | -25,1   |
|   |       | Leitungen            | -1,8    |
|   |       | Windlast Druck       | -1,5    |
|   |       | Schneelast           | -2,4    |
|   |       | Schneelast außergew. | -5,6    |
| 3   | 3     | Eigenlast            | -31,8   |
|   |       | NL Dach              | -1,1    |
|   |       | Windlast Zug         | 3,7     |
|   |       | Dachdecke            | -22,3   |
|   |       | Leitungen            | -1,6    |
|   |       | Windlast Druck       | -1,3    |
|   |       | Schneelast           | -2,2    |
|   |       | Schneelast außergew. | -5,0    |
| 4   | 4     | Eigenlast            | -9,5    |
|   |       | NL Dach              | -0,3    |
|   |       | Windlast Zug         | 1,1     |
|   |       | Dachdecke            | -6,7    |
|   |       | Leitungen            | -0,5    |
|   |       | Windlast Druck       | -0,4    |
|   |       | Schneelast           | -0,6    |
|   |       | Schneelast außergew. | -1,5    |

**Tabelle 16: Giebelbalken Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte**

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende] |       |     |           |         |   |
|--|-------|-----|-----------|---------|---|
|  | Knot. | K   | min. max. | Rz [kN] | Massgebende Kombination   |
| 1  | 1     | Rz  | min       | -30,1   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |
|  |       |     | max       | -18,0   | [Eigenlast+Dachdecke] {1,5*Windlast Zug} , ULS  |
|  |       | Rxx | min       | -27,0   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |
|  |       |     | max       | -20,0   | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |
| 2  | 2     | Rz  | min       | -91,8   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |
|  |       |     | max       | -54,7   | [Eigenlast+Dachdecke] {1,5*Windlast Zug} , ULS  |
|  |       | Rxx | min       | -82,3   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |
|  |       |     | max       | -61,0   | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |
| 3  | 3     | Rz  | min       | -81,7   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |
|  |       |     | max       | -48,6   | [Eigenlast+Dachdecke] {1,5*Windlast Zug} , ULS  |
|  |       | Rxx | min       | -73,1   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |
|  |       |     | max       | -54,1   | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |
| 4  | 4     | Rz  | min       | -24,4   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |
|  |       |     | max       | -14,5   | [Eigenlast+Dachdecke] {1,5*Windlast Zug} , ULS  |
|  |       | Rxx | min       | -21,8   | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |
|  |       |     | max       | -16,2   | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |



### 13.3.2 Schnittkräfte

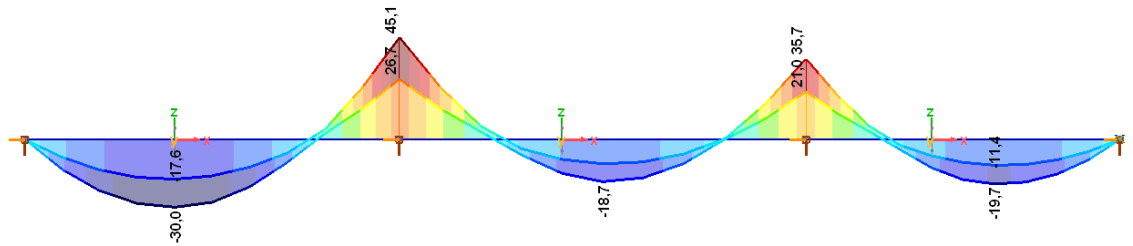


Abbildung 148: Giebelbalken Achsen A und E, Biegemoment (Berechnungswerte)

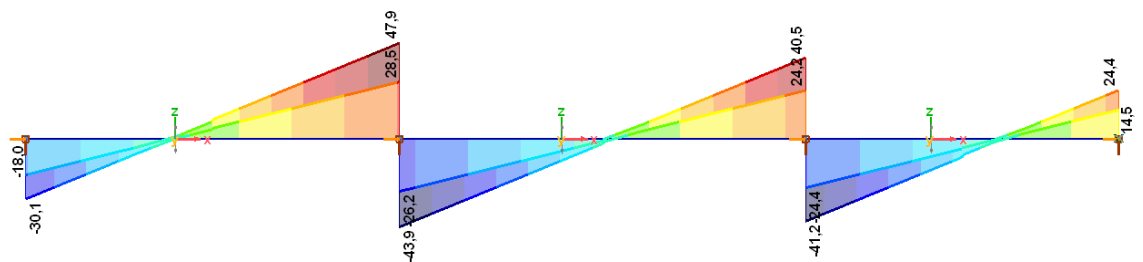
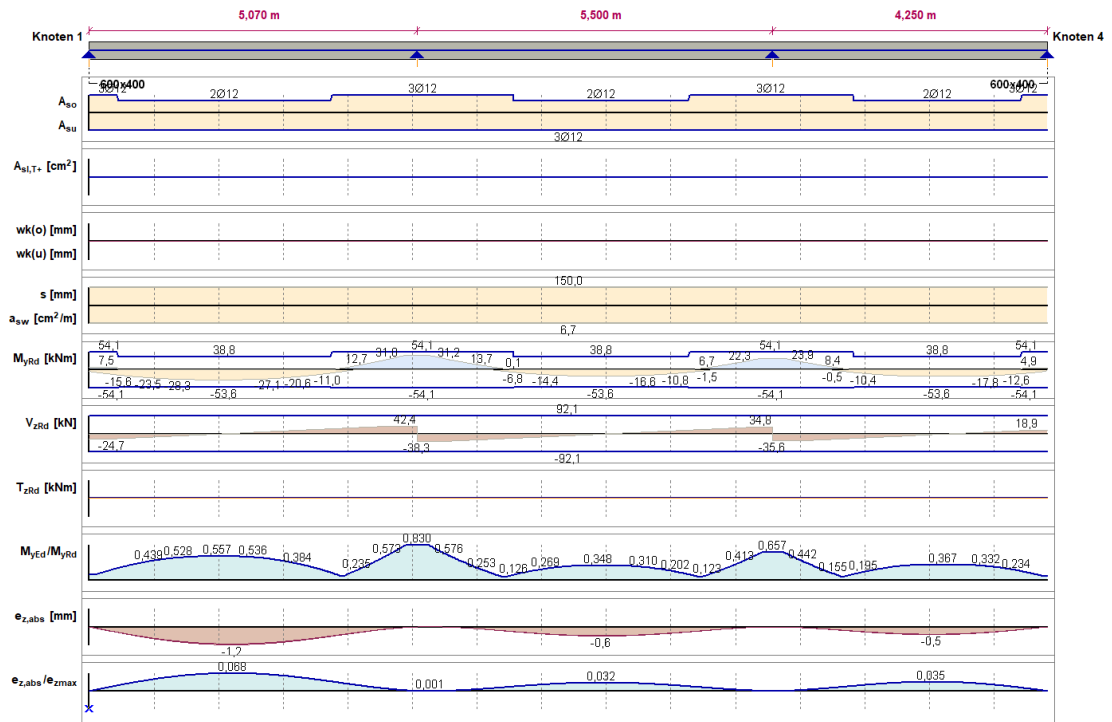


Abbildung 149: Giebelbalken Achsen A und E, Schubkraft (Berechnungswerte)

Tabelle 17: Giebelbalken Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Schnittkräfte

| Stabkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert] |              |              |        |            |             |             |   |  |  |
|--|--------------|--------------|--------|------------|-------------|-------------|---|--|--|
| K  | min.<br>ma.. | Abst.<br>[m] | Knot.. | Vz<br>[kN] | Tx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Massgebende Kombination   |  |  |
| Vz   | min          | L=5,070      | (1)    | -30,1      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (1)    | -20,0      | 0           | 0           | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,028        |        | 0,5        | 0           | -30,0       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
| Tx   | min          | L=5,500      | (2)    | -43,9      | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,500        | (3)    | 40,5       | 0           | 35,7        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (2)    | -39,4      | 0           | 40,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (2)    | -29,2      | 0           | 29,7        | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,750        |        | -1,0       | 0           | -18,7       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 0            | (2)    | -43,9      | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
| My   | min          | L=4,250      | (3)    | -41,2      | 0           | 35,7        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 4,250        | (4)    | 24,4       | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (3)    | -36,7      | 0           | 31,6        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (3)    | -27,2      | 0           | 23,4        | [Eigenlast+Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,550        |        | -1,2       | 0           | -19,7       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 0            | (3)    | -41,2      | 0           | 35,7        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
| Vz   | min          | 0            | (2)    | -43,9      | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,028        |        | 0,5        | 0           | -30,0       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
| Tx   | min          | 0            | (2)    | -43,9      | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,028        |        | 0,5        | 0           | -30,0       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
| My   | min          | 0            | (2)    | -43,9      | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | min          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | max          | 0            | (1)    | -27,0      | 0           | 0           | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] , ULS   |  |  |
|  | min          | 2,028        |        | 0,5        | 0           | -30,0       | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |
|  | max          | 5,070        | (2)    | 47,9       | 0           | 45,1        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke] {1,5*Schneelast} (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck) , ULS |  |  |

### 13.3.3 Bewehrung



Gewählt:

Längsbewehrung: unten: 3#12

oben: 3#12

Querbewehrung: Bügel #8/150

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in der Anlage 6 „Bemessung der Giebelbalken“.

## 14 POSITION: GIEBELSTÜTZE ACHSE 1 UND 10

### 14.1 Materialien

Beton: C30/37

Bewehrungsstahl B500B

XC3;  $c_{nom}=35\text{mm}$

### 14.2 Montagephase 1a

**Montagephase 1a** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden noch nicht installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt.

#### 14.2.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung y (lokal) (parallel zur kürzeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 60/40 = 1,5 \rightarrow C_{f,0} = 1,9$$

$$\psi_r = 1,0$$

$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_\lambda = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

$$C_f = 1,9 \times 1 \times 0,92 = 1,75$$

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07 \text{ für Geländekategorie II}$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [C_f \times q_p(z_e) = C_f \times q_b \times c_e(z)] \times b = 0,5 \times [1,75 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,6\text{m} = 0,42 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung z (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 40/60 = 0,67 \rightarrow C_{f,0} = 2,4$$

$$\psi_r = 1,0$$

$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_\lambda = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

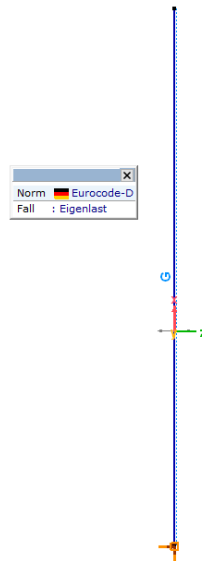


$$c_f = 2,4 \times 1 \times 0,92 = 2,21$$

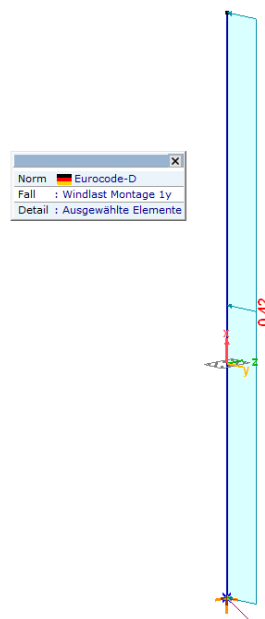
$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07 \text{ für Geländekategorie II}$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_z = 0,5 \times [c_f \times q_p(z_e) = c_f \times q_b \times c_e(z)] \times h = 0,5 \times [2,21 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,4\text{m} = 0,36 \text{ kN/m}$$

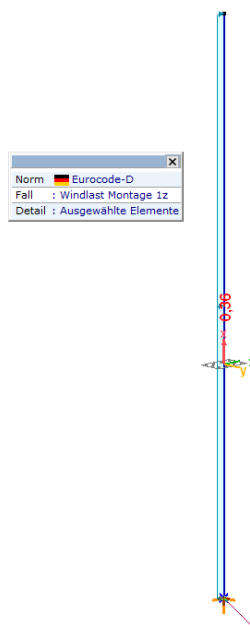


**Abbildung 150: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Eigengewicht**



**Abbildung 151: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Wind wy**





**Abbildung 152: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a, Wind wz**

**Tabelle 18: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1a**

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        | ✓        |



## 14.2.2 Ergebnisse

### 14.2.2.1 Auflagerkräfte

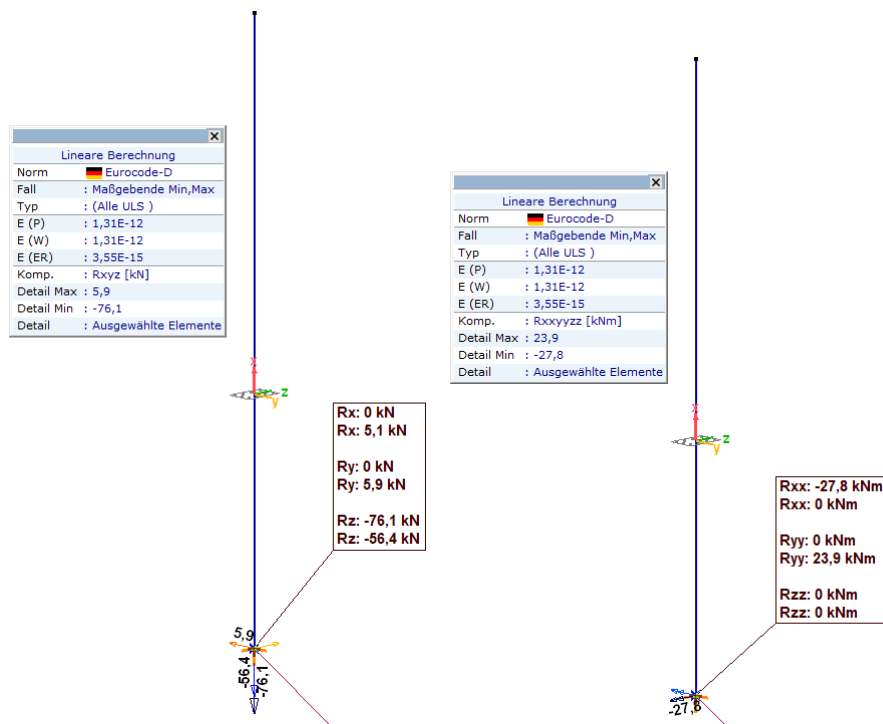


Abbildung 153: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte, Montagephase 1a

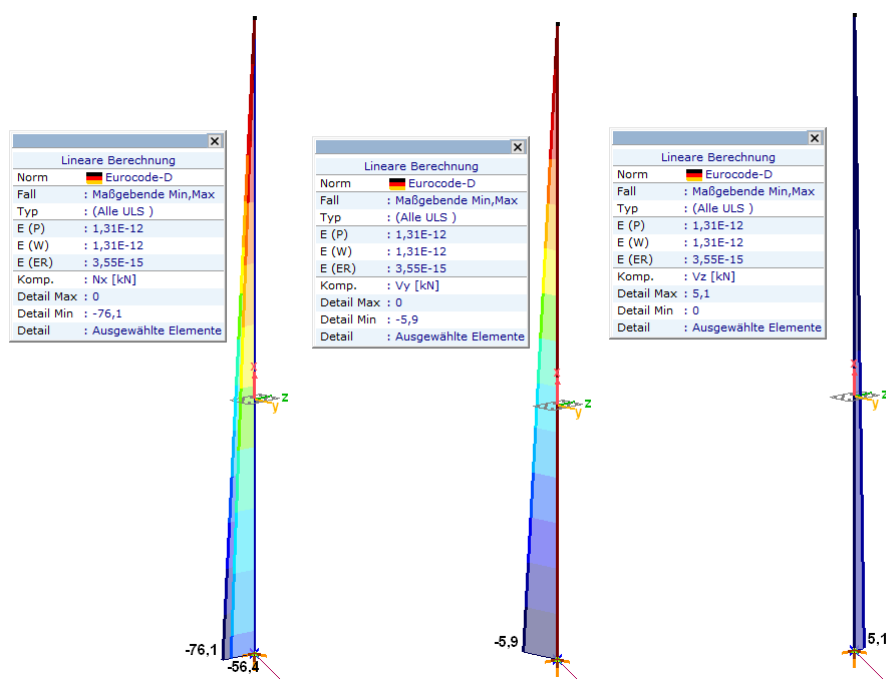
Tabelle 19: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |                       |            |            |            |              |              |
|--|-------|-----------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall              | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 2     | 3 Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 0            | 0            |
|  |       | Windlast Montage 1y   | 0          | 3,9        | 0          | -18,6        | 0            |
|  |       | Windlast Montage 1z   | 3,4        | 0          | 0          | 0            | 15,9         |
| Ext.   |       |                       |            |            |            |              |              |
|  | 2     | 3 *                   | 0          | *          | *          | *            | *            |
|  |       | Windlast Montage 1z   | 3,4        | 0          | 0          | 0            | 15,9         |
|  |       | *                     | *          | 0          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 3 Windlast Montage 1y | 0          | 3,9        | 0          | -18,6        | 0            |
|  |       | 3 Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 0            | 0            |
|  |       | *                     | *          | *          | 0          | *            | *            |
|  | 2     | 3 Windlast Montage 1z | 3,4        | 0          | 0          | 0            | 15,9         |
|  |       | 3 Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 0            | 0            |
|  |       | 3 Windlast Montage 1y | 0          | 3,9        | 0          | -18,6        | 0            |
|  | 2     | 3 *                   | *          | *          | *          | 0            | *            |
|  |       | 3 Windlast Montage 1z | 3,4        | 0          | 0          | 0            | 15,9         |
|  |       | *                     | *          | *          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 3 Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 0            | 0            |
|  |       | 3 Windlast Montage 1y | 0          | 3,9        | 0          | -18,6        | 0            |
|  |       | 3 Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 0            | 0            |
|  | 2     | 3 Windlast Montage 1y | 0          | 3,9        | 0          | -18,6        | 0            |
|  |       | 3 Windlast Montage 1z | 3,4        | 0          | 0          | 0            | 15,9         |

**Tabelle 20: Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1**

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert] |       |     |              |            |            |              |   |
|--|-------|-----|--------------|------------|------------|--------------|---|
|  | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination                     |
| 2  | 3     | Rx  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|  |       |     | max          | 5,1        | -56,4      | 23,9         | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
|  |       | Rz  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|  |       |     | max          | 0          | -56,4      | 0            | [Eigenlast] , ULS                           |
|  |       | Ryy | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|  |       |     | max          | 5,1        | -56,4      | 23,9         | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
| Ext.   |       |     |              |            |            |              |   |
| 2  | 3     | Rx  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 2  | 3     |     | max          | 5,1        | -56,4      | 23,9         | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
| 2  | 3     | Rz  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 2  | 3     |     | max          | 0          | -56,4      | 0            | [Eigenlast] , ULS                           |
| 2  | 3     | Ryy | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 2  | 3     |     | max          | 5,1        | -56,4      | 23,9         | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |

#### 14.2.2.2 Schnittkräfte





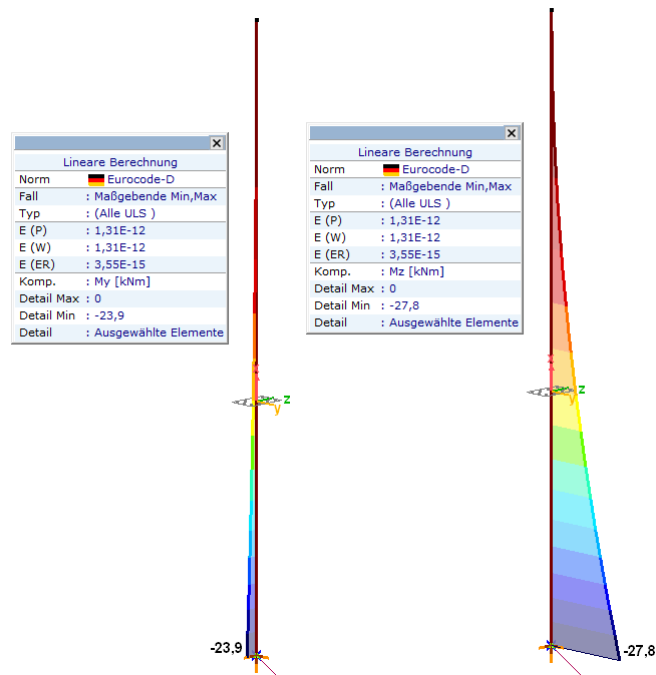


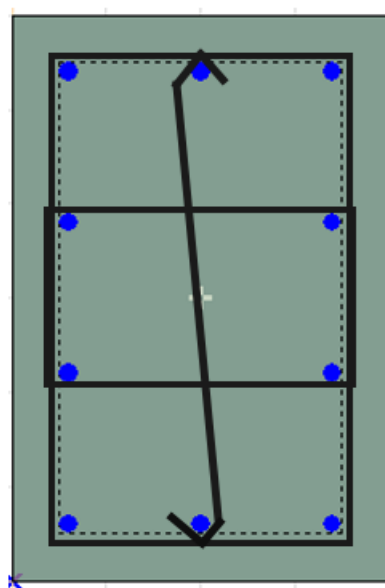
Abbildung 154: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte, Montagephase 1

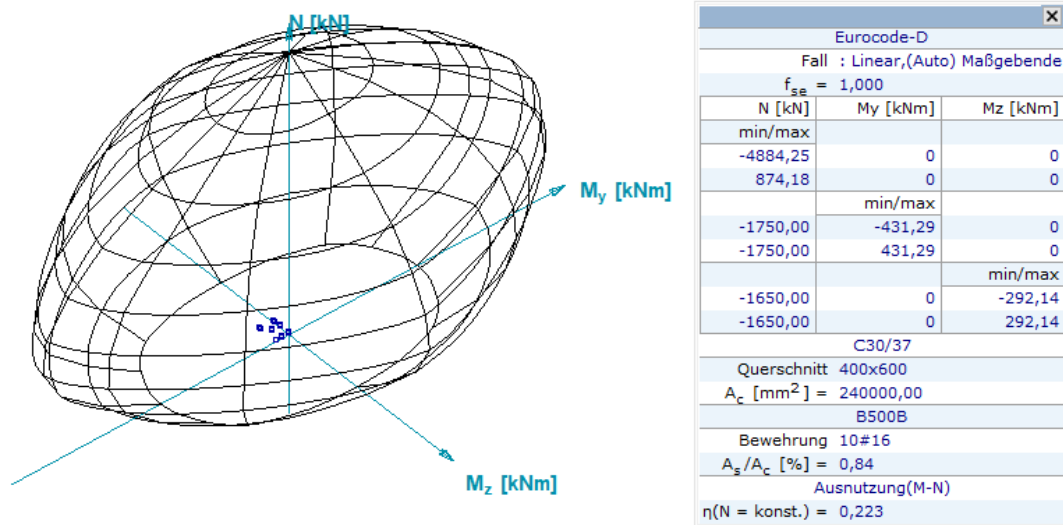
#### 14.2.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 10#16

Bügel: 3#10/200 (am Stützenrand 3#10/100)





Die berechnete Ausnutzung des Säulenquerschnitts im Montagezustand 1a beträgt 22%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

### 14.3 Montagephase 1b

**Montagephase 1b** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden bereits installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt. In der anderen Richtung werden die Stützen mit Wandplatten ausgesteift.

#### 14.3.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung z (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.4.1

$$l/h = 18,2 / 9,8 = 1,86 < 2$$

Feld A (2,94m):  $c_{p,net} = 2,3$ ; (gilt für Eckstütze)

Feld B:  $c_{p,net} = 1,4$ ;

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [c_{p,net} \times q_p(z_e) = c_{p,net} \times q_b \times c_e(z)] = 0,5 \times [1,4 \times 0,39 \times 2,07] = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$0,56 \text{ kN/m}^2 \times 4,77\text{m} = 2,67 \text{ kN/m (gilt für mittlere Giebelstütze - Achse C)}$$

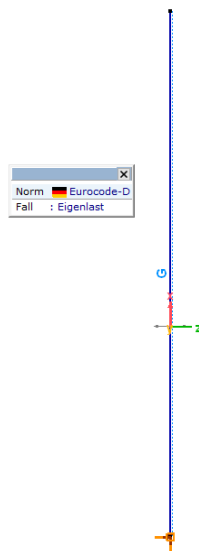


Abbildung 155: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b, Eigengewicht

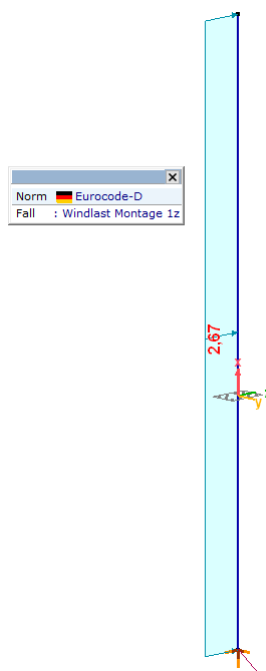


Abbildung 156: Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b, Windlast

Tabelle 21: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10, Montagephase 1b

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |             |             |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | $V_{G,sup}$ | $V_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350       | 1,000       |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |             |             |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        | ✓        |



## 14.3.2 Ergebnisse

### 14.3.2.1 Auflagerkräfte

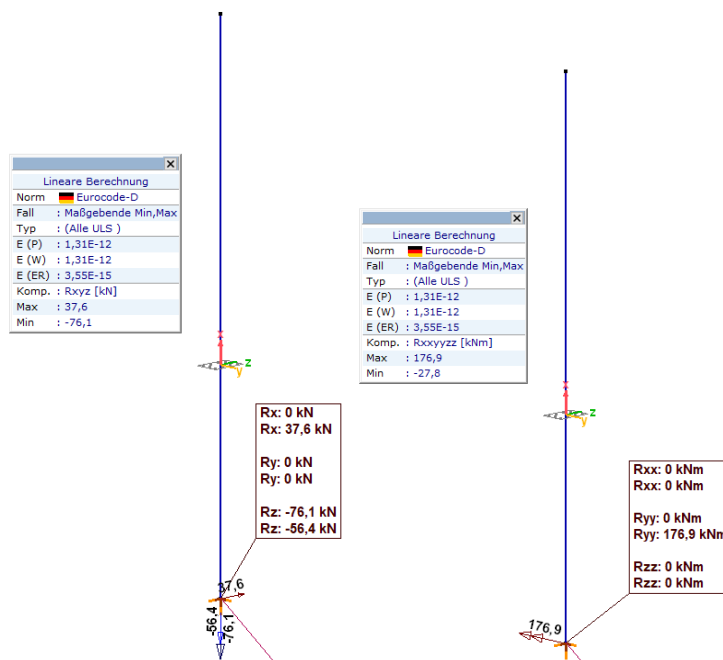


Abbildung 157: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 22: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b

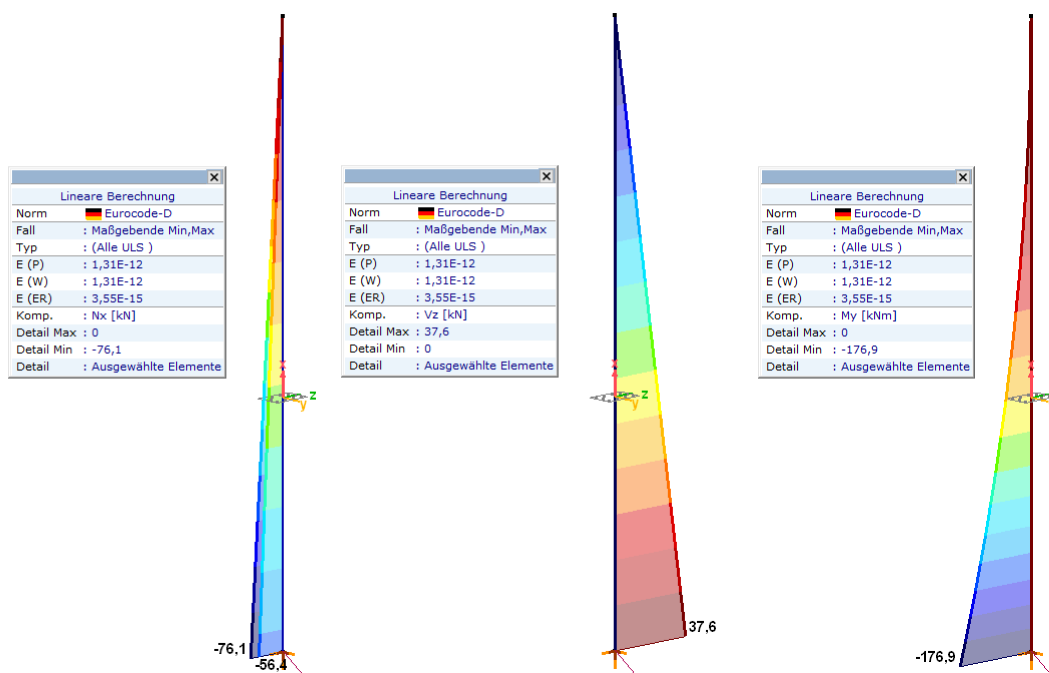
| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |                     |            |            |            |            |              |
|--|-------|---------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall            | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rr<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 1     | Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 56,4       | 0            |
|  |       | Windlast Montage 1y | 0          | 0          | 0          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Montage 1z | 25,1       | 0          | 0          | 25,1       | 118,0        |
| Ext.   |       |                     |            |            |            |            |              |
|  | 1     | *                   | 0          | *          | *          | *          | *            |
|  | 1     | Windlast Montage 1z | 25,1       | 0          | 0          | 25,1       | 118,0        |
|  | 1     | *                   | *          | 0          | *          | *          | *            |
|  | 1     | *                   | *          | 0          | *          | *          | *            |
|  | 1     | Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 56,4       | 0            |
|  | 1     | *                   | *          | *          | 0          | *          | *            |
|  | 1     | Windlast Montage 1y | 0          | 0          | 0          | 0          | 0            |
|  | 1     | Eigenlast           | 0          | 0          | -56,4      | 56,4       | 0            |
|  | 1     | *                   | *          | *          | *          | *          | *            |
|  | 1     | *                   | *          | *          | *          | *          | *            |
|  | 1     | *                   | *          | *          | *          | *          | 0            |
|  | 1     | Windlast Montage 1z | 25,1       | 0          | 0          | 25,1       | 118,0        |

**Tabelle 23: : Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b**

Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert]

|      | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination                     |
|------|-------|-----|--------------|------------|------------|--------------|---|
| 1    | 1     | Rx  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|      |       |     | max          | 37,6       | -56,4      | 176,9        | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
|      |       | Rz  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|      |       |     | max          | 0          | -56,4      | 0            | [Eigenlast] , ULS                           |
|      |       | Ryy | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
|      |       |     | max          | 37,6       | -56,4      | 176,9        | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
| Ext. |       |     |              |            |            |              |   |
| 1    | 1     | Rx  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 1    | 1     |     | max          | 37,6       | -56,4      | 176,9        | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |
| 1    | 1     | Rz  | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 1    | 1     |     | max          | 0          | -56,4      | 0            | [Eigenlast] , ULS                           |
| 1    | 1     | Ryy | min          | 0          | -76,1      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                      |
| 1    | 1     |     | max          | 37,6       | -56,4      | 176,9        | [Eigenlast] {1,5*Windlast Montage 1z} , ULS |

### 14.3.2.2 Schnittkräfte



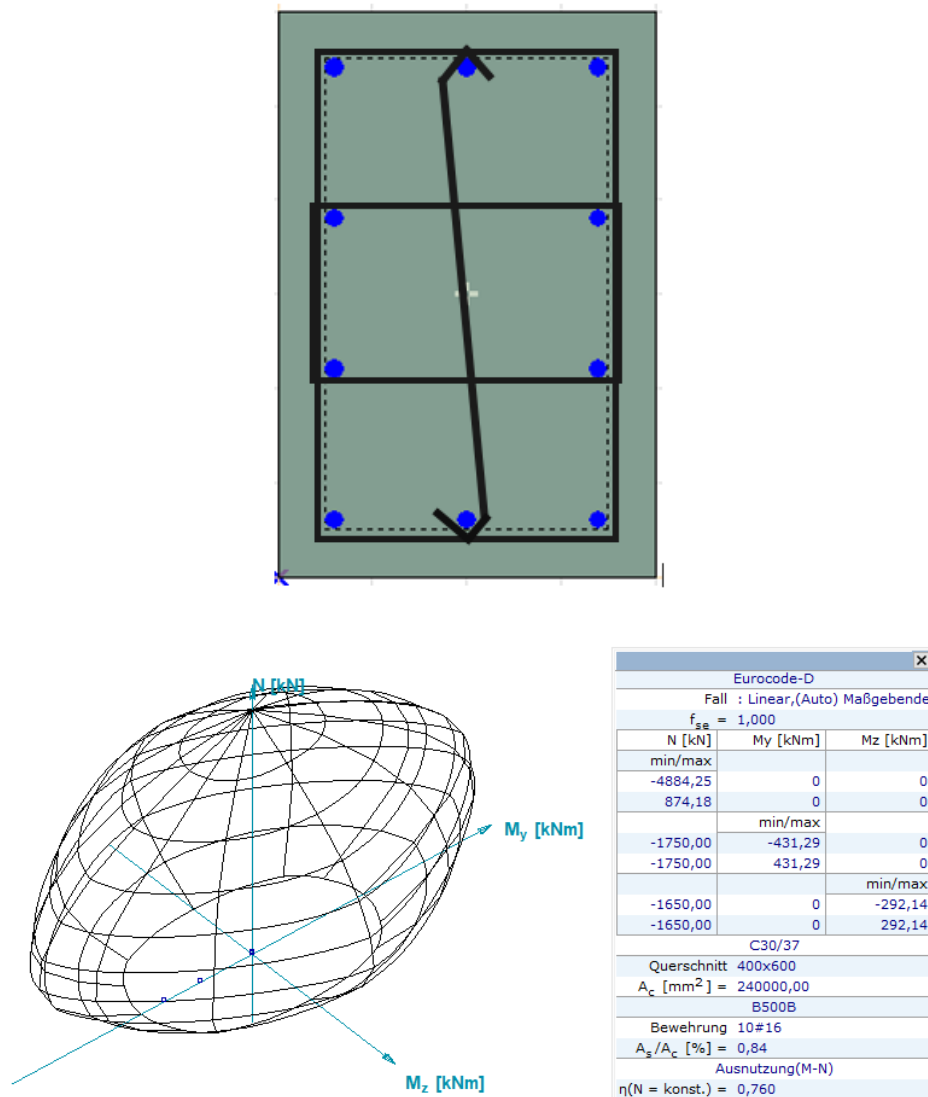
**Abbildung 158: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte, Montagephase 1b**

### 14.3.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 10#16

Bügel: 3#10/200 (am Stützenrand 3 #10/100)



Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts im Montagezustand 1b beträgt 76%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

## 14.4 Nutzungsphase

### 14.4.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Eigengewicht Giebelbalken (Pos. 12.3.1, Knoten 3, Lastfall Eigenlast)

$F_z = 77,5 \text{ kN}$

Wandplattenlast

$F_z = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,25\text{m} \times (3,95\text{m} + 4,37\text{m})/2 = 26 \text{ kN/m}$

Dachschichten (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall Dachdecke)

$$F_z = 287,8 \text{ kN}$$

Nutzlast Dachdecke (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall NL Dach)

$$F_z = 1,00 \text{ kN}$$

Nutzlast Leitungen (Pos.12.3.1, Knoten 2, Lastfall Leitungen)

$$F_z = 20,5 \text{ kN}$$

Schneelast (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall Schneelast)

$$F_z = 27,9 \text{ kN}$$

Schneelast außergewöhnlich (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall Schneelast außergewöhn.)

$$F_z = 63,9 \text{ kN}$$

Windlast Dach Zugkraft (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall Windlast Zug)

$$F_z = -31,2 \text{ kN}$$

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.S“, Druckkraft)

$$0,83 \text{ kN/m}^2 \times 4,77 \text{ m} = 3,96 \text{ kN/m}$$

Windlast Dach Druckkraft (Pos. 12.3.1, Knoten 2, Lastfall Windlast Druck)

$$F_z = 11,6 \text{ kN}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y- P.P, Zugkraft)

$$-1,16 \text{ kN/m}^2 \times 1,925 \text{ m} - 0,83 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,925 \text{ m} = -3,83 \text{ kN/m}$$

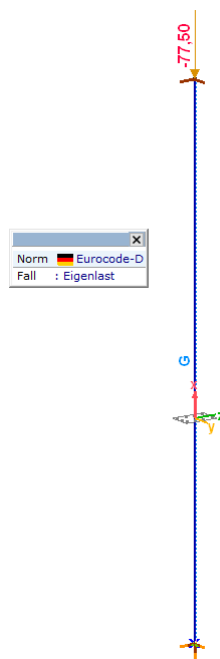
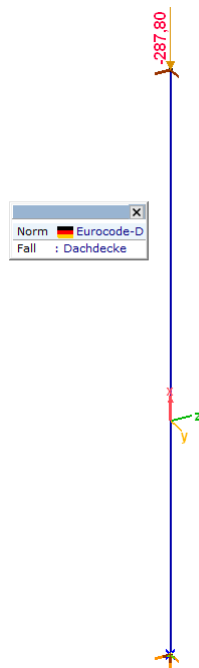
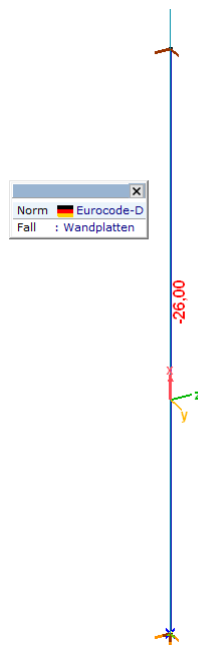


Abbildung 159: Giebelstütze Achse 1 und 10, Eigengewicht





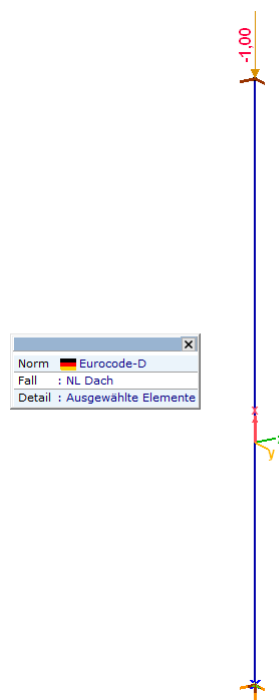
**Abbildung 160: Giebelstütze Achse 1 und 10, Dachdeckenlast vom Giebelbalken**



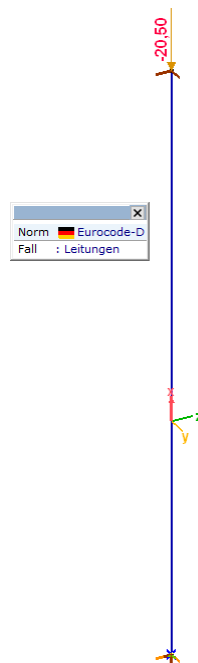
**Abbildung 161: Giebelstütze Achse 1 und 10, Wandplattenlast**





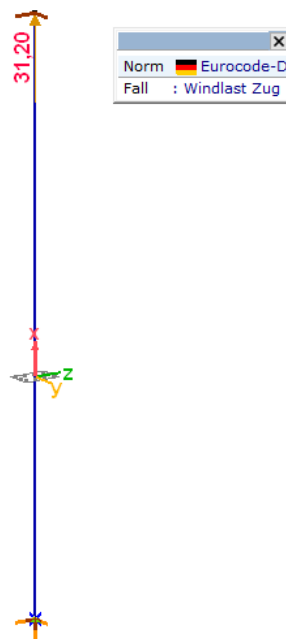


**Abbildung 162: Giebelstütze Achse 1 und 10, Nutzlast Dach vom Giebelbalken**

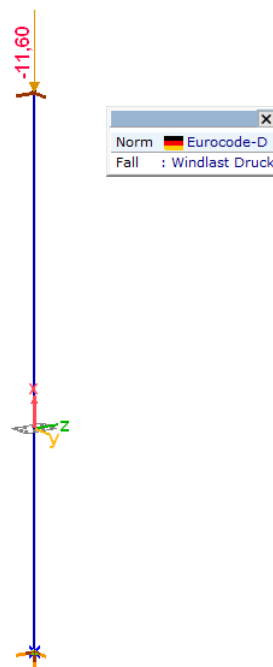


**Abbildung 163: Giebelstütze Achse 1 und 10, Leitungslast vom Giebelbalken**





**Abbildung 164: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Zug vom Giebelbalken**



**Abbildung 165: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Druck vom Giebelbalken**



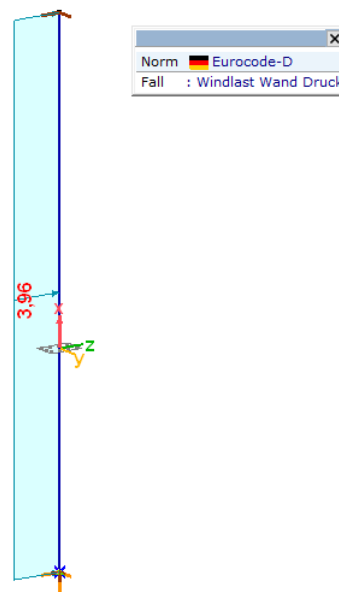


Abbildung 166: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Wand Druck

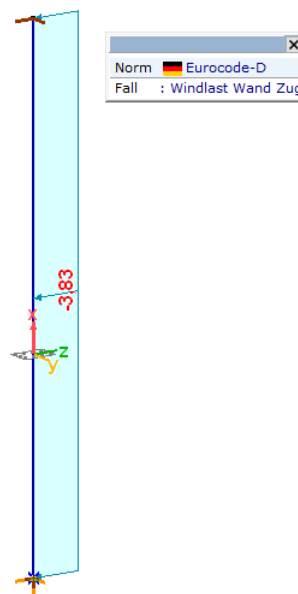
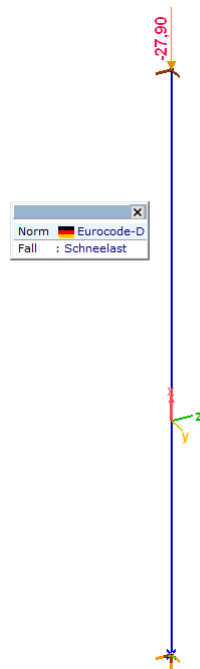
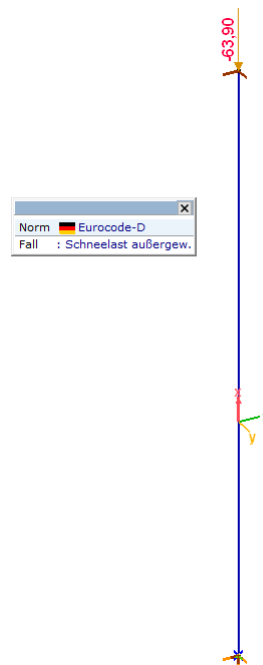


Abbildung 167: Giebelstütze Achse 1 und 10, Windlast Wand Zug





**Abbildung 168: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schneelast vom Giebelbalken**



**Abbildung 169: Giebelstütze Achse 1 und 10 , Schneelast außergewöhnlich vom Giebelbalken**

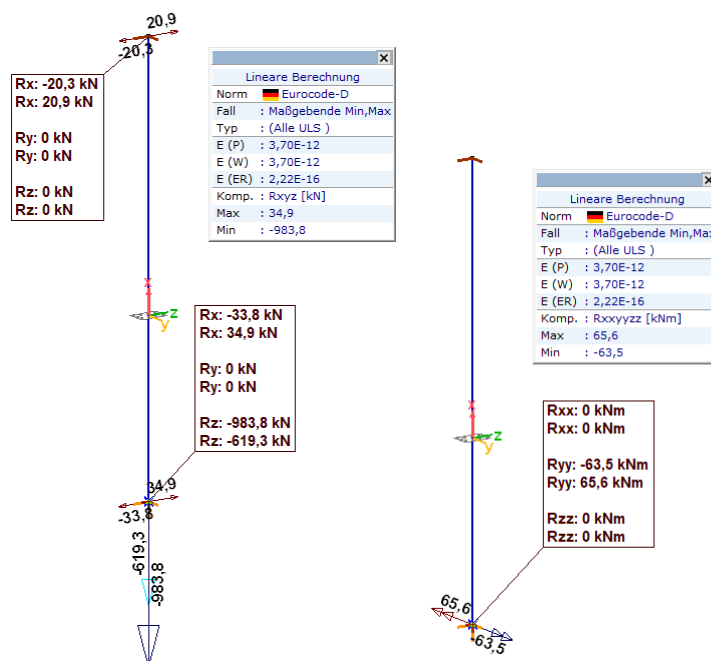


**Tabelle 24: Lastgruppen zur Berechnung der Giebelstütze Achse 1 und 10**

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |                  |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ              | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig          | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Nutzlasten         | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |
| 3                        | Windlast Dach      | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |
| 4                        | Schneelast         | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |
| 5                        | Schneelast außerg. | aussergewöhnlich |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
| 6                        | Windlast Wand      | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |

## 14.4.2 Ergebnisse

### 14.4.2.1 Auflagerkräfte



**Abbildung 170: Giebelstütze Achse 1 und 10, Auflagerkräfte**

**Tabelle 25: Giebelstütze Achse 1 und 10, charakteristische Auflagerkräfte**

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear] |       |                         |            |            |              |
|--|-------|-------------------------|------------|------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall                | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 2     | Eigenlast               | 0          |            |              |
|  |       | NL Dach                 | 0          |            |              |
|  |       | Windlast Zug            | 0          |            |              |
|  |       | Dachdecke               | 0          |            |              |
|  |       | Leitungen               | 0          |            |              |
|  |       | Windlast Druck          | 0          |            |              |
|  |       | Schneelast              | 0          |            |              |
|  |       | Schneelast außergewöhn. | 0          |            |              |
|  |       | Wandplatten             | 0          |            |              |
|  |       | Windlast Wand Druck     | 14,0       |            |              |
|  |       | Windlast Wand Zug       | -13,5      |            |              |
|  |       | Windlast Montage 1y     | 0          |            |              |
|  |       | Windlast Montage 1z     | 0          |            |              |
|  | 2     | Eigenlast               | 0          | -133,9     | 0            |
|  |       | NL Dach                 | 0          | -1,0       | 0            |
|  |       | Windlast Zug            | 0          | 31,2       | 0            |
|  |       | Dachdecke               | 0          | -287,8     | 0            |
|  |       | Leitungen               | 0          | -20,5      | 0            |
|  |       | Windlast Druck          | 0          | -11,6      | 0            |
|  |       | Schneelast              | 0          | -27,9      | 0            |
|  |       | Schneelast außergewöhn. | 0          | -63,9      | 0            |
|  |       | Wandplatten             | 0          | -244,4     | 0            |
|  |       | Windlast Wand Druck     | 23,3       | 0          | 43,7         |
|  |       | Windlast Wand Zug       | -22,5      | 0          | -42,3        |
|  |       | Windlast Montage 1y     | 0          | 0          | 0            |
|  |       | Windlast Montage 1z     | 0          | 0          | 0            |
| Ext.   |       |                         |            |            |              |
| 2  | 1     | Windlast Wand Zug       | -22,5      | 0          | -42,3        |
| 2  | 1     | Windlast Wand Druck     | 23,3       | 0          | 43,7         |
| 2  | 1     | Dachdecke               | 0          | -287,8     | 0            |
| 2  | 1     | Windlast Zug            | 0          | 31,2       | 0            |
| 2  | 1     | Windlast Wand Zug       | -22,5      | 0          | -42,3        |
| 2  | 1     | Windlast Wand Druck     | 23,3       | 0          | 43,7         |

**Tabelle 26: Giebelstütze Achse 1 und 10, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte**

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende] |       |     |              |            |            |              |   |
|--|-------|-----|--------------|------------|------------|--------------|---|
|  | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination   |
| 1  | 2     | Rx  | min          | -20,3      |            |              | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS   |
|  |       |     | max          | 20,9       |            |              | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS  |
| 2  | 1     | Rx  | min          | -33,8      | -899,2     | -63,5        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS   |
|  |       |     | max          | 34,9       | -666,1     | 65,6         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS  |
|  |       | Rz  | min          | 0          | -983,8     | 0            | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|  |       |     | max          | 0          | -619,3     | 0            | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS   |
|  |       | Ryy | min          | -33,8      | -899,2     | -63,5        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS   |
|  |       |     | max          | 34,9       | -666,1     | 65,6         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS  |
| Ext.   |       |     |              |            |            |              |   |
| 2  | 1     | Rx  | min          | -33,8      | -899,2     | -63,5        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS   |
|  |       |     | max          | 34,9       | -666,1     | 65,6         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS  |
| 2  | 1     | Rz  | min          | 0          | -983,8     | 0            | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Schneelast) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck), ULS |
|  |       |     | max          | 0          | -619,3     | 0            | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS   |
| 2  | 1     | Ryy | min          | -33,8      | -899,2     | -63,5        | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS   |
|  |       |     | max          | 34,9       | -666,1     | 65,6         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS  |

#### 14.4.2.2 Schnittkräfte

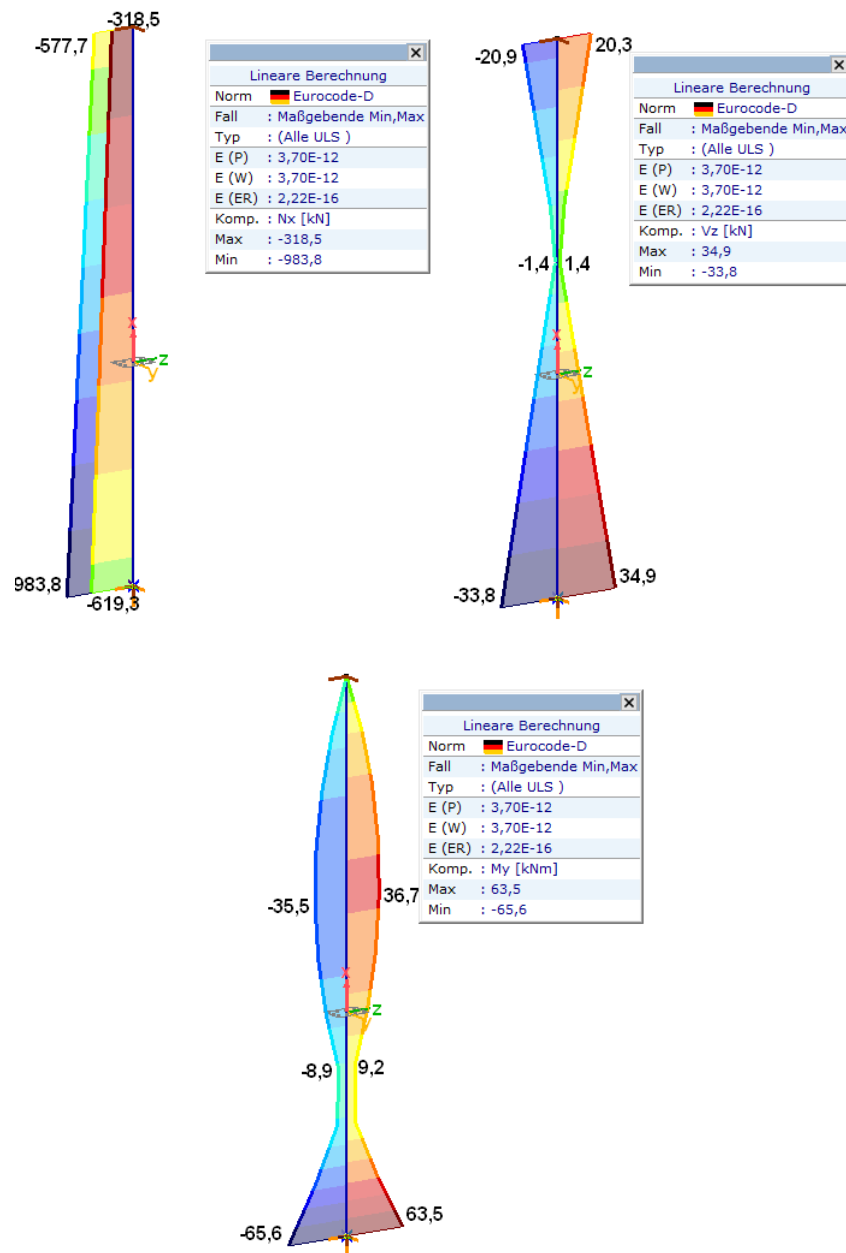


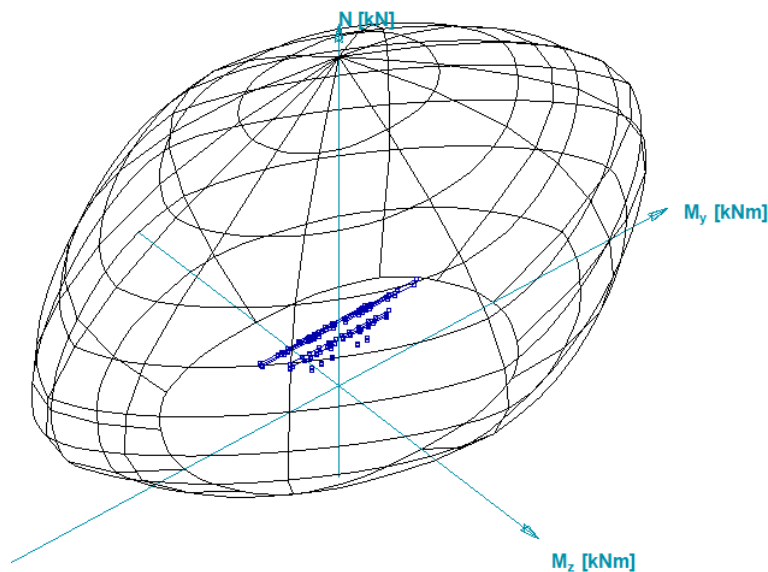
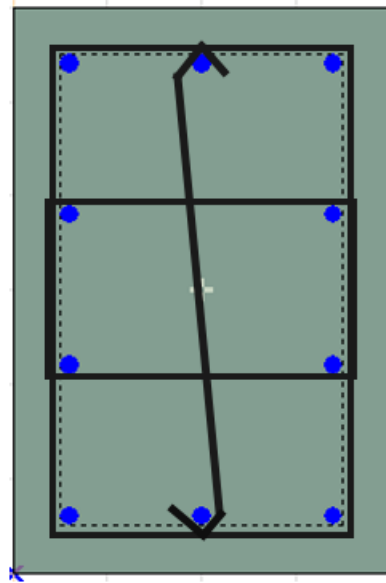
Abbildung 171: Giebelstütze Achse 1 und 10, Schnittkräfte

#### 14.4.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 10#20

Bügel: 3#10/200 (am Stützenrand 3#10/100), zweiarmig



| Eurocode-D                              |          |          |
|---|----------|----------|
| Fall : Linear,(Auto) Maßgebende         |          |          |
| $f_{se} = 1,000$                        |          |          |
| N [kN]                                  | My [kNm] | Mz [kNm] |
| min/max                                 |          |          |
| -4884,25                                | 0        | 0        |
| 874,18                                  | 0        | 0        |
|   | min/max  |          |
| -1800,00                                | -440,30  | 0        |
| -1800,00                                | 440,30   | 0        |
|   |          | min/max  |
| -1750,00                                | 0        | -304,35  |
| -1750,00                                | 0        | 304,35   |
| C30/37                                  |          |          |
| Querschnitt 400x600                     |          |          |
| $A_c \text{ [mm}^2\text{]} = 240000,00$ |          |          |
| B500B                                   |          |          |
| Bewehrung 10#16                         |          |          |
| $A_s/A_c \text{ [\%]} = 0,84$           |          |          |
| Ausnutzung(M-N)                         |          |          |
| $\eta(e = \text{konst.}) = 0,322$       |          |          |

Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts in der Nutzungsphase beträgt 32%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

## 14.5 Stützenschuhe

Stützenschuhe wurde für zwei Lastfälle bemessen:

- Lasten aus der Montagephase 1b,
- Lasten aus der Nutzungsphase





Das detaillierte Berechnungsraport befindet sich in der Anlage 8 „Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen“

Gewählt: **Peikko 10xHPKM24 (Stützenschuhe) + 10xHPM24P-1360 (Bolzen)**



## 15 POSITION: ECKSTÜTZE

### 15.1 Statisches System

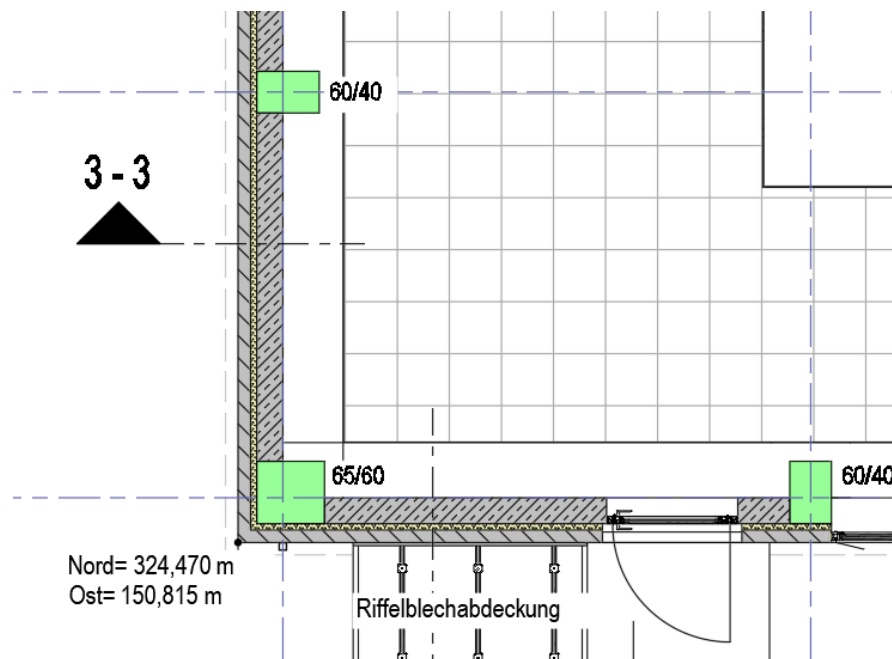
Beton: C30/37

Bewehrungsstahl B500B

XC3;  $c_{nom}=35\text{mm}$

Lasteinzugsbreite:  $a_x = 4,47\text{m} / 2 + 0,65\text{m} = 2,89\text{m}$

$a_y = 3,35\text{m} / 2 + 0,60\text{m} = 2,28\text{m}$



### 15.2 Montagephase 1a

**Montagephase 1a** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden noch nicht installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt.

#### 15.2.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung y (lokal) (parallel zur kürzeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 65/60 = 1,08 \rightarrow C_{f,0} = 2,05$$



$$\psi_r = 1,0$$

$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_\lambda = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

$$c_f = 2,05 \times 1 \times 0,92 = 1,89$$

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [c_f \times q_p(z_e) = c_f \times q_b \times c_e(z)] \times b = 0,5 \times [1,89 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,65\text{m} = 0,49 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung z (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 60/65 = 0,92 \rightarrow c_{f,0} = 2,1$$

$$\psi_r = 1,0$$

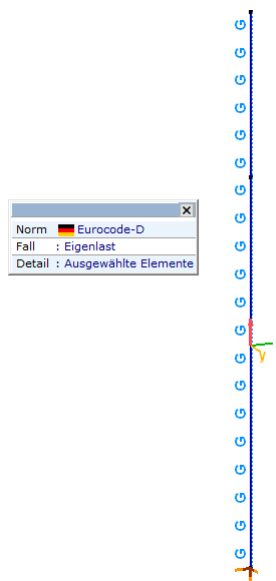
$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_\lambda = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

$$c_f = 2,1 \times 1 \times 0,92 = 1,93$$

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_z = 0,5 \times [c_f \times q_p(z_e) = c_f \times q_b \times c_e(z)] \times b = 0,5 \times [1,93 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,6\text{m} = 0,47 \text{ kN/m}$$



**Abbildung 172: Eckstütze, Montagephase 1a, Eigengewicht**



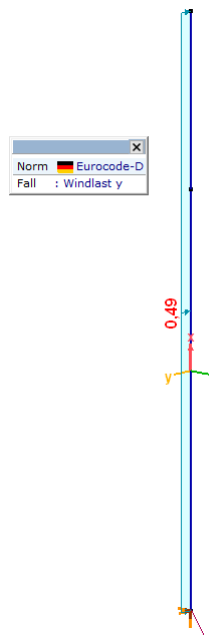


Abbildung 173: Eckstütze, Montagephase 1a, Wind wy

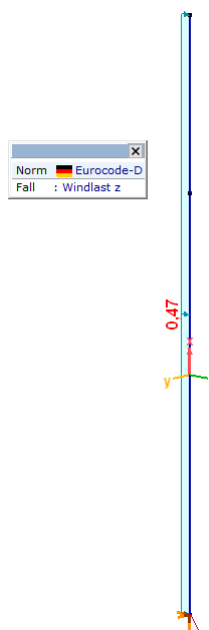


Abbildung 174: Eckstütze, Montagephase 1a, Wind wz

Tabelle 27: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze, Montagephase 1a

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |             |             |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | $Y_{G,sup}$ | $Y_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350       | 1,000       |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |             |             |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        | ✓        |



## 15.2.2 Ergebnisse

### 15.2.2.1 Auflagerkräfte

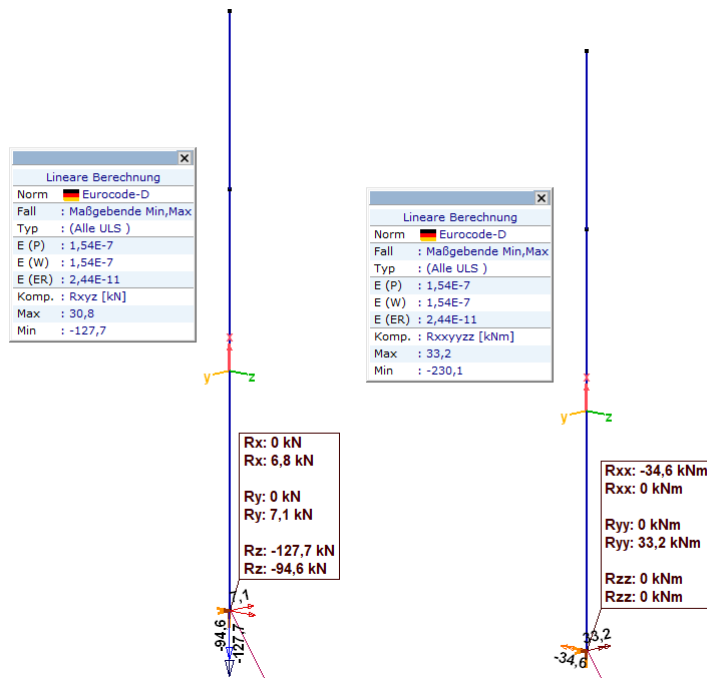


Abbildung 175: Eckstütze, Auflagerkräfte, Montagephase 1a

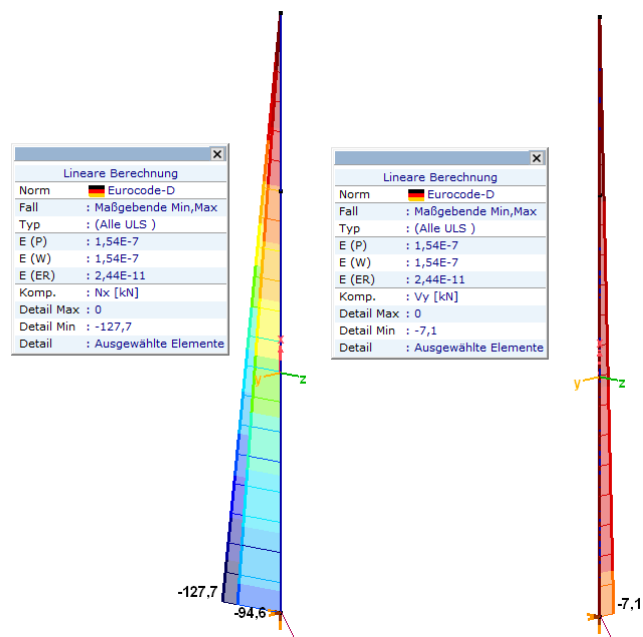
Tabelle 28: Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |              |            |            |            |              |              |
|--|-------|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall     | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 1     | 1 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  |       | Windlast y   | 0          | 4,8        | 0          | -23,1        | 0            |
|  |       | Windlast z   | 4,6        | 0          | 0          | 0            | 22,1         |
| Ext.   |       |              |            |            |            |              |              |
|  | 1     | 1 *          | 0          | *          | *          | *            | *            |
|  | 1     | 1 Windlast z | 4,6        | 0          | 0          | 0            | 22,1         |
|  | 1     | 1 *          | *          | 0          | *          | *            | *            |
|  | 1     | 1 Windlast y | 0          | 4,8        | 0          | -23,1        | 0            |
|  | 1     | 1 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 1     | 1 *          | *          | *          | 0          | *            | *            |
|  | 1     | 1 Windlast z | 4,6        | 0          | 0          | 0            | 22,1         |
|  | 1     | 1 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 1     | 1 Windlast y | 0          | 4,8        | 0          | -23,1        | 0            |
|  | 1     | 1 *          | *          | *          | 0          | 0            | *            |
|  | 1     | 1 *          | *          | *          | *          | *            | 0            |
|  | 1     | 1 Windlast z | 4,6        | 0          | 0          | 0            | 22,1         |
|  | 1     | 1 *          | *          | *          | *          | *            | *            |
|  | 1     | 1 *          | *          | *          | *          | *            | *            |
|  | 1     | 1 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 1     | 1 Windlast y | 0          | 4,8        | 0          | -23,1        | 0            |
|  | 1     | 1 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 1     | 1 Windlast y | 0          | 4,8        | 0          | -23,1        | 0            |
|  | 1     | 1 Windlast z | 4,6        | 0          | 0          | 0            | 22,1         |

Tabelle 29: Eckstütze, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1a

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert] |       |     |              |            |            |            |              |              |   |
|--|-------|-----|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|---|
|  | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination                 |
|  | 1     | Rx  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
|  |       |     | max          | 6,8        | 0          | -94,6      | 0            | 33,2         | [Eigenlast] {1,5*Windlast z} , ULS      |
|  |       | Ry  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
|  |       |     | max          | 0          | 7,1        | -94,6      | -34,6        | 0            | [Eigenlast] {1,5*Windlast y} , ULS      |
|  |       | Rz  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
|  |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast] , ULS                       |
|  |       | Rxx | min          | 0          | 7,1        | -127,7     | -34,6        | 0            | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast y} , ULS |
|  |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast] , ULS                       |
|  |       | Ryy | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
|  |       |     | max          | 6,8        | 0          | -94,6      | 0            | 33,2         | [Eigenlast] {1,5*Windlast z} , ULS      |
| Ext.   |       |     |              |            |            |            |              |              |   |
| 1  | 1     | Rx  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
| 1  | 1     |     | max          | 6,8        | 0          | -94,6      | 0            | 33,2         | [Eigenlast] {1,5*Windlast z} , ULS      |
| 1  | 1     | Ry  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
| 1  | 1     |     | max          | 0          | 7,1        | -94,6      | -34,6        | 0            | [Eigenlast] {1,5*Windlast y} , ULS      |
| 1  | 1     | Rz  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
| 1  | 1     |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast] , ULS                       |
| 1  | 1     | Rxx | min          | 0          | 7,1        | -127,7     | -34,6        | 0            | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast y} , ULS |
| 1  | 1     |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast] , ULS                       |
| 1  | 1     | Ryy | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS                  |
| 1  | 1     |     | max          | 6,8        | 0          | -94,6      | 0            | 33,2         | [Eigenlast] {1,5*Windlast z} , ULS      |

### 15.2.2.2 Schnittkräfte



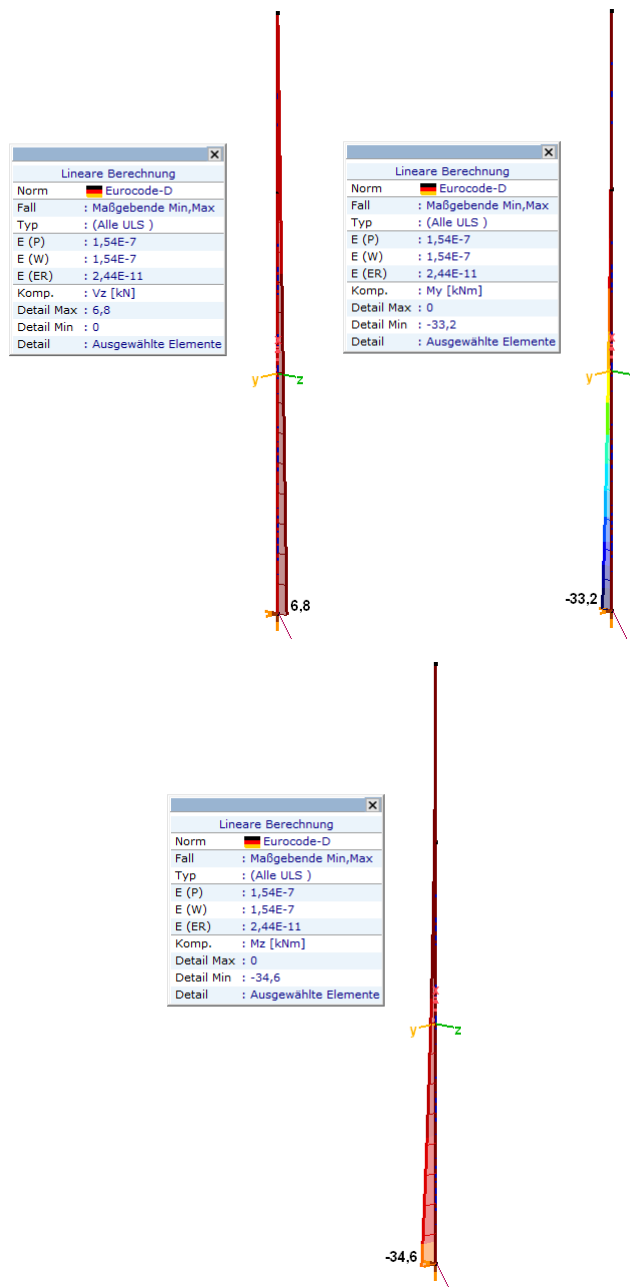


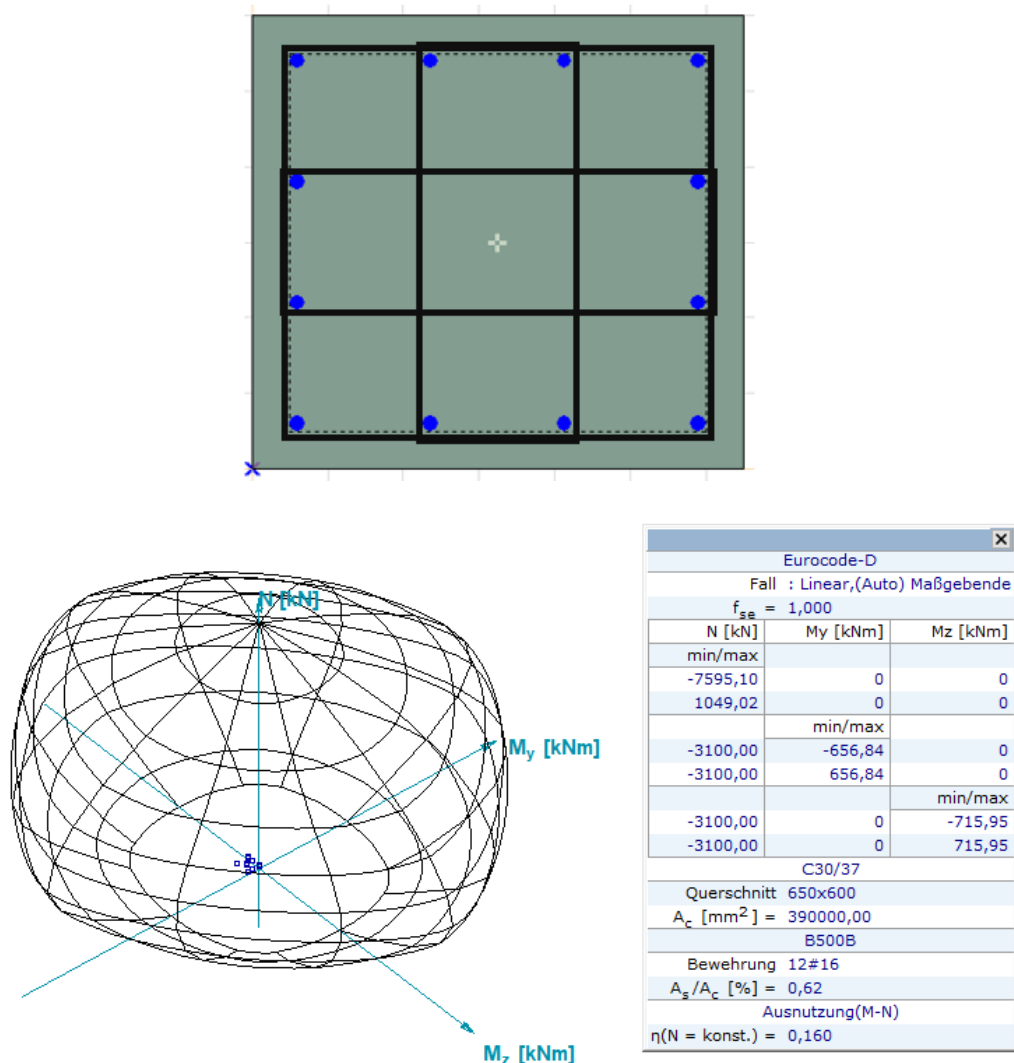
Abbildung 176: Eckstütze, Schnittkräfte, Montagephase 1a

### 15.2.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 12#16

Bügel: 3#10/100



Die berechnete Ausnutzung des Säulenquerschnitts im Montagezustand 1a beträgt 16%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

### 15.3 Montagephase 1b

**Montagephase 1b** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden bereits installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt. In der anderen Richtung werden die Stützen mit Wandplatten ausgesteift.

#### 15.3.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung y (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts und zur Längsachse des Gebäudes) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.4.1



$$l / h = 18,2 / 9,8 = 1,86 < 2$$

Lasteinzugsbreite:

$$a_y = 4,15\text{m} \times 0,5 = 2,08\text{m}$$

Feld A (2,94m):  $c_{p,net} = 2,3$ ;

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [c_{p,net} \times q_p(z_e) = c_{p,net} \times q_b \times c_e(z)] = 0,5 \times [2,3 \times 0,39 \times 2,07] = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

$$0,93 \text{ kN/m}^2 \times 2,08\text{m} = 1,93 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung z (lokal) (parallel zur kürzeren Seite des Säulenquerschnitts und senkrecht zur Längsachse des Gebäudes) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.4.1

$$l / h = 44,64 / 9,8 = 4,56 > 4$$

Lasteinzugsbreite:

$$a_z = 5,32\text{m} \times 0,5 = 2,66\text{m}$$

Feld A (2,94m):  $c_{p,net} = 2,77$ ;

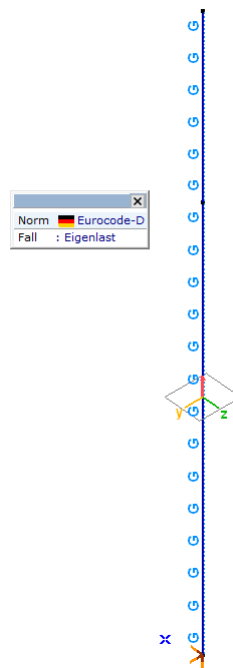
$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

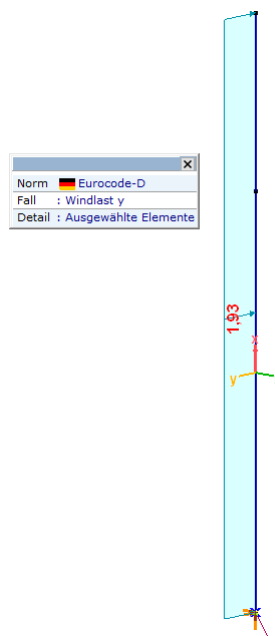
$$w_y = 0,5 \times [c_{p,net} \times q_p(z_e) = c_{p,net} \times q_b \times c_e(z)] = 0,5 \times [2,77 \times 0,39 \times 2,07] = 1,12 \text{ kN/m}^2$$

$$1,12 \text{ kN/m}^2 \times 2,66\text{m} = 2,98 \text{ kN/m}$$



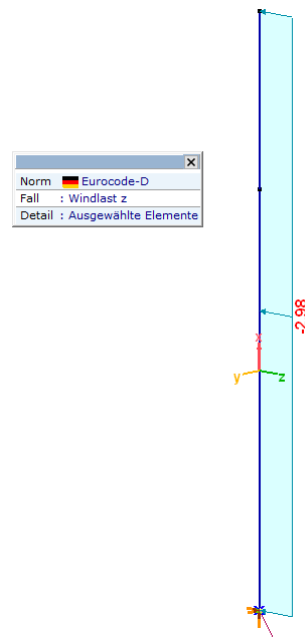


**Abbildung 177: Eckstütze, Montagephase 1b, Eigengewicht**



**Abbildung 178: Eckstütze, Montagephase 1b, Windlast wy**





**Abbildung 179: Eckstütze, Montagephase 1b, Windlast wz**

**Tabelle 30: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze, Montagephase 1b**

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        | ✓        |



## 15.3.2 Ergebnisse

### 15.3.2.1 Auflagerkräfte

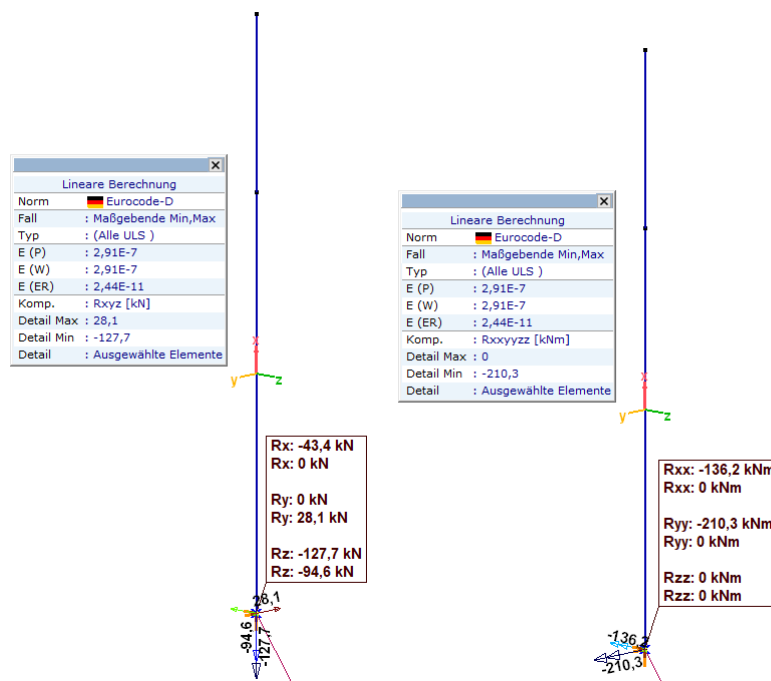


Abbildung 180: Eckstütze, Auflagerkräfte, Montagephase 1b

Tabelle 31: Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |               |            |            |            |              |              |
|--|-------|---------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall      | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 2     | 22 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  |       | Windlast y    | 0          | 18,7       | 0          | -90,8        | 0            |
|  |       | Windlast z    | -28,9      | 0          | 0          | 0            | -140,2       |
| Ext.   |       |               |            |            |            |              |              |
|  | 2     | 22 Windlast z | -28,9      | 0          | 0          | 0            | -140,2       |
|  | 2     | 22 *          | 0          | *          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 22 *          | *          | 0          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 22 Windlast y | 0          | 18,7       | 0          | -90,8        | 0            |
|  | 2     | 22 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 2     | 22 *          | *          | *          | 0          | *            | *            |
|  | 2     | 22 Windlast y | 0          | 18,7       | 0          | -90,8        | 0            |
|  | 2     | 22 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 2     | 22 Windlast y | 0          | 18,7       | 0          | -90,8        | 0            |
|  | 2     | 22 *          | *          | *          | *          | 0            | *            |
|  | 2     | 22 Windlast z | -28,9      | 0          | 0          | 0            | -140,2       |
|  | 2     | 22 *          | *          | *          | *          | *            | 0            |
|  | 2     | 22 *          | *          | *          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 22 *          | *          | *          | *          | *            | *            |
|  | 2     | 22 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 2     | 22 Windlast z | -28,9      | 0          | 0          | 0            | -140,2       |
|  | 2     | 22 Eigenlast  | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            |
|  | 2     | 22 Windlast y | 0          | 18,7       | 0          | -90,8        | 0            |
|  | 2     | 22 Windlast z | -28,9      | 0          | 0          | 0            | -140,2       |

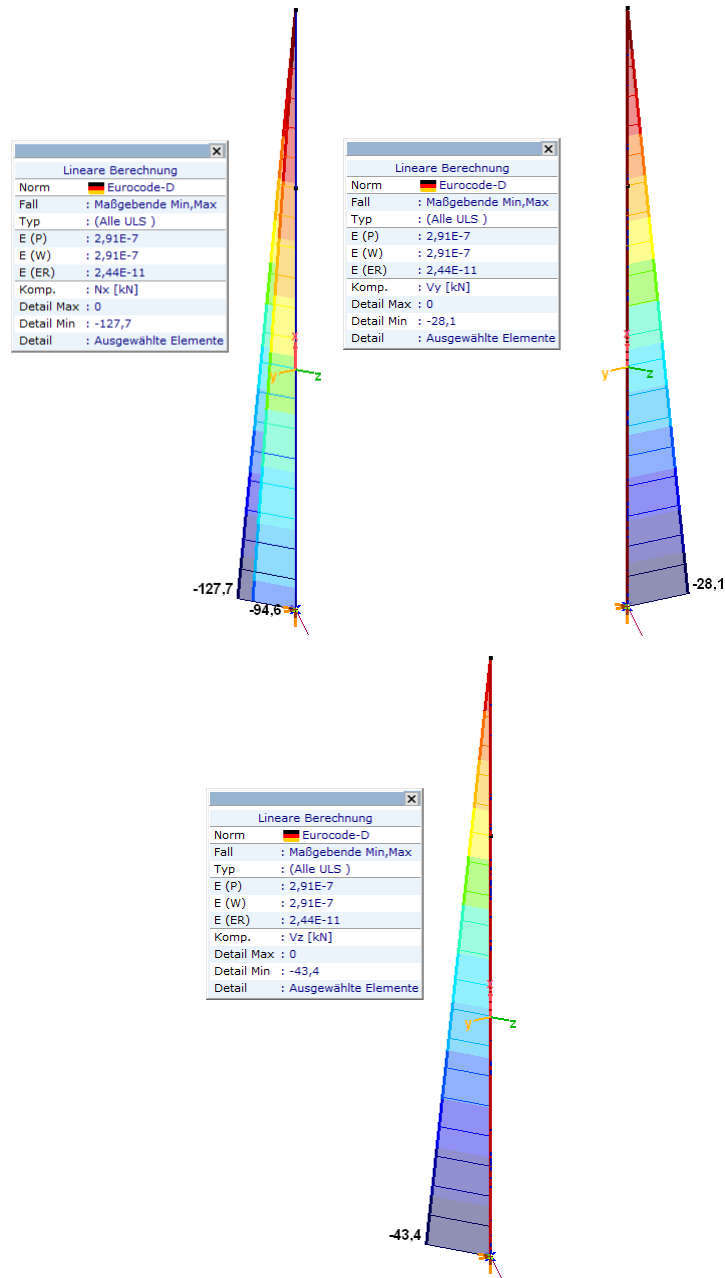
**Tabelle 32: Eckstütze, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b**

Knotenauflagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert]

|      | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination                |
|------|-------|-----|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--|
| 2    | 22    | Rx  | min          | -43,4      | 0          | -127,7     | 0            | -210,3       | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast z}, ULS |
|      |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
|      |       | Ry  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast], ULS                  |
|      |       |     | max          | 0          | 28,1       | -94,6      | -136,2       | 0            | [Eigenlast] {1,5*Windlast y}, ULS      |
|      |       | Rz  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast], ULS                  |
|      |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
|      |       | Rxx | min          | 0          | 28,1       | -127,7     | -136,2       | 0            | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast y}, ULS |
|      |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
|      |       | Ryy | min          | -43,4      | 0          | -127,7     | 0            | -210,3       | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast z}, ULS |
|      |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
| Ext. |       |     |              |            |            |            |              |              |  |
| 2    | 22    | Rx  | min          | -43,4      | 0          | -127,7     | 0            | -210,3       | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast z}, ULS |
|      |       |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
| 2    | 22    | Ry  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast], ULS                  |
| 2    | 22    |     | max          | 0          | 28,1       | -94,6      | -136,2       | 0            | [Eigenlast] {1,5*Windlast y}, ULS      |
| 2    | 22    | Rz  | min          | 0          | 0          | -127,7     | 0            | 0            | [1,35*Eigenlast], ULS                  |
| 2    | 22    |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
| 2    | 22    | Rxx | min          | 0          | 28,1       | -127,7     | -136,2       | 0            | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast y}, ULS |
| 2    | 22    |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |
| 2    | 22    | Ryy | min          | -43,4      | 0          | -127,7     | 0            | -210,3       | [1,35*Eigenlast] {1,5*Windlast z}, ULS |
| 2    | 22    |     | max          | 0          | 0          | -94,6      | 0            | 0            | [Eigenlast], ULS                       |



### 15.3.2.2 Schnittkräfte



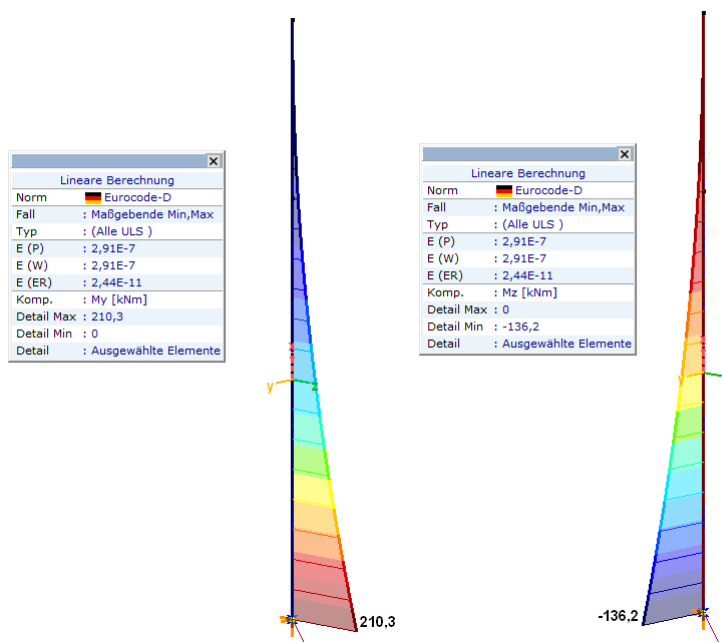


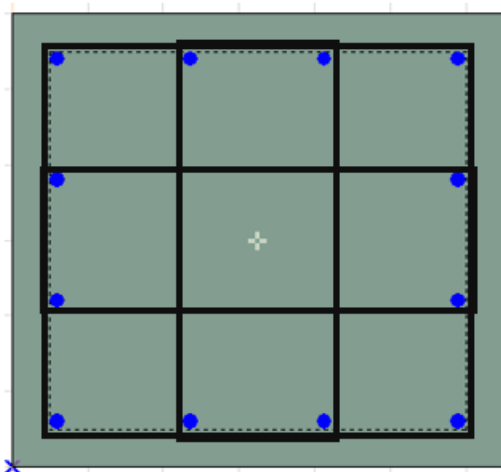
Abbildung 181: Eckstütze, Schnittkräfte, Montagephase 1b

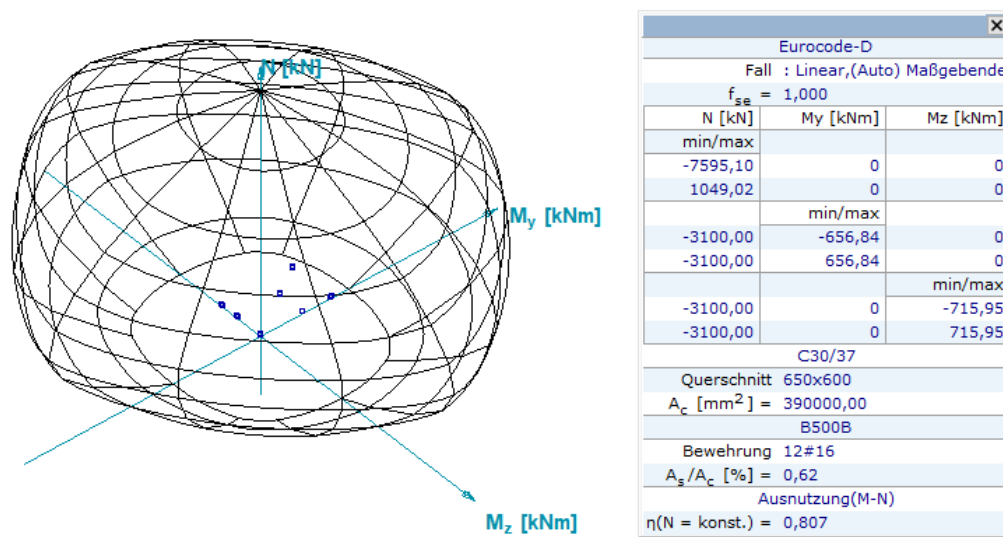
### 15.3.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 12#16

Bügel: 3#10/100





Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts im Montagezustand 1b beträgt 81%.  
Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

## 15.4 Nutzungsphase

### 15.4.1 Belastung

#### 15.4.1.1 Vertikale Lasten

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Eigengewicht Giebelbalken Achse 1 (10) (Pos. 12.3.1, Knoten 1, Lastfall Eigenlast)

$F_z = 25,3 \text{ kN}$

Eigengewicht Giebelbalken Achse A (E) (Pos. 13.3.1, Knoten 1, Lastfall Eigenlast)

$F_z = 11,8 \text{ kN}$

Wandplattenlast

$F_z = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,25\text{m} \times (3,35\text{m} + 4,47\text{m})/2 = 26,31 \text{ kN/m}$

Dachschichten (Pos. 12.3.1+13.3.1, Knoten 1, Lastfall Dachdecke)

$F_z = 8,3 \text{ kN} + 103,2 \text{ kN} = 111,5 \text{ kN}$

Nutzlast Dachdecke (Pos. 2.2.1)

$F_z = 1,00 \text{ kN}$

Nutzlast Leitungen (Pos.12.3.1+13.3.1, Knoten 1, Lastfall Leitungen)

$F_z = 7,40 \text{ kN} + 0,6 \text{ kN} = 8,00 \text{ kN}$



Schneelast (Pos. 12.3.1+13.3.1, Knoten 1, Lastfall Schneelast)

$$F_z = 10,8 \text{ kN}$$

Schneelast außergewöhnlich (Pos. 12.3.1+13.3.1, Knoten 1, Lastfall Schneelast außergewöhn.)

$$F_z = 24,7 \text{ kN}$$

Windlast Zugkraft (Pos. 12.3.1, Knoten 1, Lastfall Windlast Zug)

$$F_z = -11,8 \text{ kN}$$

Wind Druckkraft (Pos. 12.3.1, Knoten 1, Lastfall Windlast Druck)

$$F_z = 6,0 \text{ kN}$$

Kran (Pos. 3.3, Knoten 1)

$$F_{ZG}^{\max} = 33,12 \text{ kN}$$

$$F_{ZQ}^{\max} = 136,58 \text{ kN}$$

#### 15.4.1.2 Horizontale Lasten (Richtung x)

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.O“, Druckkraft)

$$q_x = 0,58 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 1,29 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.P“, Druckkraft)

$$q_x = 0,41 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 0,91 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.S“, Druckkraft)

$$q_x = 0,83 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 1,85 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.O, Zugkraft)

$$q_x = -0,99 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -2,21 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.P, Zugkraft)

$$q_x = -1,16 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -2,59 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.S, Zugkraft)

$$q_x = -0,75 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -1,67 \text{ kN/m}$$

Kran (Pos. 3.3)

$$H_L^{\max} = \pm 15,7 \text{ kN}$$

#### 15.4.1.3 Horizontale Lasten (Richtung y)

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.O“, Zugkraft)

$$q_y = -0,99 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -2,21 \text{ kN/m}$$



Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.P“, Zugkraft)

$$q_y = -1,16 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -2,59 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung X (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.S“, Zugkraft)

$$q_y = -0,75 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = -1,67 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.O, Druckkraft)

$$q_y = 0,61 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 1,36 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.P, Druckkraft)

$$q_y = 0,45 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 1,00 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung Y (Anlage 1, Lastfall „Wind Y+ P.S, Druckkraft)

$$q_x = 0,86 \text{ kN/m}^2 \times 2,23\text{m} = 1,92 \text{ kN/m}$$

Kran (Pos. 3.3)

$$H_T^{\max} = \pm 5,20 \text{ kN}$$

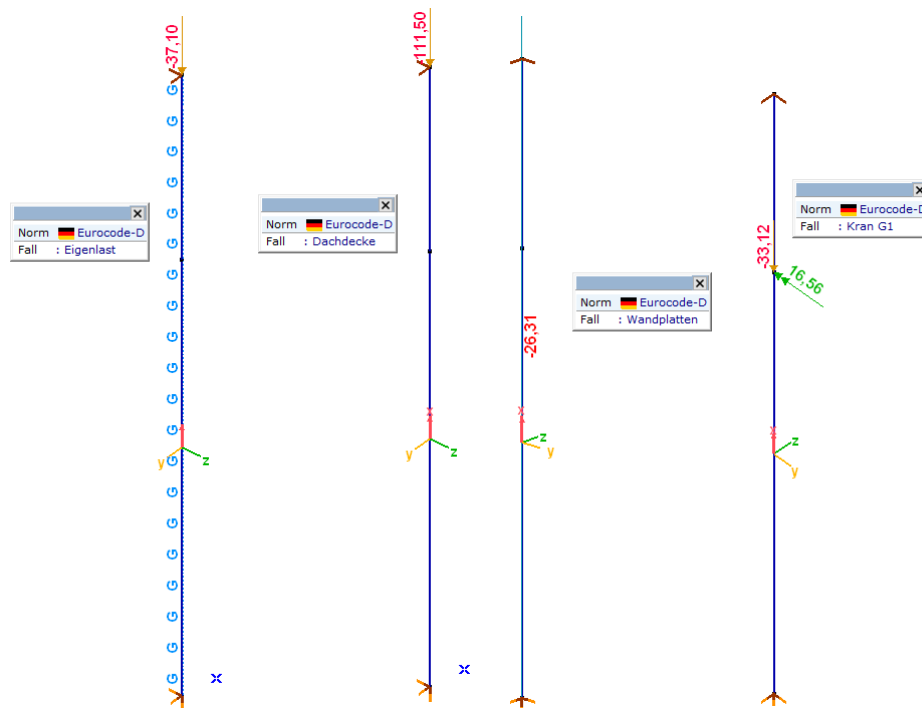


Abbildung 182: Eckstütze, ständige Lasten

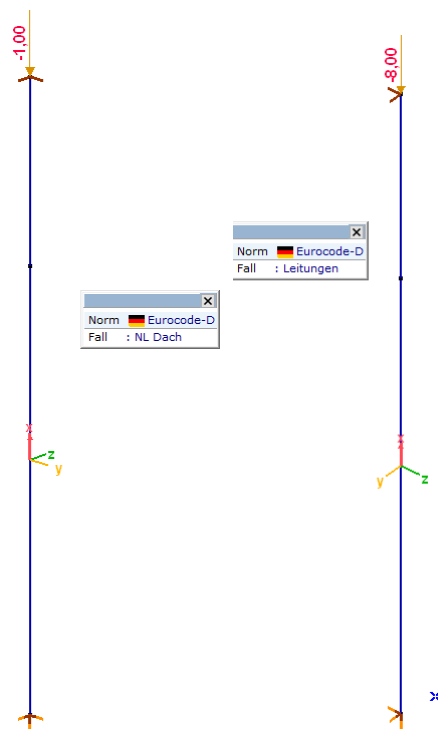
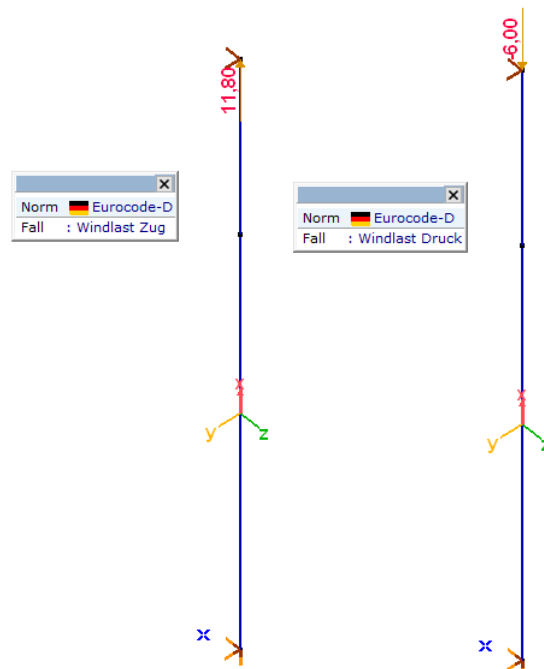


Abbildung 183: Eckstütze, Nutzlasten



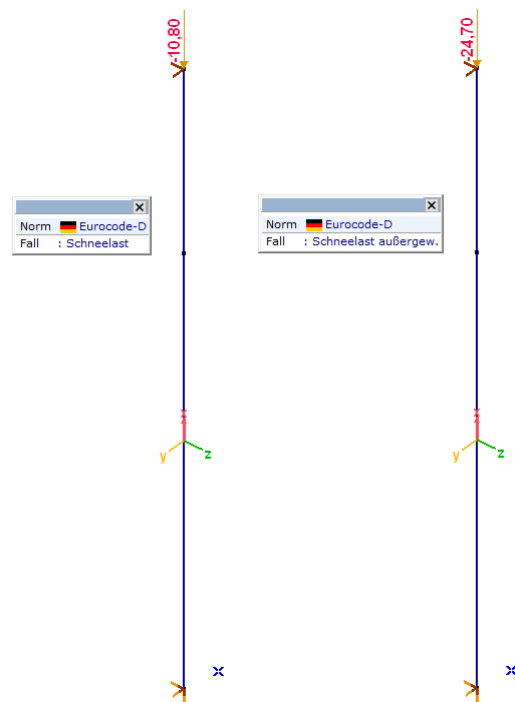
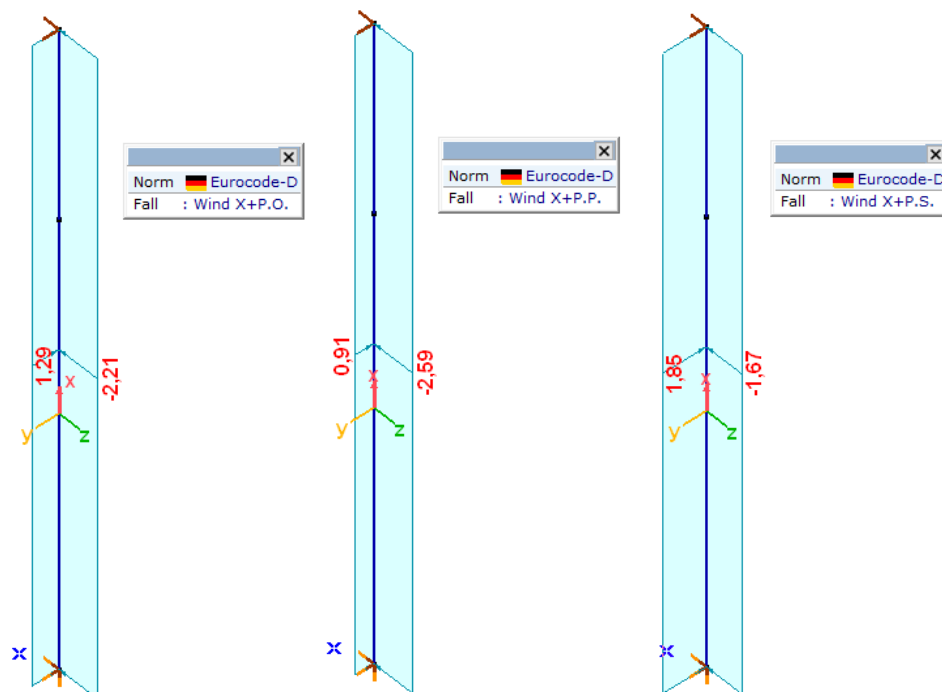


Abbildung 184: Eckstütze, Wind- und Schneelast vom Giebelbalken



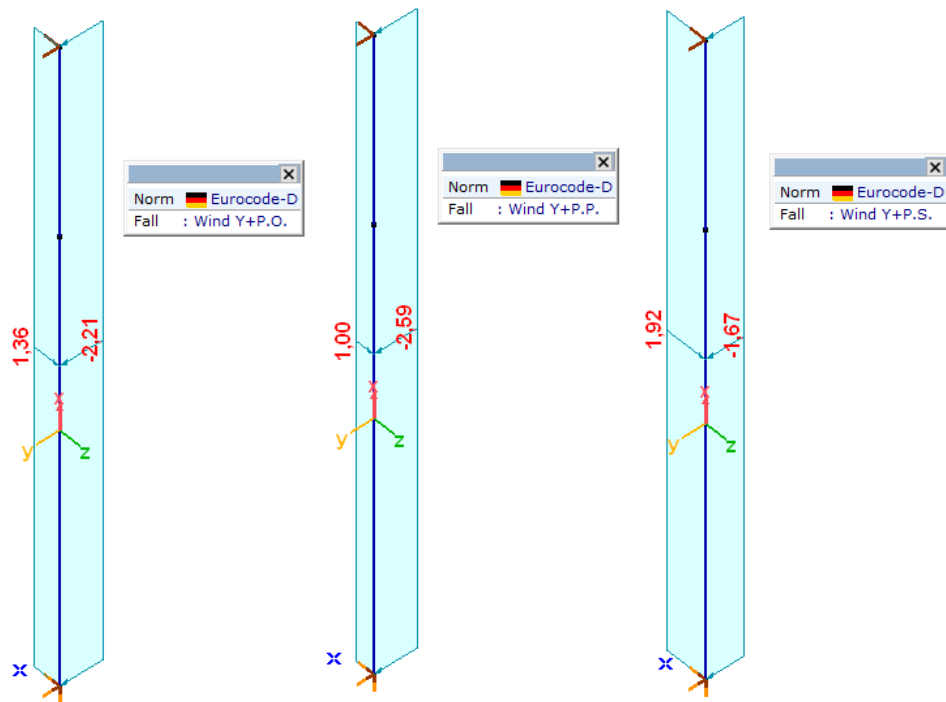


Abbildung 185: Eckstütze, direkte Windbelastung

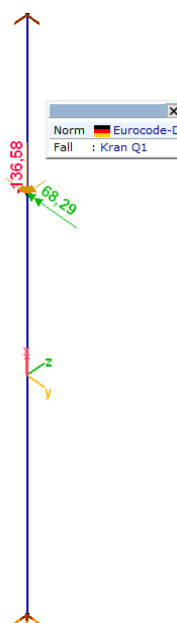


Abbildung 186: Eckstütze, veränderliche Kranlast

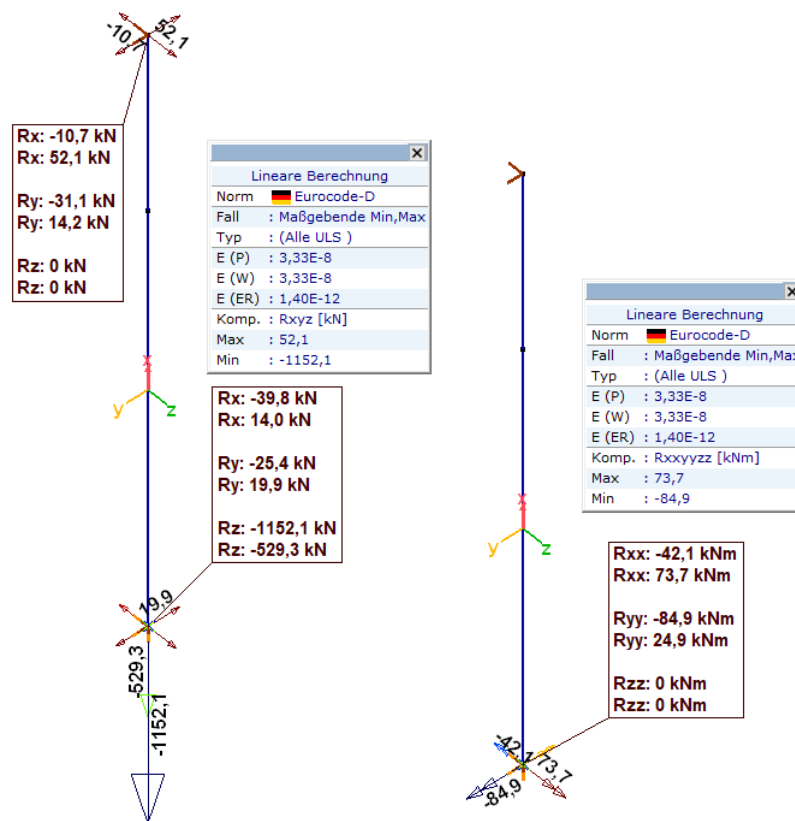


**Tabelle 33: Lastgruppen zur Berechnung der Eckstütze**

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |                  |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ              | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig          | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Nutzlasten         | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |
| 3                        | Windlast Dach      | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |
| 4                        | Schneelast         | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |
| 5                        | Schneelast außerg. | aussergewöhnlich |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
| 6                        | Kran Q1            | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,350    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |
| 7                        | Wind direkt        | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |
| 8                        | Kran G1            | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,350    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |

## 15.4.2 Ergebnisse

### 15.4.2.1 Auflagerkräfte



**Abbildung 187: Eckstütze, Auflagerkräfte**

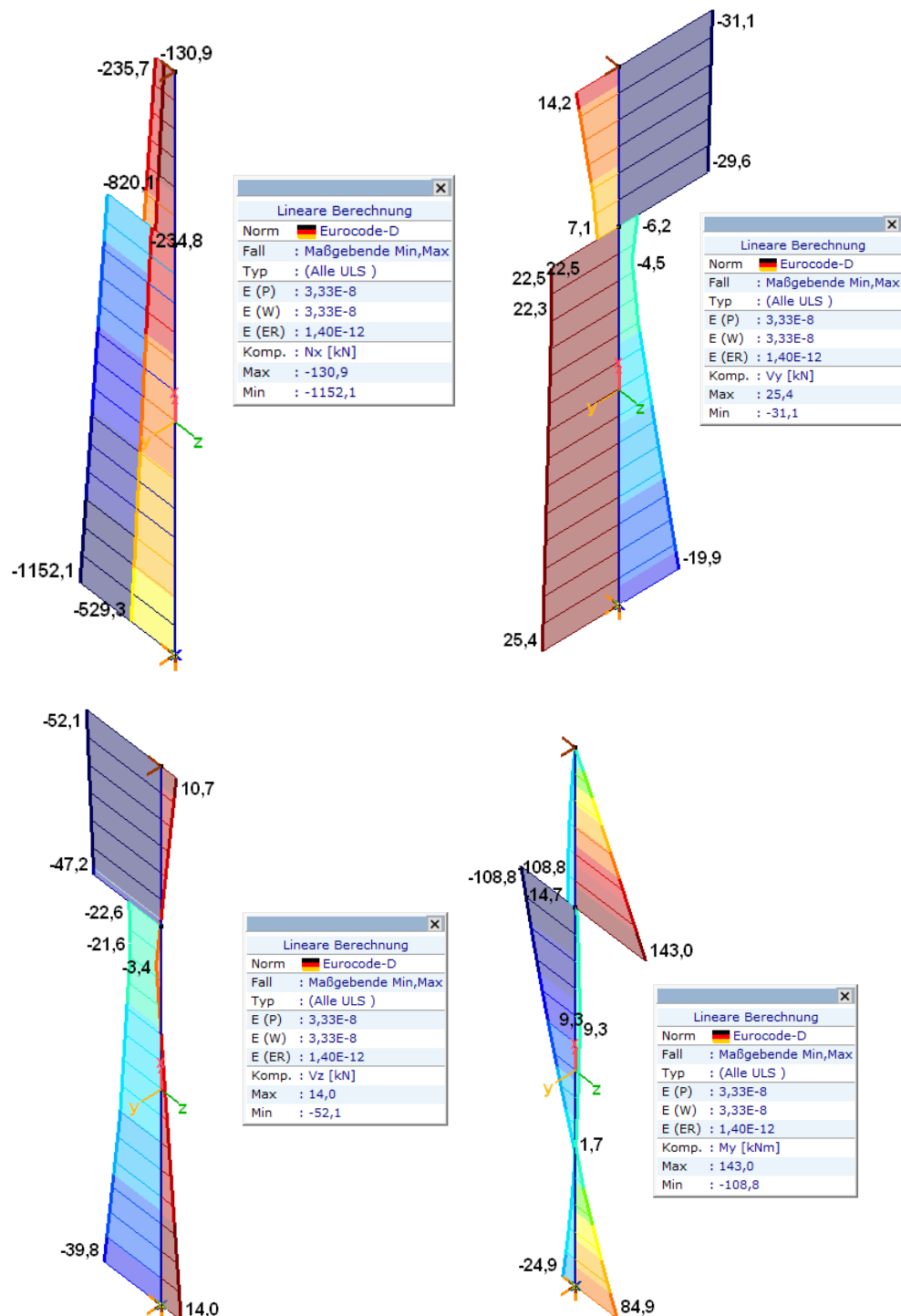
Tabelle 34: : Eckstütze, charakteristische Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear] |       |                      |            |            |            |              |              |
|--|-------|----------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall             | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] |
| 1  | 2     | Eigenlast            | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | NL Dach              | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Windlast Zug         | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Dachdecke            | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Leitungen            | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Windlast Druck       | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Schneelast           | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Schneelast außergew. | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Kran G               | 3,4        | 0          | 0          |              |              |
|  |       | Kran Q               | 27,5       | 3,9        |            |              |              |
|  |       | Wind X+P.O.          | -8,0       | 4,7        |            |              |              |
|  |       | Wind X+P.P.          | -9,4       | 3,3        |            |              |              |
|  |       | Wind X+P.S.          | -6,1       | 6,7        |            |              |              |
|  |       | Wind Y+P.O.          | 4,9        | -8,0       |            |              |              |
|  |       | Wind Y+P.P.          | 3,6        | -9,4       |            |              |              |
|  |       | Wind Y+P.S.          | 7,0        | -6,1       |            |              |              |
|  |       | Kran Pufferschlag    | 18,2       | -29,2      |            |              |              |
| 2  | 1     | Eigenlast            | 0          | 0          | -131,7     | 0            | 0            |
|  |       | NL Dach              | 0          | 0          | -1,0       | 0            | 0            |
|  |       | Windlast Zug         | 0          | 0          | 11,8       | 0            | 0            |
|  |       | Dachdecke            | 0          | 0          | -111,5     | 0            | 0            |
|  |       | Leitungen            | 0          | 0          | -8,0       | 0            | 0            |
|  |       | Windlast Druck       | 0          | 0          | -6,0       | 0            | 0            |
|  |       | Schneelast           | 0          | 0          | -10,8      | 0            | 0            |
|  |       | Schneelast außergew. | 0          | 0          | -24,7      | 0            | 0            |
|  |       | Wandplatten          | 0          | 0          | -255,2     | 0            | 0            |
|  |       | Kran G               | -3,4       | 0          | -48,6      | 0            | -8,9         |
|  |       | Kran Q               | -11,1      | 3,0        | -257,8     | -9,0         | -25,9        |
|  |       | Wind X+P.O.          | -13,4      | 7,8        | 0          | -15,2        | -26,0        |
|  |       | Wind X+P.P.          | -15,7      | 5,5        | 0          | -10,7        | -30,5        |
|  |       | Wind X+P.S.          | -10,1      | 11,2       | 0          | -21,8        | -19,6        |
|  |       | Wind Y+P.O.          | 8,2        | -13,4      | 0          | 26,0         | 16,0         |
|  |       | Wind Y+P.P.          | 6,1        | -15,7      | 0          | 30,5         | 11,8         |
|  |       | Wind Y+P.S.          | 11,6       | -10,1      | 0          | 19,6         | 22,6         |
|  |       | Kran Pufferschlag    | -18,2      | -22,3      | -257,8     | 67,6         | -47,4        |

Tabelle 35: Eckstütze, maßgebende Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS) Maßgebende] |       |     |              |            |            |            |              |              |   |   |
|---|-------|-----|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|---|---|
|   | Knot. | K   | min.<br>max. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination   |   |
| 1   | 2     | Rx  | min          | -10,7      | 5,0        |            |              |              | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind X+P.P.), ULS   |   |
|   |       |     | max          | 52,1       | 0,4        |            |              |              | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Kran Q) (1,5°0,6°Wind Y+P.S.), ULS  |   |
|   |       | Ry  | min          | 22,3       | -31,1      |            |              |              |   | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (Kran Pufferschlag) (0,2°Wind Y+P.P.), ULS (außergewöhnlich) |
|   |       |     | max          | 23,2       | 14,2       |            |              |              |   | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind X+P.S.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS                      |
| 2   | 1     | Rx  | min          | -39,8      | 11,4       | -1009,1    | -25,5        | -84,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.P.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | 14,0       | -15,2      | -547,0     | 29,5         | 24,9         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind Y+P.S.), ULS   |   |
|   |       | Ry  | min          | -20,4      | -25,4      | -804,8     | 73,7         | -54,0        | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (Kran Pufferschlag) (0,2°Wind Y+P.P.), ULS (außergewöhnlich)   |   |
|   |       |     | max          | -30,3      | 19,9       | -817,7     | -42,1        | -65,6        | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind X+P.S.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       | Rz  | min          | -21,3      | 4,5        | -1152,1    | -13,5        | -50,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Kran Q) (1,5°1°NL Dach+1,5°0,6°Windlast Druck+1,5°0,5°Schn...                 |   |
|   |       |     | max          | -3,4       | 0          | -529,3     | 0            | -8,9         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Windlast Zug), ULS  |   |
|   |       | Rxx | min          | -31,5      | 19,9       | -1009,1    | -42,1        | -68,7        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.S.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | -20,4      | -25,4      | -804,8     | 73,7         | -54,0        | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (Kran Pufferschlag) (0,2°Wind Y+P.P.), ULS (außergewöhnlich)   |   |
|   |       | Ryy | min          | -39,8      | 11,4       | -1009,1    | -25,5        | -84,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.P.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | 14,0       | -15,2      | -547,0     | 29,5         | 24,9         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind Y+P.S.), ULS   |   |
| Ext.  |       |     |              |            |            |            |              |              |   |   |
| 2   | 1     | Rx  | min          | -39,8      | 11,4       | -1009,1    | -25,5        | -84,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.P.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | 52,1       | 0,4        |            |              |              | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Kran Q) (1,5°0,6°Wind Y+P.S.), ULS  |   |
| 1   | 2     | Ry  | min          | 22,3       | -31,1      |            |              |              | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (Kran Pufferschlag) (0,2°Wind Y+P.P.), ULS (außergewöhnlich)   |   |
|   |       |     | max          | -30,3      | 19,9       | -817,7     | -42,1        | -65,6        | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind X+P.S.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
| 2   | 1     | Rz  | min          | -21,3      | 4,5        | -1152,1    | -13,5        | -50,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Kran Q) (1,5°1°NL Dach+1,5°1°Leitungen+1,5°0,6°Windlast Druck+1,5°0,5°Schn... |   |
|   |       |     | max          | -3,4       | 0          | -529,3     | 0            | -8,9         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Windlast Zug), ULS  |   |
| 2   | 1     | Rxx | min          | -31,5      | 19,9       | -1009,1    | -42,1        | -68,7        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.S.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | -20,4      | -25,4      | -804,8     | 73,7         | -54,0        | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (Kran Pufferschlag) (0,2°Wind Y+P.P.), ULS (außergewöhnlich)   |   |
| 2   | 1     | Ryy | min          | -39,8      | 11,4       | -1009,1    | -25,5        | -84,9        | [1,35°Eigenlast+1,35°Dachdecke+1,35°Wandplatten+1,35°Kran Q] (1,5°Wind X+P.P.) (1,5°0,7°Kran Q), ULS  |   |
|   |       |     | max          | 14,0       | -15,2      | -547,0     | 29,5         | 24,9         | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten+Kran G] (1,5°Wind Y+P.S.), ULS   |   |

### 15.4.2.2 Schnittkräfte





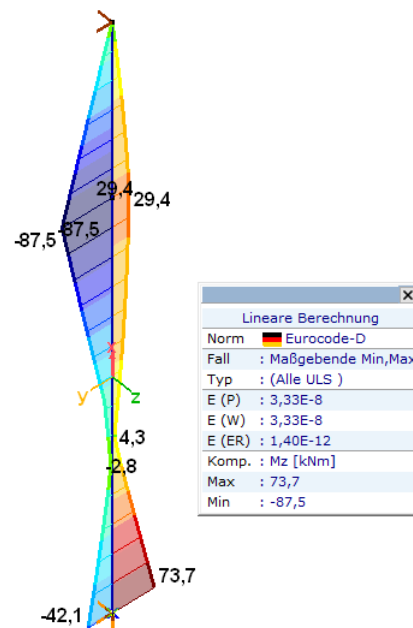


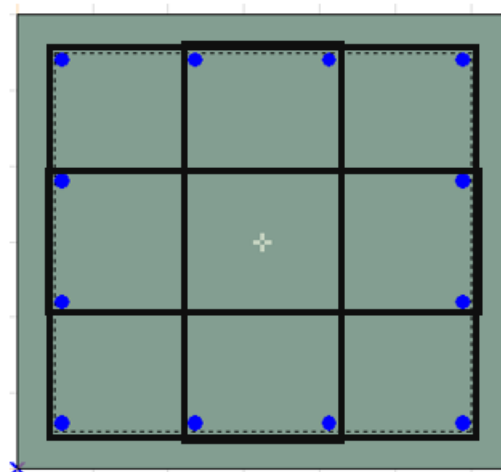
Abbildung 188: Eckstütze, Schnittkräfte

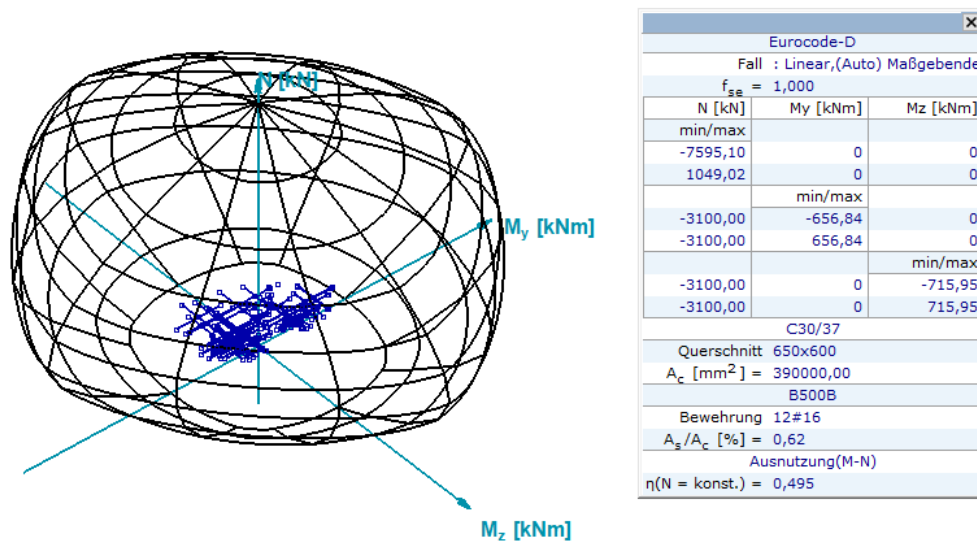
#### 15.4.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 12#16

Bügel: 3#10/100





Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts in der Nutzungsphase beträgt 50%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

## 15.5 Stützenschuhe

Stützenschuhe wurde für zwei Lastfälle bemessen:

- Lasten aus der Montagephase 1b,
- Lasten aus der Nutzungsphase

Das detaillierte Berechnungsraport befindet sich in der Anlage 8 „Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen“

Gewählt: **Peikko 10xHPKM20 (Stützenschuhe) + 10xHPM20P-1170 (Bolzen)**

## 15.6 Stützenkonsole für Kranbahnträger

Siehe Pos. 11.3.5.

## 16 POSITION: STÜTZEN ACHSEN A UND E

### 16.1 Statisches System

Beton: C30/37

Bewehrungsstahl B500B

XC3;  $c_{nom}=35\text{mm}$

Lasteinzugsbreite:  $0,5 \times (5,50\text{m} + 5,07\text{m}) = 5,29\text{m}$

### 16.2 Montagephase 1a

**Montagephase 1a** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden noch nicht installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt.

#### 16.2.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung y (lokal) (parallel zur kürzeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 60/40 = 1,5 \rightarrow C_{f,0} = 1,9$$

$$\psi_r = 1,0$$

$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_\lambda = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

$$C_f = 1,9 \times 1 \times 0,92 = 1,75$$

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [C_f \times q_p(z_e) = C_f \times q_b \times c_e(z)] \times b = 0,5 \times [1,75 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,6\text{m} = 0,42 \text{ kN/m}$$

Wind Richtung z (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.6

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

$$d/b = 40/60 = 0,67 \rightarrow C_{f,0} = 2,4$$

$$\psi_r = 1,0$$



$$\varphi = 1; \lambda = 70 \rightarrow \psi_{\lambda} = 0,92 \text{ (DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.13)}$$

$$c_f = 2,4 \times 1 \times 0,92 = 2,21$$

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,3 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_z = 0,5 \times [c_f \times q_p(z_e) = c_f \times q_b \times c_e(z)] \times h = 0,5 \times [2,21 \times 0,39 \times 2,07] \times 0,4\text{m} = 0,36 \text{ kN/m}$$

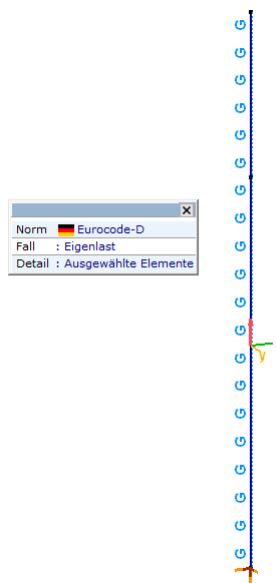


Abbildung 189: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Eigengewicht

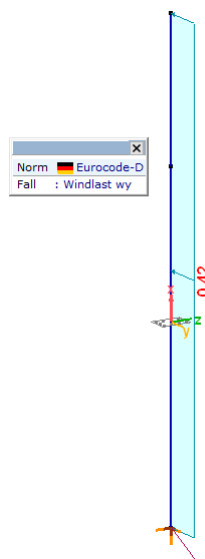


Abbildung 190: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Wind wy



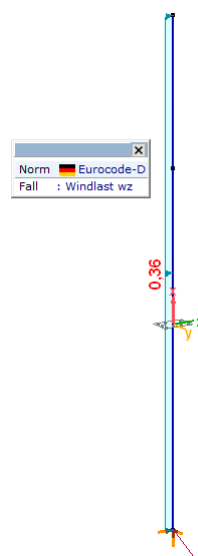


Abbildung 191: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a, Wind wz

Tabelle 36: Lastgruppen zur Berechnung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |                  |                  |       |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350            | 1,000            |       |          |          |          |          | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        | ✓        |

## 16.2.2 Ergebnisse

### 16.2.2.1 Auflagerkräfte

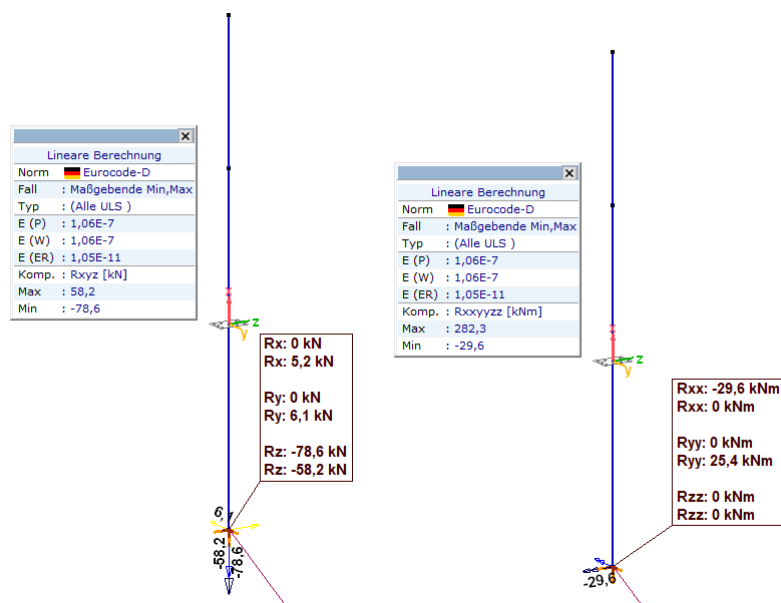


Abbildung 192: Stütze Achsen A und E, Auflagerkräfte, Montagephase 1a

**Tabelle 37: Stütze Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1a**

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |             |            |            |            |              |
|--|-------|-------------|------------|------------|------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall    | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 1     | Eigenlast   | 0          | 0          | -58,2      | 0            |
|  |       | Windlast wz | 3,5        | 0          | 0          | 16,9         |
|  |       | Windlast wy | 0          | 4,1        | 0          | -19,8        |
| Ext.   |       |             |            |            |            |              |
| 1  | 1     | *           | 0          | *          | *          | *            |
| 1  | 1     | Windlast wz | 3,5        | 0          | 0          | 16,9         |
| 1  | 1     | *           | *          | 0          | *          | *            |
| 1  | 1     | Windlast wy | 0          | 4,1        | 0          | -19,8        |
| 1  | 1     | Eigenlast   | 0          | 0          | -58,2      | 0            |
| 1  | 1     | *           | *          | *          | 0          | *            |
| 1  | 1     | Windlast wz | 3,5        | 0          | 0          | 16,9         |
| 1  | 1     | Eigenlast   | 0          | 0          | -58,2      | 0            |
| 1  | 1     | Windlast wy | 0          | 4,1        | 0          | -19,8        |
| 1  | 1     | *           | *          | *          | *          | 0            |
| 1  | 1     | Windlast wz | 3,5        | 0          | 0          | 16,9         |
| 1  | 1     | *           | *          | *          | *          | *            |
| 1  | 1     | Eigenlast   | 0          | 0          | -58,2      | 0            |
| 1  | 1     | Windlast wy | 0          | 4,1        | 0          | -19,8        |
| 1  | 1     | Eigenlast   | 0          | 0          | -58,2      | 0            |
| 1  | 1     | Windlast wz | 3,5        | 0          | 0          | 16,9         |
| 1  | 1     | Windlast wy | 0          | 4,1        | 0          | -19,8        |

**Tabelle 38: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1a**

| Knotenaullagerkräfte [Linear, (Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert] |       |                                     |              |            |            |            |              |              |
|---|-------|-------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|   | Knot. | K                                   | min.<br>ma.. | Rx<br>[kN] | Ry<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Rxx<br>[kNm] | Ryy<br>[kNm] |
| 1   | 1     | Rx                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 5,2        | 0          | -58,2      | 0            | 25,4         |
|   |       | Ry                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 6,1        | -58,2      | -29,6        | 0            |
|   |       | Rz                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 0          | -58,2      | 0            | 0            |
|   |       | Rxx                                 | min          | 0          | 6,1        | -78,6      | -29,6        | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 0          | -58,2      | 0            | 0            |
|   |       | Ryy                                 | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 5,2        | 0          | -58,2      | 0            | 25,4         |
|   |       | [1,35*Eigenlast] , ULS              |              |            |            |            |              |              |
|   |       | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |              |            |            |            |              |              |
| Ext.  | 1     | Rx                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 5,2        | 0          | -58,2      | 0            | 25,4         |
|   |       | Ry                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 6,1        | -58,2      | -29,6        | 0            |
|   |       | Rz                                  | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 0          | -58,2      | 0            | 0            |
|   |       | Rxx                                 | min          | 0          | 6,1        | -78,6      | -29,6        | 0            |
|   |       |                                     | max          | 0          | 0          | -58,2      | 0            | 0            |
|   |       | Ryy                                 | min          | 0          | 0          | -78,6      | 0            | 0            |
|   |       |                                     | max          | 5,2        | 0          | -58,2      | 0            | 25,4         |
|   |       | [1,35*Eigenlast] , ULS              |              |            |            |            |              |              |
|   |       | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |              |            |            |            |              |              |



### 16.2.2.2 Schnittkräfte

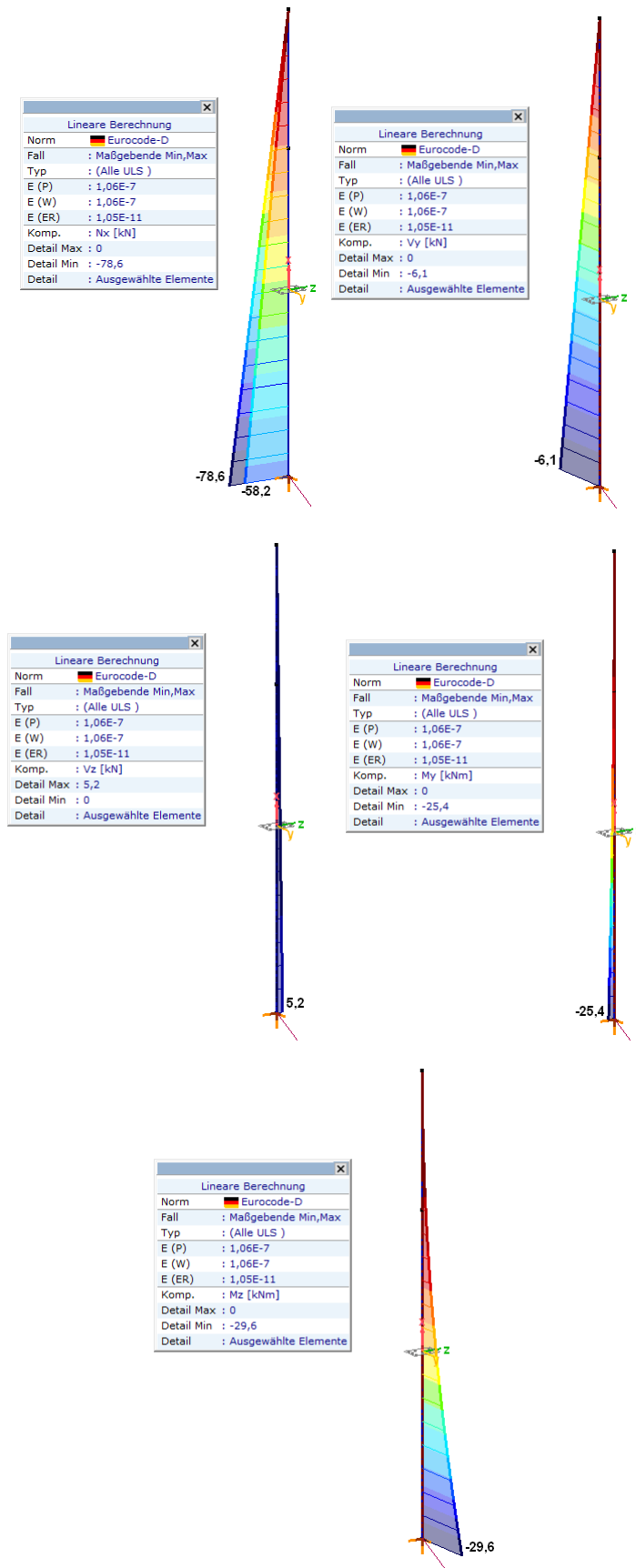


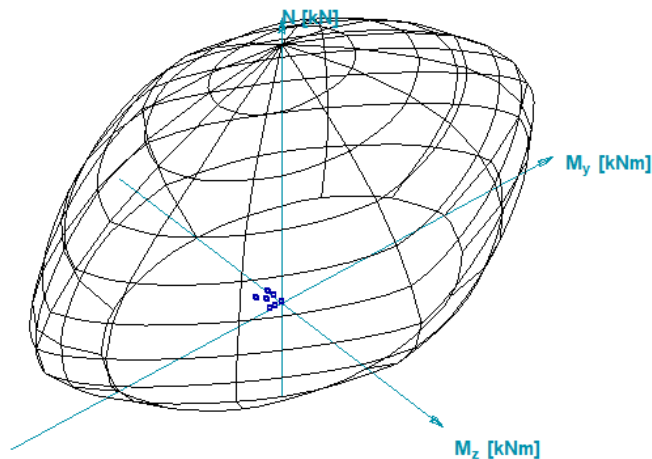
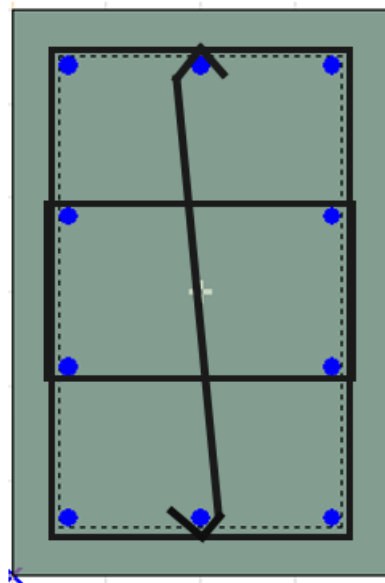
Abbildung 193: Stütze Achsen A und E, Schnittkräfte, Montagephase 1a

### 16.2.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 10#20

Bügel: #10/200 (am Stützenrand #10/100), zweiarmig



| Eurocode-D                           |          |          | X |
|--------------------------------------|----------|----------|---|
| Fall : Linear,(Auto) Maßgebende      |          |          |   |
| $f_{se} = 1,000$                     |          |          |   |
| N [kN]                               | My [kNm] | Mz [kNm] |   |
| min/max                              |          |          |   |
| -5336,64                             | 0        | 0        |   |
| 1365,91                              | 0        | 0        |   |
|                                      | min/max  |          |   |
| -1800,00                             | -506,55  | 0        |   |
| -1800,00                             | 506,55   | 0        |   |
|                                      |          | min/max  |   |
| -1700,00                             | 0        | -344,81  |   |
| -1700,00                             | 0        | 344,81   |   |
| C30/37                               |          |          |   |
| Querschnitt 400x600                  |          |          |   |
| $A_c$ [mm <sup>2</sup> ] = 240000,00 |          |          |   |
| B500B                                |          |          |   |
| Bewehrung 10#20                      |          |          |   |
| $A_s/A_c$ [%] = 1,31                 |          |          |   |
| Ausnutzung(M-N)                      |          |          |   |
| $\eta(N = \text{konst.}) = 0,169$    |          |          |   |

Die berechnete Ausnutzung des Säulenquerschnitts im Montagezustand 1a beträgt 17%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.





## 16.3 Montagephase 1b

**Montagephase 1b** – vorgefertigte Säulen stehen auf dem Fundament; vorgefertigte Außenwände wurden bereits installiert. Das obere Ende der Säule ist durch die Decke nicht gestützt. In der anderen Richtung werden die Stützen mit Wandplatten ausgesteift.

### 16.3.1 Belastung

Eigengewicht – berücksichtigt automatisch

Wind Richtung y (lokal) (parallel zur längeren Seite des Säulenquerschnitts und zur Längsachse des Gebäudes) gem. DIN EN 1991-1-4 Abs. 7.4.1

$$l / h = 44,64 / 9,8 = 4,56 > 4$$

Feld B:  $c_{p,net} = 1,71$ ;

$$c_e(z) = 2,3 (z/10)^{0,24} = 2,1 \times (9,4/10)^{0,24} = 2,07$$

Es wurde ein Abminderungsfaktor von 0,5 gemäß DIN EN 1991-1-4/NA.B.5 (vorübergehende Zustände bis zu 3 Monaten) angesetzt.

$$w_y = 0,5 \times [c_{p,net} \times q_p(z_e) = c_{p,net} \times q_b \times c_e(z)] = 0,5 \times [1,71 \times 0,39 \times 2,07] = 0,69 \text{ kN/m}^2$$

$$0,69 \text{ kN/m}^2 \times 5,29 \text{ m} = 3,67 \text{ kN/m}$$

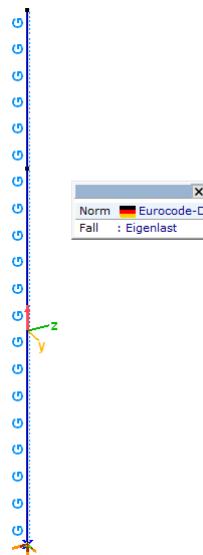


Abbildung 194: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b, Eigengewicht



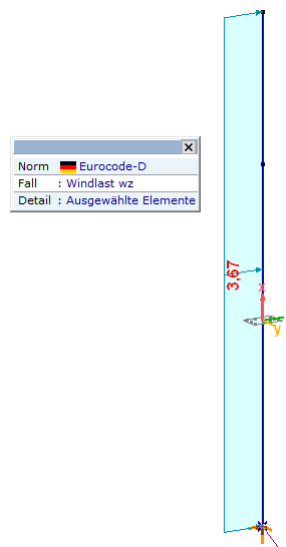


Abbildung 195: Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b, Windlast wy

Tabelle 39: Lastgruppen zur Berechnung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                    |              |                    |                    |   |       |                |                |                |          |
|--------------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------|
|                          | Gruppe             | Typ          | Y <sub>G,sup</sub> | Y <sub>G,inf</sub> | ξ | γ     | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> | Additive |
| 1                        | Ständige Lasten    | Ständig      | 1,350              | 1,000              |   |       |                |                |                | ✓        |
| 2                        | Windlast Montage 1 | Veränderlich |                    |                    |   | 1,500 | 0,600          | 0,200          | 0              | ✓        |

## 16.3.2 Ergebnisse

### 16.3.2.1 Auflagerkräfte

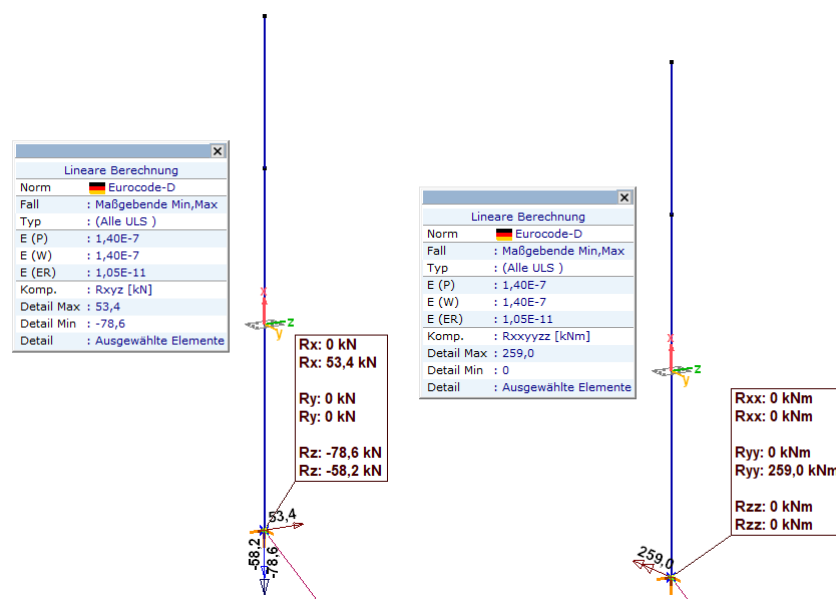


Abbildung 196: Stütze Achsen A und E, Auflagerkräfte, Montagephase 1b

**Tabelle 40: Stütze Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte, Montagephase 1b**

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear, Selektiert] |       |                |            |            |              |
|--|-------|----------------|------------|------------|--------------|
|  | Knot. | Lastfall       | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] |
|  | 2     | 22 Eigenlast   | 0          | -58,2      | 0            |
|  |       | Windlast wz    | 35,6       | 0          | 172,7        |
|  |       | Windlast wy    | 0          | 0          | 0            |
| Ext.   |       |                |            |            |              |
|  | 2     | 22 *           | 0          | *          | *            |
|  | 2     | 22 Windlast wz | 35,6       | 0          | 172,7        |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 Eigenlast   | 0          | -58,2      | 0            |
|  | 2     | 22 *           | *          | 0          | *            |
|  | 2     | 22 Windlast wy | 0          | 0          | 0            |
|  | 2     | 22 Eigenlast   | 0          | -58,2      | 0            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | 0            |
|  | 2     | 22 Windlast wz | 35,6       | 0          | 172,7        |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 Windlast wz | 35,6       | 0          | 172,7        |
|  | 2     | 22 *           | *          | *          | *            |
|  | 2     | 22 Windlast wz | 35,6       | 0          | 172,7        |

**Tabelle 41: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b**

| Knotenaullagerkräfte [Linear,(Alle ULS ) Maßgebende, Selektiert] |       |         |              |            |            |              |                                     |
|--|-------|---------|--------------|------------|------------|--------------|-------------------------------------|
|  | Knot. | K       | min.<br>ma.. | Rx<br>[kN] | Rz<br>[kN] | Ryy<br>[kNm] | Massgebende Kombination             |
|  | 2     | 22      | Rx min       | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  |       |         | max          | 53,4       | -58,2      | 259,0        | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |
|  |       | Ry min  | 0            | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  |       |         | max          | 0          | -58,2      | 0            | [Eigenlast] , ULS                   |
|  |       | Rz min  | 0            | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  |       |         | max          | 0          | -58,2      | 0            | [Eigenlast] , ULS                   |
|  |       | Rxx min | 0            | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  |       |         | max          | 0          | -58,2      | 0            | [Eigenlast] , ULS                   |
|  |       | Ryy min | 0            | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  |       |         | max          | 53,4       | -58,2      | 259,0        | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |
| Ext.   |       |         |              |            |            |              |                                     |
|  | 2     | 22      | Rx min       | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | max          | 53,4       | -58,2      | 259,0        | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |
|  | 2     | 22      | Ry min       | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | max          | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | Rz min       | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | max          | 0          | -58,2      | 0            | [Eigenlast] , ULS                   |
|  | 2     | 22      | Rxx min      | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | max          | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | Ryy min      | 0          | -78,6      | 0            | [1,35*Eigenlast] , ULS              |
|  | 2     | 22      | max          | 53,4       | -58,2      | 259,0        | [Eigenlast] {1,5*Windlast wz} , ULS |



### 16.3.2.2 Schnittkräfte

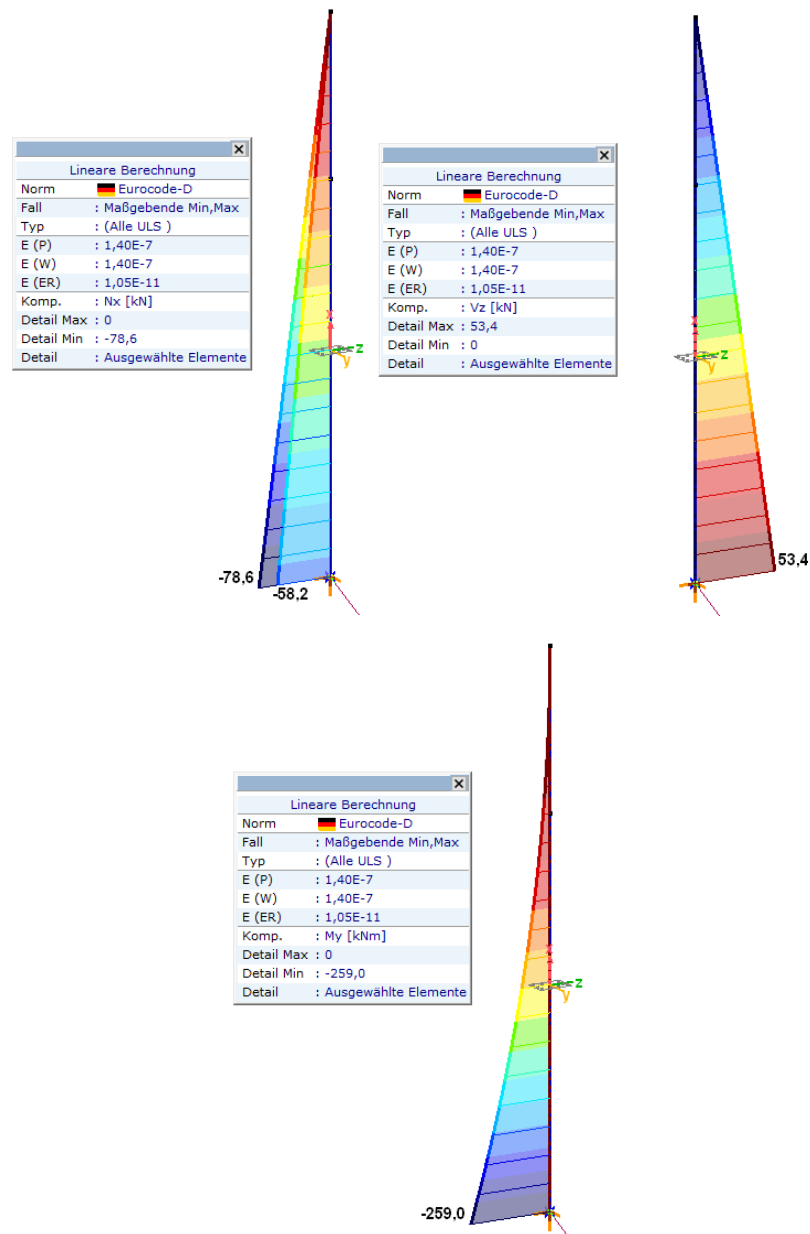


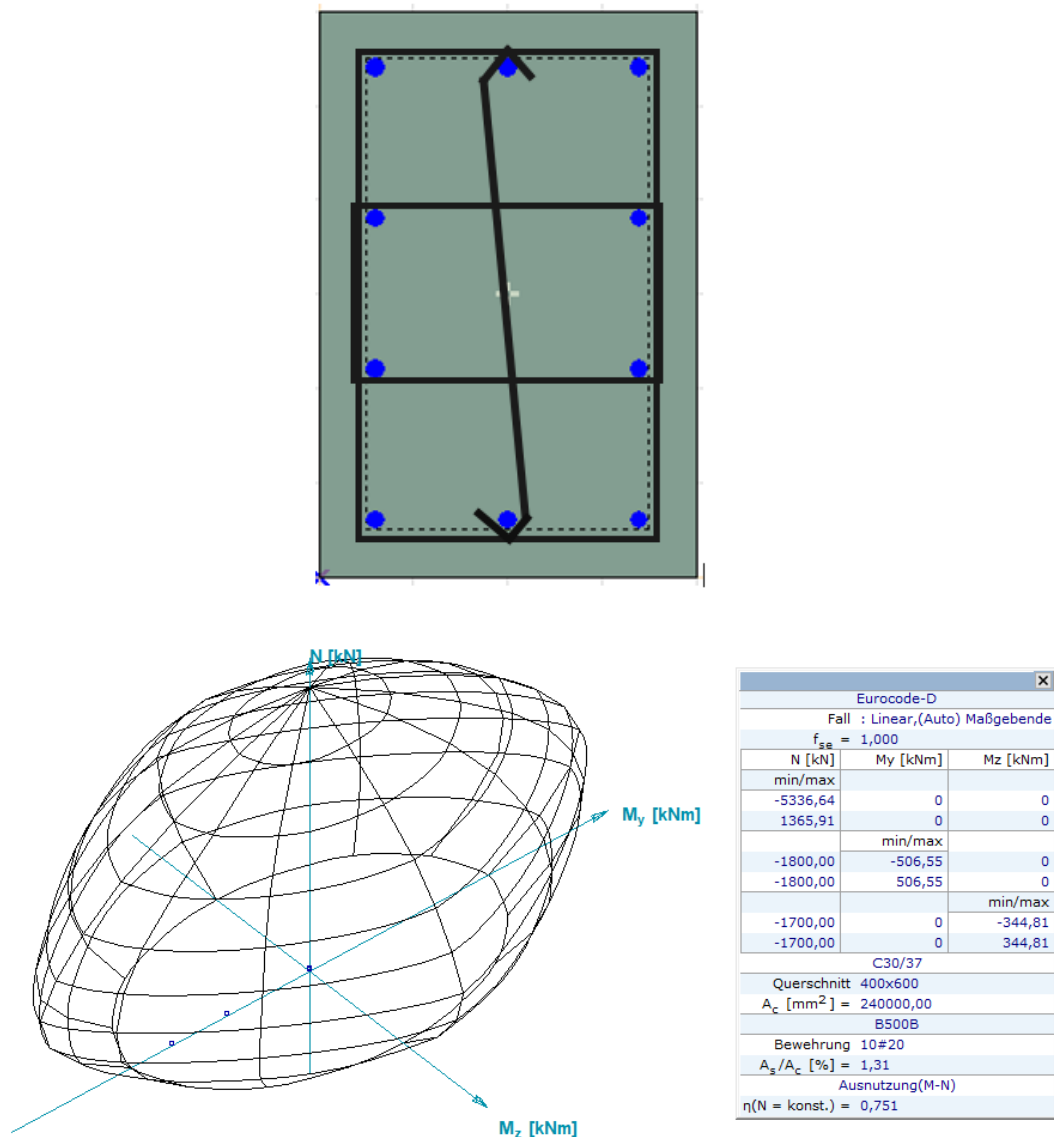
Abbildung 197: Stütze Achsen A und E, Schnittkräfte, Montagephase 1b

### 16.3.2.3 Bewehrung

Gewählt:

Längsbewehrung: 10#20

Bügel: #10/200 (am Stützenrand #10/100), zweiarmig



Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts im Montagezustand 1b beträgt 75%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

## 16.4 Nutzungsphase

### 16.4.1 Belastung

#### 16.4.1.1 Vertikale Lasten

Eigengewicht – automatisch berücksichtigt

Wandplattenlast

$$F_z = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,25\text{m} \times 5,29\text{m} = 33,06 \text{ kN/m}$$

Dachdecke (Pos. 2.1.1, Lasteinzugsbreite  $0,5 \times 1,20\text{m} = 0,60\text{m}$ )

$$F_z = 7,02 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60\text{m} = 22,28 \text{ kN}$$

Nutzlast Dachdecke (Pos. 2.2.1)

$$F_z = 1,00 \text{ kN}$$

Nutzlast Leitungen (Pos.2.2.1)

$$F_z = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60\text{m} = 1,59 \text{ kN}$$

Schneelast (Pos. 2.2.4)

$$F_z = 0,68 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60 \text{ m} = 2,16 \text{ kN}$$

Schneelast außergewöhnlich (Pos. 2.2.4)

$$F_z = 1,56 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60\text{m} = 4,95 \text{ kN}$$

Windlast Dach Zugkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind Y-S.P.“)

$$F_z = -1,16 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60\text{m} = 3,68 \text{ kN}$$

Windlast Dach Druckkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind X+ P.S“, Druckkraft)

$$F_z = 0,41 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} \times 0,60\text{m} = 1,30 \text{ kN}$$

Kran (Pos. 3.3)

$$F_{zG}^{\max} = 51,8 \text{ kN}$$

$$F_{zQ}^{\max} = 198,9 \text{ kN}$$

#### 16.4.1.2 Horizontale Lasten

Wind Druckkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind Y- S.S“)

$$q = 0,86 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} = 4,55 \text{ kN/m}$$

Wind Zugkraft (Anlage 1, Lastfall „Wind Y- P.P“)

$$q = -0,83 \text{ kN/m}^2 \times 5,29\text{m} = -4,39 \text{ kN/m}$$

Kran (Pos. 3.3)

$$H_L^{\max} = 3,9 \text{ kN}$$

$$H_T^{\max} = 22,8 \text{ kN}$$



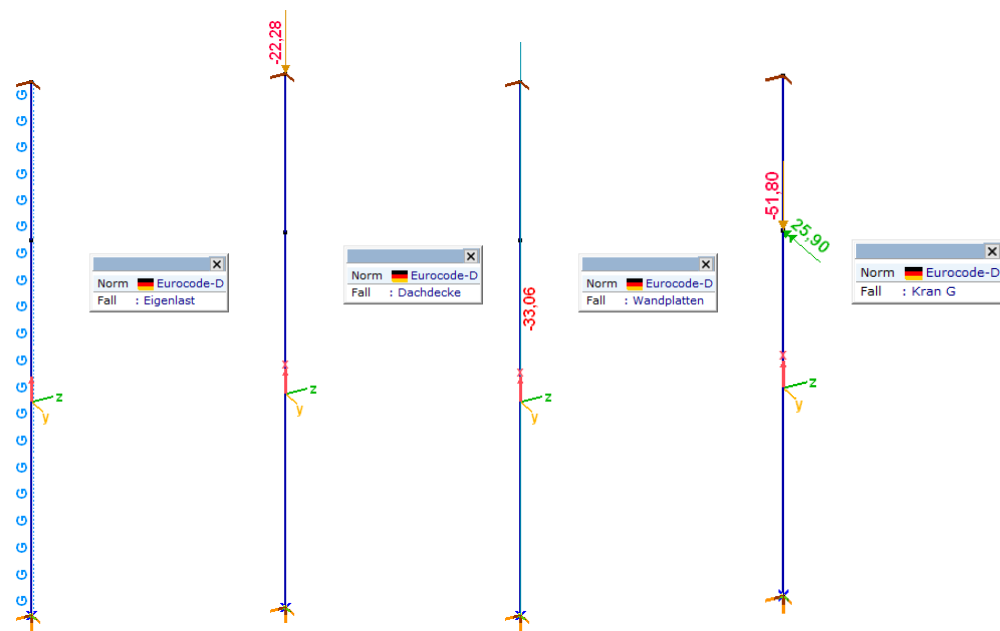


Abbildung 198: Stütze Achsen A, E, ständige Lasten

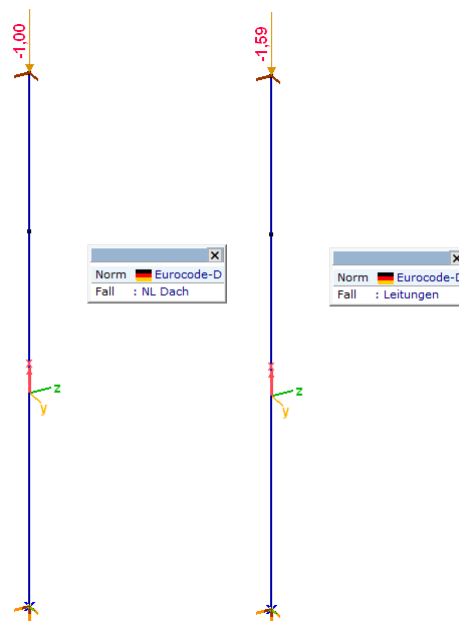


Abbildung 199: Stütze Achsen A, E, Nutzlasten



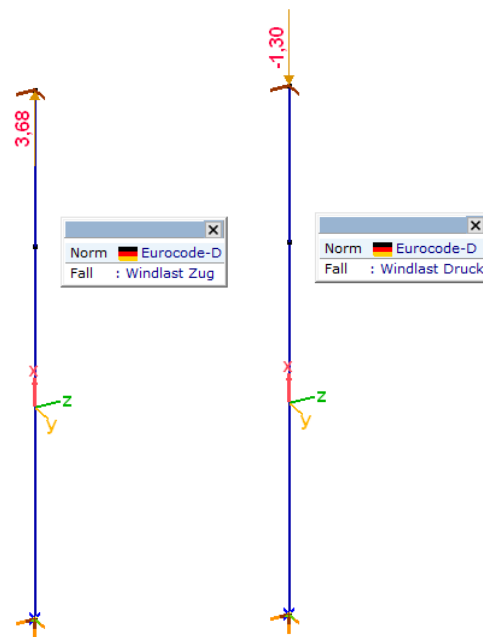


Abbildung 200: Stütze Achsen A, E, Windlast vom Dach

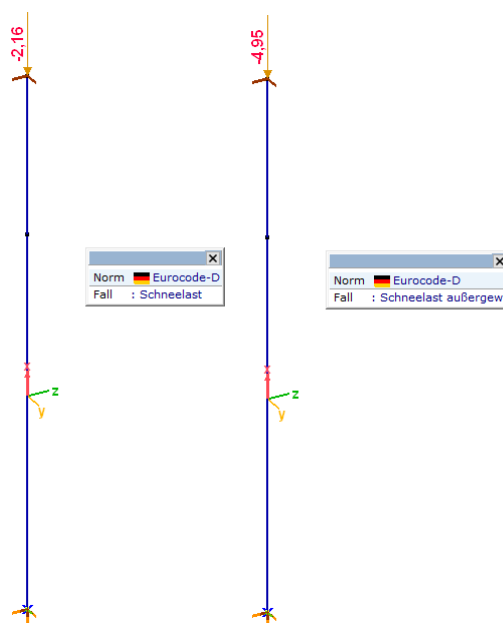


Abbildung 201: Stütze Achsen A, E, Schneebelastung vom Dach





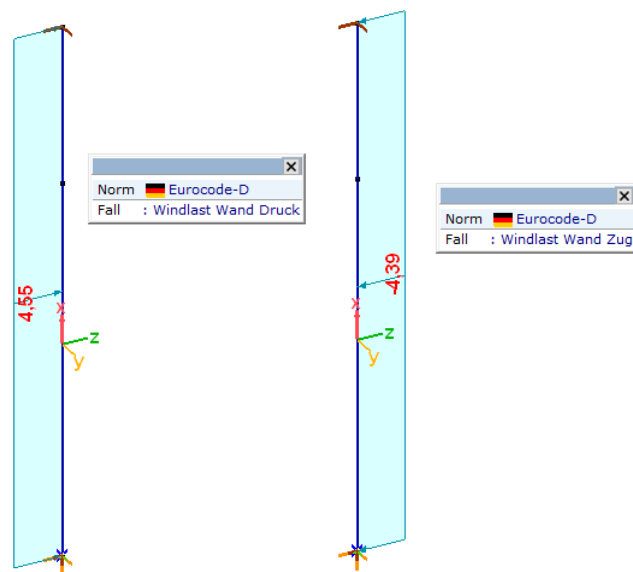


Abbildung 202: Stütze Achsen A,E, direkte Windlast

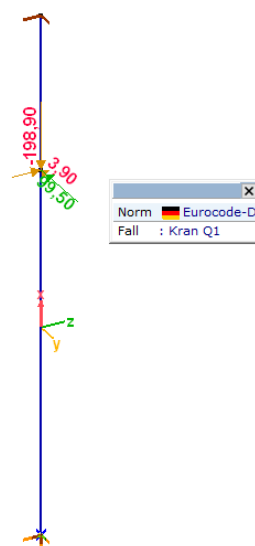


Abbildung 203: Stütze Achsen A, E, veränderliche Kranlast

Tabelle 42: Stütze Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte, Montagephase 1b

| Lastgruppen (Eurocode-D) |                  |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Gruppe                   | Typ              | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{G,inf}$ | $\xi$ | $\gamma$ | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Additive |  |
| 1 Ständige Lasten        | Ständig          | 1,350            |                  | 1,000 |          |          |          |          | ✓        |  |
| 2 Nutzlasten             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 1,000    | 0,900    | 0,800    | ✓        |  |
| 3 Windlast Dach          | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |  |
| 4 Schneelast             | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,500    | 0,200    | 0        |          |  |
| 5 Schneelast außerg.     | aussergewöhnlich |                  |                  |       |          |          |          |          |          |  |
| 6 Windlast Wand          | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,500    | 0,600    | 0,200    | 0        |          |  |
| 7 Kran Q                 | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,350    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |  |
| 8 Kran G                 | Veränderlich     |                  |                  |       | 1,350    | 0,700    | 0,500    | 0,300    |          |  |

## 16.4.2 Ergebnisse

### 16.4.2.1 Auflagerkräfte

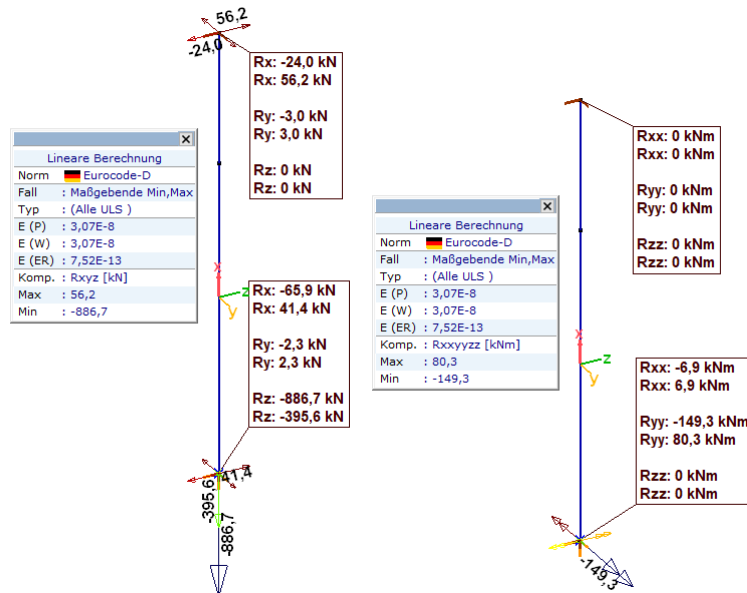


Abbildung 204: Stützen in Achsen A und E, Auflagerkräfte

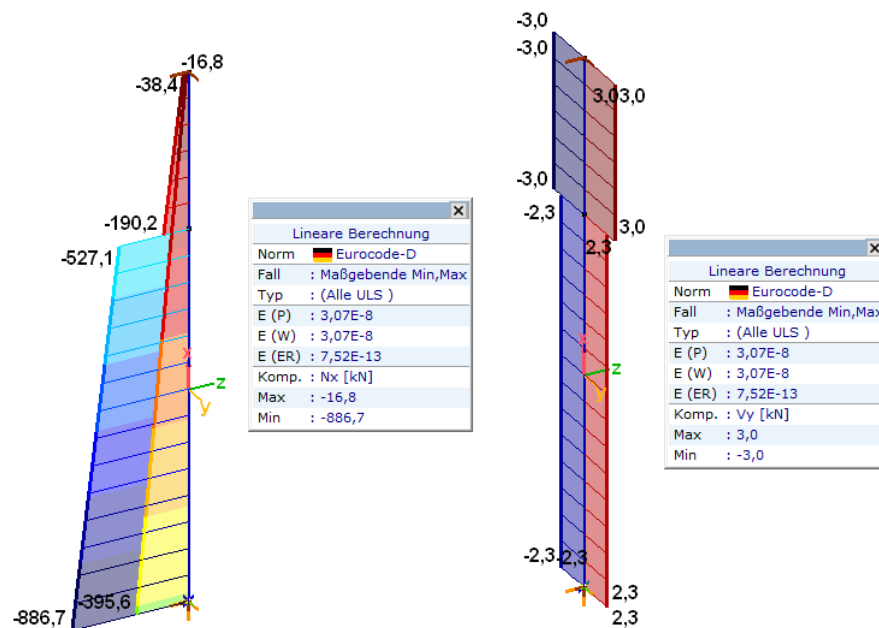
Tabelle 43: Stützen in Achsen A und E, charakteristische Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte (Alle Lastfälle) [Linear] |                      |         |         |         |           |           |           |
|--|----------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Knot.  | Lastfall             | Rx [kN] | Ry [kN] | Rz [kN] | Rxx [kNm] | Ryy [kNm] | Rzz [kNm] |
| 1  | 2 Eigenlast          | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | NL Dach              | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Windlast Zug         | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Dachdecke            | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Leitungen            | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Windlast Druck       | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Schneelast           | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Schneelast außergew. | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Wandplatten          | 0       | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Windlast Wand Druck  | 16,6    | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Windlast Wand Zug    | -16,0   | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Kran G               | 3,7     | 0       | 0       |           |           |           |
|  | Kran Q1              | 27,0    | 2,2     | 0       |           |           |           |
|  | Kran Q2              | 1,1     | -2,2    | 0       |           |           |           |
|  | Kran Q3              | 27,0    | -2,2    | 0       |           |           |           |
|  | Kran Q4              | 1,1     | 2,2     | 0       |           |           |           |
| 2  | 1 Eigenlast          | 0       | 0       | -58,2   | 0         | 0         | 0         |
|  | NL Dach              | 0       | 0       | -1,0    | 0         | 0         | 0         |
|  | Windlast Zug         | 0       | 0       | 3,7     | 0         | 0         | 0         |
|  | Dachdecke            | 0       | 0       | -22,3   | 0         | 0         | 0         |
|  | Leitungen            | 0       | 0       | -1,6    | 0         | 0         | 0         |
|  | Windlast Druck       | 0       | 0       | -1,3    | 0         | 0         | 0         |
|  | Schneelast           | 0       | 0       | -2,2    | 0         | 0         | 0         |
|  | Schneelast außergew. | 0       | 0       | -5,0    | 0         | 0         | 0         |
|  | Wandplatten          | 0       | 0       | -320,7  | 0         | 0         | 0         |
|  | Windlast Wand Druck  | 27,6    | 0       | 0       | 0         | 53,5      | 0         |
|  | Windlast Wand Zug    | -26,6   | 0       | 0       | 0         | -51,6     | 0         |
|  | Kran G               | -3,7    | 0       | -51,8   | 0         | -9,5      | 0         |
|  | Kran Q1              | -4,2    | 1,7     | -198,9  | -5,1      | -6,7      | 0         |
|  | Kran Q2              | -23,9   | -1,7    | -198,9  | 5,1       | -66,5     | 0         |
|  | Kran Q3              | -4,2    | -1,7    | -198,9  | 5,1       | -6,7      | 0         |
|  | Kran Q4              | -23,9   | 1,7     | -198,9  | -5,1      | -66,5     | 0         |

Tabelle 44: Stützen in Achsen A und E, Maßgebende Kombinationen und Auflagerkräfte

| Knotenaullagerkräfte (Linear, (Alle ULS) Maßgebende) |   |         |         |         |         |           |           |           |  | Maßgebende Kombination   |  |
|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|
| Knot.  | K | min.    | Rx [kN] | Ry [kN] | Rz [kN] | Rxx [kNm] | Ryy [kNm] | Rzz [kNm] |  |  |  |
| 1  | 2 | Rx min  | -24,0   | 0       |         |           |           |           |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug), ULS  |  |
|  |   | Rx max  | 56,2    | 3,0     |         |           |           |           |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran G+1,35*Kran Q1) (1,5*0,6*Windlast Wand Druck), ULS  |  |
|  |   | Ry min  | 1,5     | -3,0    |         |           |           |           |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran Q2), ULS   |  |
|  |   | Ry max  | 36,4    | 3,0     |         |           |           |           |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran Q1), ULS  |  |
| 2  | 1 | Rx min  | -65,9   | -1,6    | -778,5  | 4,8       | -149,3    | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug) (1,35*0,7*Kran G+1,35*0,7*Kran Q2), ULS                                 |  |
|  |   | Rx max  | 41,4    | 0       | -401,2  | 0         | 80,3      | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS   |  |
|  |   | Ry min  | -32,2   | -2,3    | -810,1  | 6,9       | -89,8     | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran Q2), ULS   |  |
|  |   | Ry max  | -5,6    | 2,3     | -669,7  | -6,9      | -9,0      | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran Q1), ULS  |  |
|  |   | Rz min  | -10,6   | 2,3     | -886,7  | -6,9      | -21,8     | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran G+1,35*Kran Q1) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck+1,5*0,5*Sc...) |  |
|  |   | Rz max  | 0       | 0       | -395,6  | 0         | 0         | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS  |  |
|  |   | Rxx min | -5,6    | 2,3     | -810,1  | -6,9      | -9,0      | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran Q1), ULS   |  |
|  |   | Rxx max | -32,2   | -2,3    | -669,7  | 6,9       | -89,8     | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran Q2), ULS  |  |
|  |   | Ryy min | -65,9   | -1,6    | -778,5  | 4,8       | -149,3    | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug) (1,35*0,7*Kran G+1,35*0,7*Kran Q2), ULS                                 |  |
|  |   | Ryy max | 41,4    | 0       | -401,2  | 0         | 80,3      | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS   |  |
|  |   | Rzz min | 0       | 0       | -541,6  | 0         | 0         | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten], ULS  |  |
|  |   | Rzz max | 0       | 0       | -401,2  | 0         | 0         | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten], ULS   |  |
| Ext.   | 1 | Rx min  | -65,9   | -1,6    | -778,5  | 4,8       | -149,3    | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug) (1,35*0,7*Kran G+1,35*0,7*Kran Q2), ULS                                 |  |
|  |   | Rx max  | 56,2    | 3,0     |         |           |           |           |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran G+1,35*Kran Q1) (1,5*0,6*Windlast Wand Druck), ULS  |  |
|  |   | Ry min  | 1,5     | -3,0    |         |           |           |           |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran Q2), ULS   |  |
|  |   | Ry max  | 36,4    | 3,0     |         |           |           |           |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran Q1), ULS  |  |
|  |   | Rz min  | -10,6   | 2,3     | -886,7  | -6,9      | -21,8     | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran G+1,35*Kran Q1) (1,5*1*NL Dach+1,5*1*Leitungen+1,5*0,6*Windlast Druck+1,5*0,5*Sc...) |  |
|  |   | Rz max  | 0       | 0       | -395,6  | 0         | 0         | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Zug), ULS  |  |
|  |   | Rxx min | -5,6    | 2,3     | -810,1  | -6,9      | -9,0      | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,35*Kran Q1), ULS   |  |
|  |   | Rxx max | -32,2   | -2,3    | -669,7  | 6,9       | -89,8     | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,35*Kran Q2), ULS  |  |
|  |   | Ryy min | -65,9   | -1,6    | -778,5  | 4,8       | -149,3    | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Zug) (1,35*0,7*Kran G+1,35*0,7*Kran Q2), ULS                                 |  |
|  |   | Ryy max | 41,4    | 0       | -401,2  | 0         | 80,3      | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] (1,5*Windlast Wand Druck), ULS   |  |
|  |   | Rzz min | 0       | 0       | -541,6  | 0         | 0         | 0         |  | [1,35*Eigenlast+1,35*Dachdecke+1,35*Wandplatten], ULS  |  |
|  |   | Rzz max | 0       | 0       | -401,2  | 0         | 0         | 0         |  | [Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten], ULS   |  |

## 16.4.2.2 Schnittkräfte



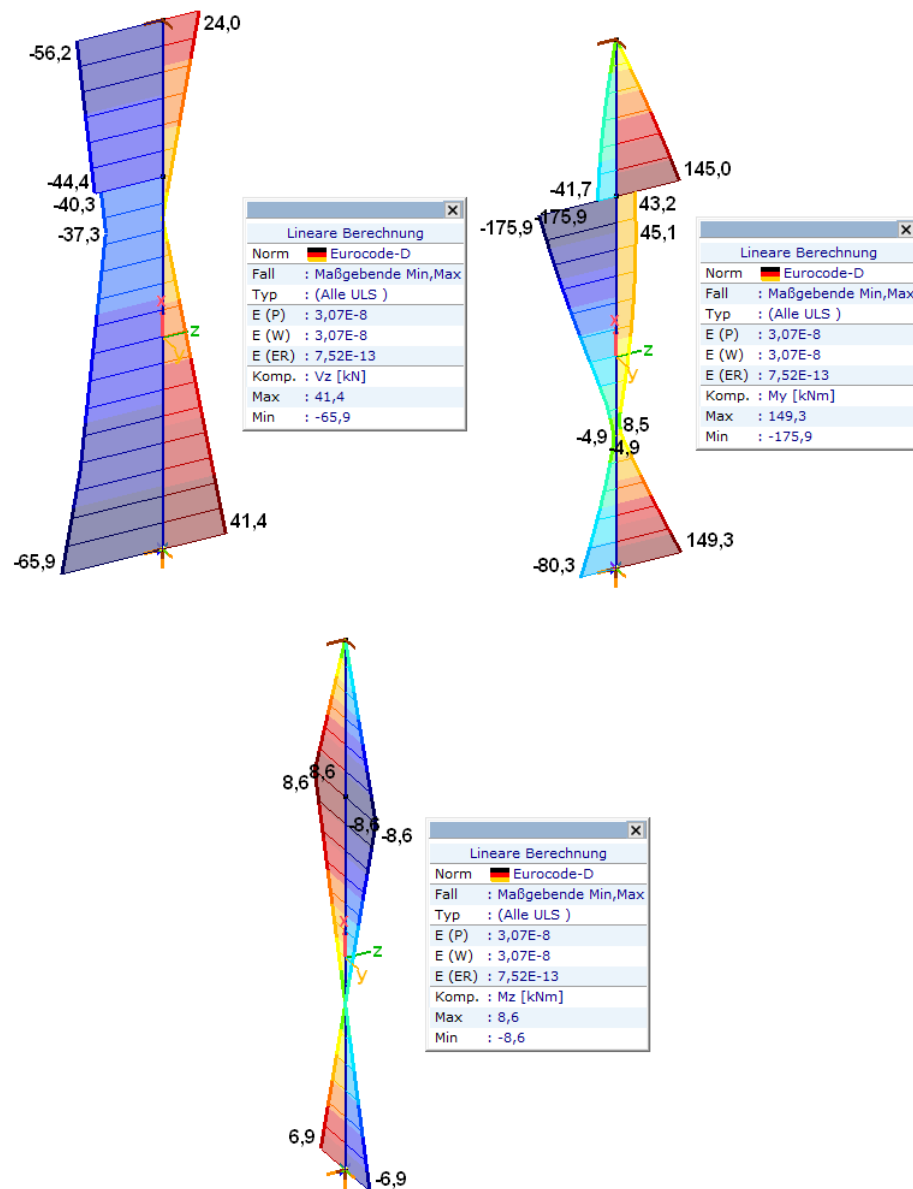


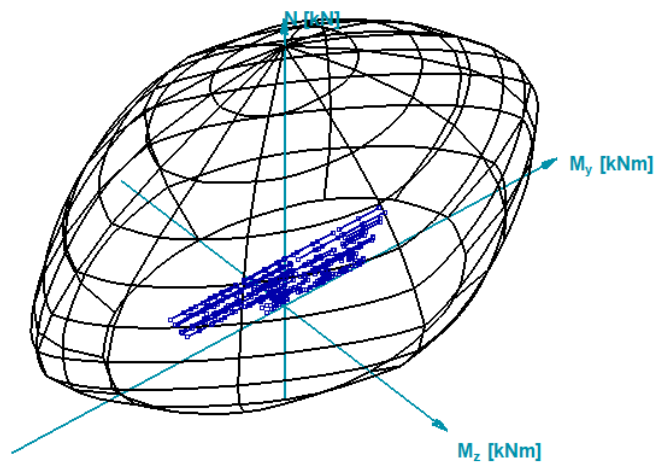
Abbildung 205: Stützen in Achsen A und E, Schnittkräfte

#### 16.4.2.3 Bewehrung

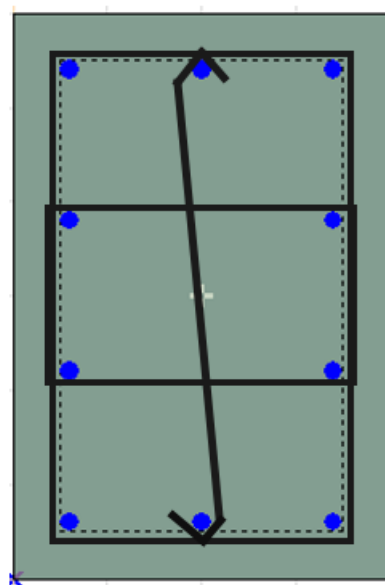
Gewählt:

Längsbewehrung: 10#20

Bügel: #10/150 (am Stützenrand #10/100)



| Eurocode-D                           |          |          |
|--------------------------------------|----------|----------|
| Fall : Linear,(Auto) Maßgebende      |          |          |
| $f_{yk} = 1,000$                     |          |          |
| N [kN]                               | My [kNm] | Mz [kNm] |
| min/max                              |          |          |
| -5336,64                             | 0        | 0        |
| 1365,91                              | 0        | 0        |
|                                      | min/max  |          |
| -1800,00                             | -506,55  | 0        |
| -1800,00                             | 506,55   | 0        |
|                                      |          | min/max  |
| -1700,00                             | 0        | -344,81  |
| -1700,00                             | 0        | 344,81   |
| C30/37                               |          |          |
| Querschnitt 400x600                  |          |          |
| $A_c$ [mm <sup>2</sup> ] = 240000,00 |          |          |
| B500B                                |          |          |
| Bewehrung 10#20                      |          |          |
| $A_s/A_c$ [%] = 1,31                 |          |          |
| Ausnutzung(M-N)                      |          |          |
| $\eta(N = \text{konst.}) = 0,496$    |          |          |



Die berechnete Ausnutzung des bewehrten Säulenquerschnitts im Nutzungszustand 1b beträgt 50%.

Das detaillierte Bemessungsraport befindet sich in Anlage 7 „Bemessung der Stützen“.

#### 16.4.2.4 Stützenschuhe

Stützenschuhe wurde für zwei Lastfälle bemessen:

- Lasten aus der Montagephase 1b,
- Lasten aus der Nutzungsphase



Das detaillierte Berechnungsraport befindet sich in der Anlage 8 „Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen“

Gewählt: **Peikko 10xHPKM24 (Stützenschuhe) + 10xHPM24P-1360 (Bolzen)**

## 16.5 Stützenkonsole für Kranbahnträger

### 16.5.1 Belastung

Kran (Pos.3.3)

$F_z = 344,6 \text{ kN}$     Angenommen  $F_z = 380 \text{ kN}$

$H_L = 30,4 \text{ kN}$     Angenommen  $H_L = 0,2 \times F_z = 76 \text{ kN}$

### 16.5.2 Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse befinden sich in Anlage 9 „Berechnung der Stützenkonsolen“.



## 17 POSITION: STAHLBÜHNE

### 17.1 Gitterroste

Es wurden durch Gabelstapler befahrbare Gitterroste entworfen.

Stahlsorte: S235 (St 37-2), Tragstab 70/5

Maschenteilung: 33,3 x 33,3 mm

Rutschhemmungsklasse R12

Belastung gemäß 2.2.2., Lastaufstandsfläche 200 x 200 mm

| Befahrbare Gitterroste mit Gabelstapler, Luftbereifung, Belastung nach DIN EN 1991-1-1:2010-12 |   |                        |      |       |       |       |       |       |       |       | S235 JR+N (St 37-2) |       |       |       |       |
|--|---|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Belastung  |   | Lichte Stützweite [mm] |      |       |       |       |       |       |       |       |                     |       |       |       |       |
|  |   | 200                    | 300  | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1.000 | 1.100               | 1.200 | 1.300 | 1.400 | 1.500 |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 3,1 to<br>13 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm   | 30/4                   | 30/5 | 40/5  | 50/4  | 50/5  | 60/4  | 60/5  | 60/5  | 70/5  | 70/5                | 80/4  | 80/5  | 80/5  | 90/5  |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 4,6 to<br>20 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm   | 30/4                   | 40/5 | 50/5  | 60/4  | 60/5  | 70/5  | 70/5  | 80/5  | 80/5  | 90/5                | 90/5  | 100/5 | 100/5 | 110/5 |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 6,9 to<br>31,5 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm | 35/5                   | 50/5 | 60/5  | 70/5  | 80/5  | 90/5  | 90/5  | 100/5 | 110/5 | 110/5               | 120/5 | 120/5 | 130/5 | 130/5 |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 10 to<br>45 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm    | 45/5                   | 60/5 | 70/5  | 80/5  | 100/5 | 100/5 | 110/5 | 120/5 | 130/5 | 130/5               | 140/5 | 150/5 | 150/5 | -     |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 15 to<br>70 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm    | 50/5                   | 70/5 | 90/5  | 110/5 | 120/5 | 130/5 | 140/5 | 150/5 | -     | -                   | -     | -     | -     | -     |
| Gesamtlast<br>Raddruck<br>LA   | 19 to<br>85 kN (Q <sub>k</sub> )<br>200 x 200 mm    | 60/5                   | 80/5 | 100/5 | 120/5 | 130/5 | 140/5 | 150/5 | -     | -     | -                   | -     | -     | -     | -     |

Die Berechnung der Tragstäbe erfolgte unter Berücksichtigung eines dynamischen Vergrößerungsfaktors (Bremsfaktor/Schwingbeiwert) von 1,4.

Maximale lichte Stützweite: 500 mm

Maximale Durchbiegung nicht größer als 1/200 L.



## 17.2 Tragwerk – sekundäre Balken

### 17.2.1 Statisches System

Die sekundären Balken wurden als freiaufliegende Balken aus Stahlprofil HEA180 (Stahlsorte S235JR) entworfen.

Belastung gemäß 2.1.6 und 2.2.2.

### 17.2.2 Bemessung

Max. Stützweite: 274 cm (Achsenabstand)

Lasteinzugsbreite: 68 cm

Belastung Gitterroste (char.):  $1,1 \text{ kN/m}^2 \times 0,68 \text{ m} = 0,75 \text{ kN/m}$

Nutzlast Gabelstapler (char.):

- Radlast: 31,5 kN, Spurweite 1 m
- Gleichmäßige Last:  $17,5 \text{ kN/m}^2 \times 0,68 \text{ m} = 11,9 \text{ kN/m}$

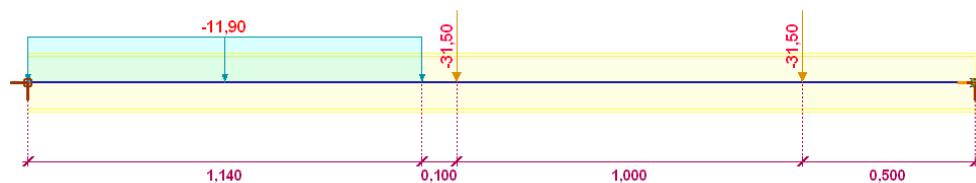


Abbildung 206: Belastung sekundärer Balken

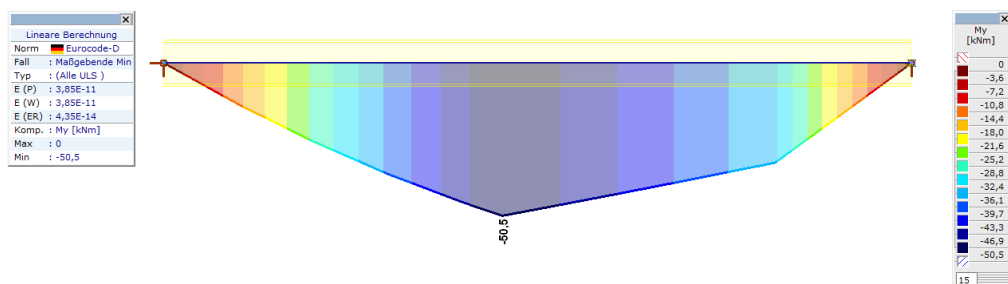




Abbildung 207: Biegemoment  $M_y$  sekundärer Balken

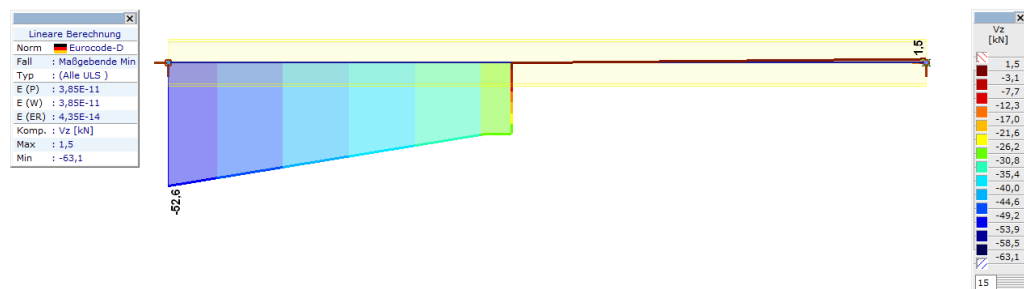


Abbildung 208: Min. Schnittkraft  $V_z$  sekundärer Balken

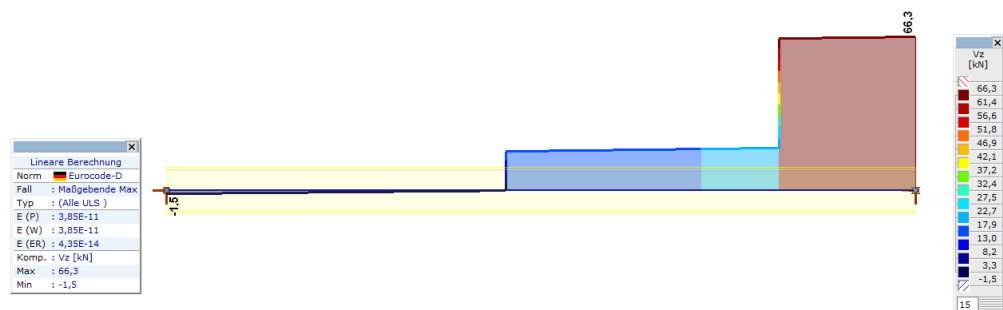


Abbildung 209: Max. Schnittkraft  $V_z$  sekundärer Balken

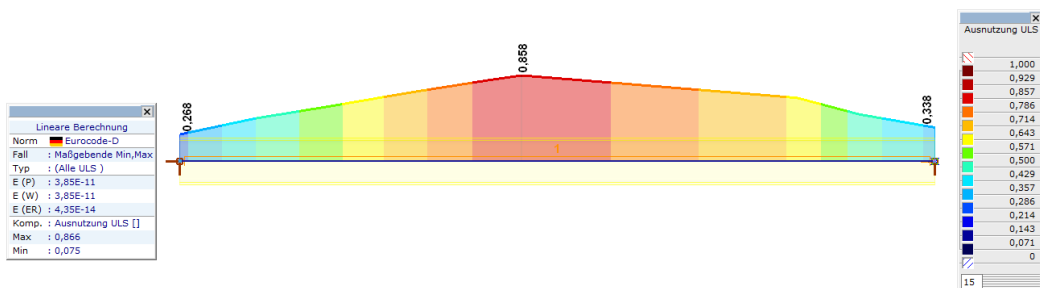


Abbildung 210: Ausnutzung ULS

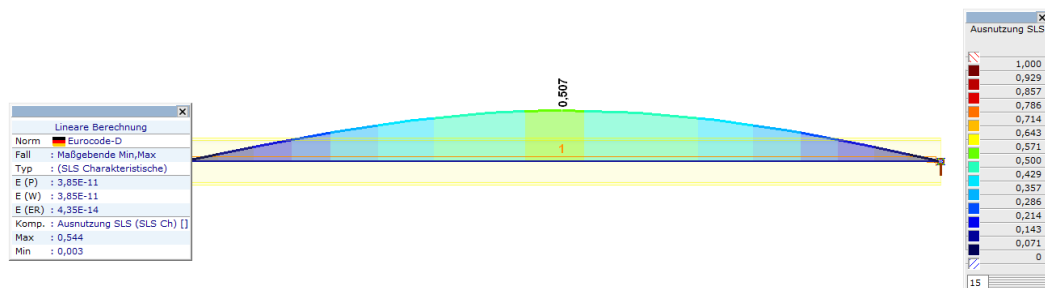


Abbildung 211: Ausnutzung SLS

Das gewählte Stahlprofil HEA180 (Stahlsorte S235JR) erfüllt die Bedingungen.

## 17.3 Haupttragwerk

### 17.3.1 Statisches System

Das Haupttragwerk wurde aus Stahlprofil HEA240 (Stahlsorte S235JR) mit eingespannten Knoten Stütze-Riegel und mit Gelenkverbindung an die Fundamentplatte entworfen.

Die Riegel wurden mit gleichmäßigen Lasten statt mit Reaktionen aus sekundären Balken belastet. Belastung gemäß 2.1.6 und 2.2.2.

### 17.3.2 Bemessung

Die Haupttragstruktur besteht aus einer Reihe von separaten Stahlrahmen, bei denen sowohl die Träger als auch die Stützen aus HEA240-Profilen (Stahlsorte S235) gefertigt sind. Die Verbindungen der Träger und Stützen sowie die Verbindungen der Stützen mit der Fundamentplatte sind fest. Zur Bemessung wurden vier Belastungsschemata erstellt. In jedem Schema wird das Eigengewicht der Gitterroste und der Unterkonstruktion berücksichtigt. Das Gewicht der sekundären Balken wird als gleichmäßige Last berücksichtigt.

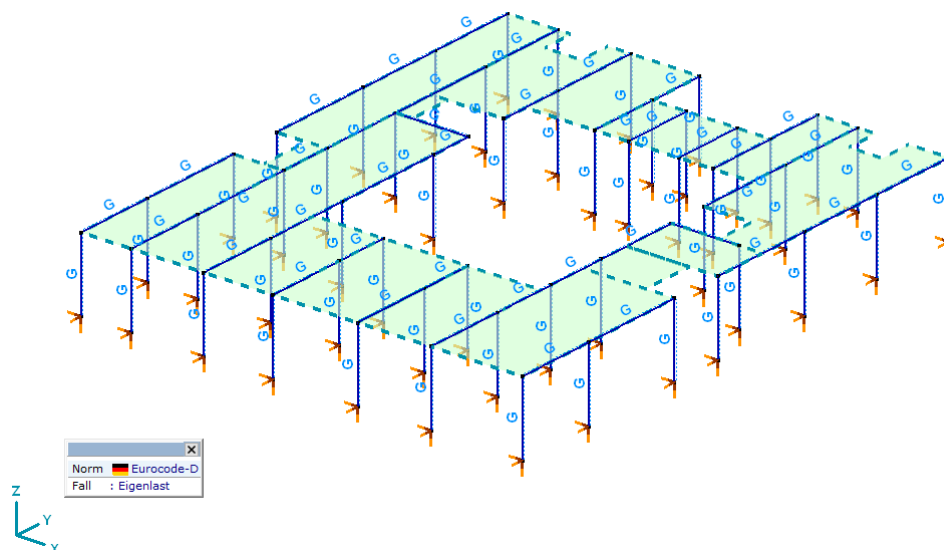


Abbildung 212: Tragkonstruktion Eigenlast

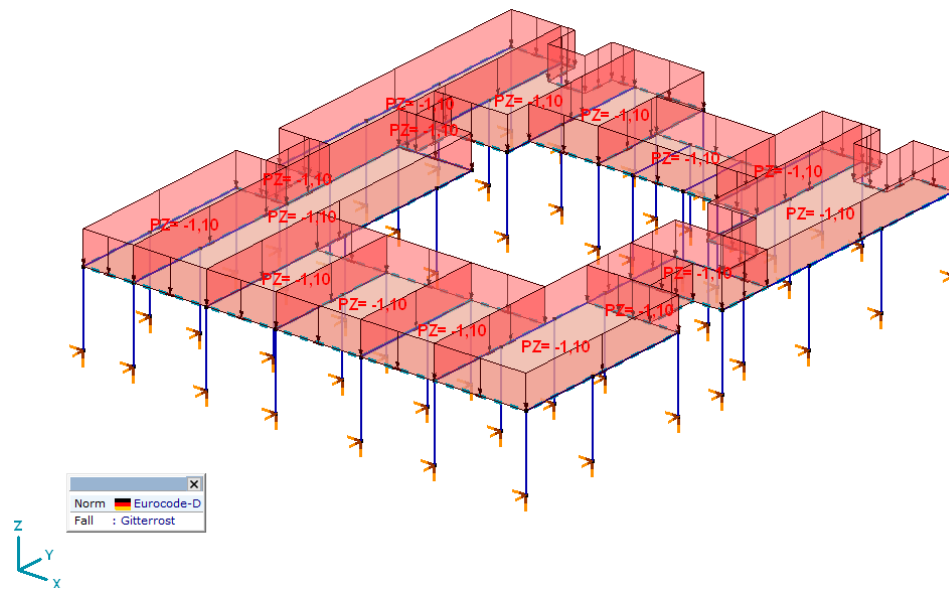


Abbildung 213: Gitterrost Eigenlast

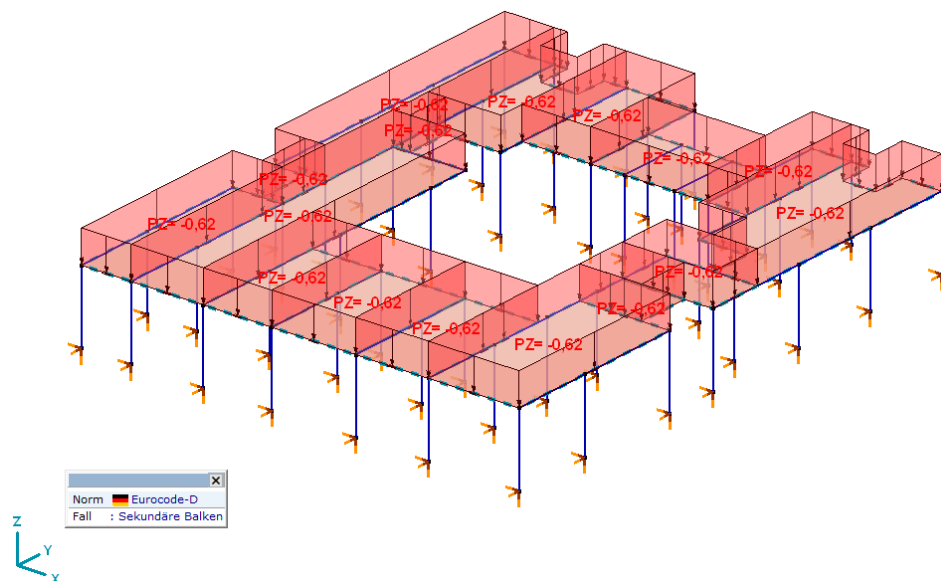


Abbildung 214: Sekundäre Balken Eigenlast (gleichmäßig verteilt)

Darüber hinaus wurden die folgenden Lasten berücksichtigt:

Schema 1 - in diesem Schema wird die längste Spannweite jedes Rahmens mit der maximalen Last pro Gabelstaplerachse (Abschnitt 2.2.2) belastet. Diese Last wird in der Mitte der Spannweite platziert. Bei den unmittelbar an der Wand gelegenen wurde die Last um 60 cm (die Hälfte der Gabelstaplerbreite) von der Wand versetzt. Die übrigen Felder wurden mit einer zusätzlichen gleichmäßig verteilten Last von 17,5 kN/m<sup>2</sup> belastet, die von der entsprechenden Laseinzugsbreite aufgenommen wurde.



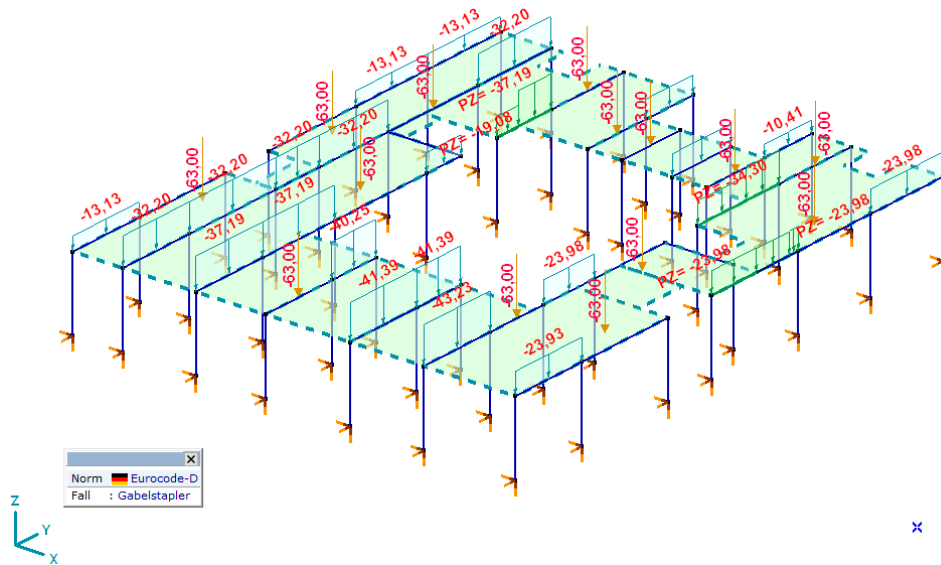


Abbildung 215: Gabelstaplerbelastung (Schema 1)

Schema 2 - in diesem Schema wird eine gleichmäßig verteilte Nutzlast von 20 kN/m<sup>2</sup> aufgebracht (Abschnitt 2.2.1).

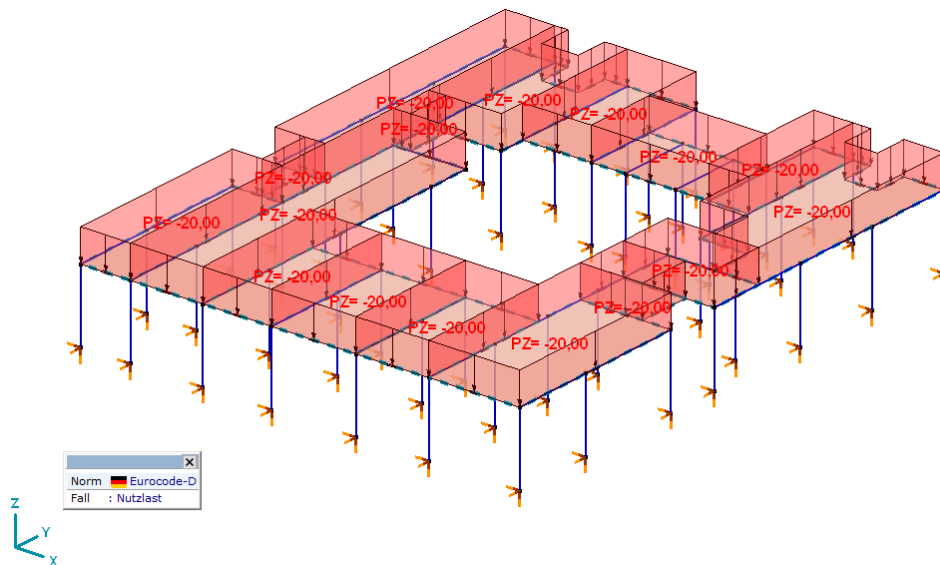


Abbildung 216: Nutzlast (Schema 2)



Die größte Ausnutzung der Stahlprofile ist im Schema 2. Die Ergebnisse für dieses Schema sind nachstehend aufgeführt.

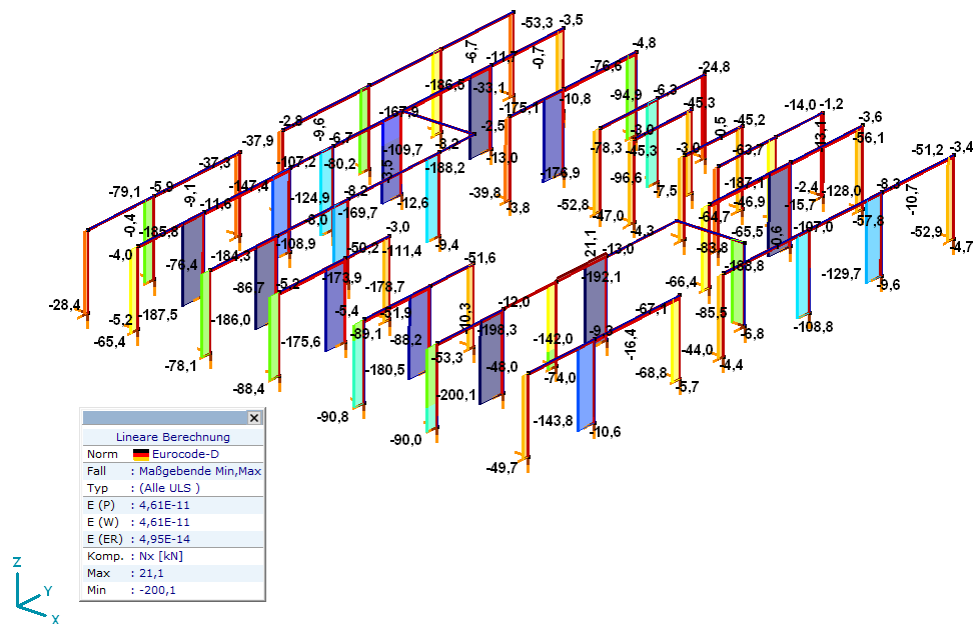


Abbildung 217: Normallast (Min/Max)

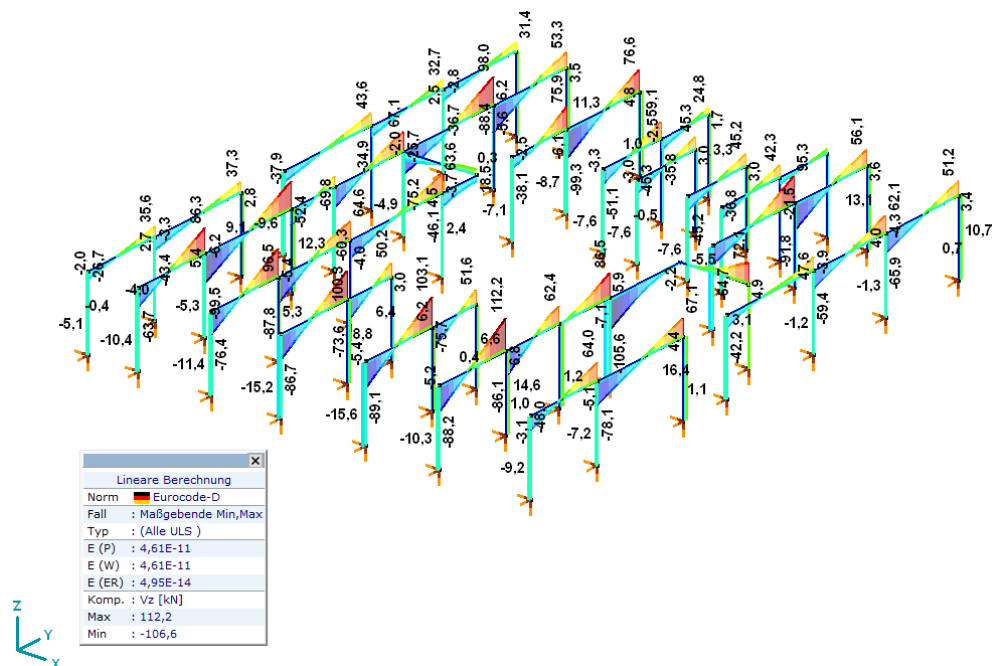


Abbildung 218: Vertikallast Vz (Min/Max)

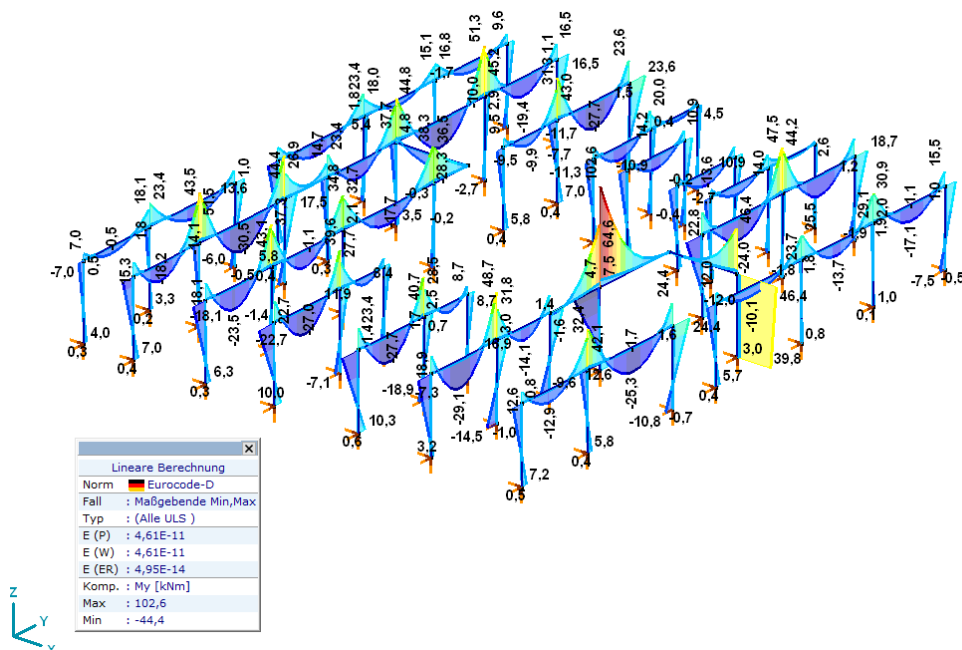


Abbildung 219: Biegemomente My (Min/Max)

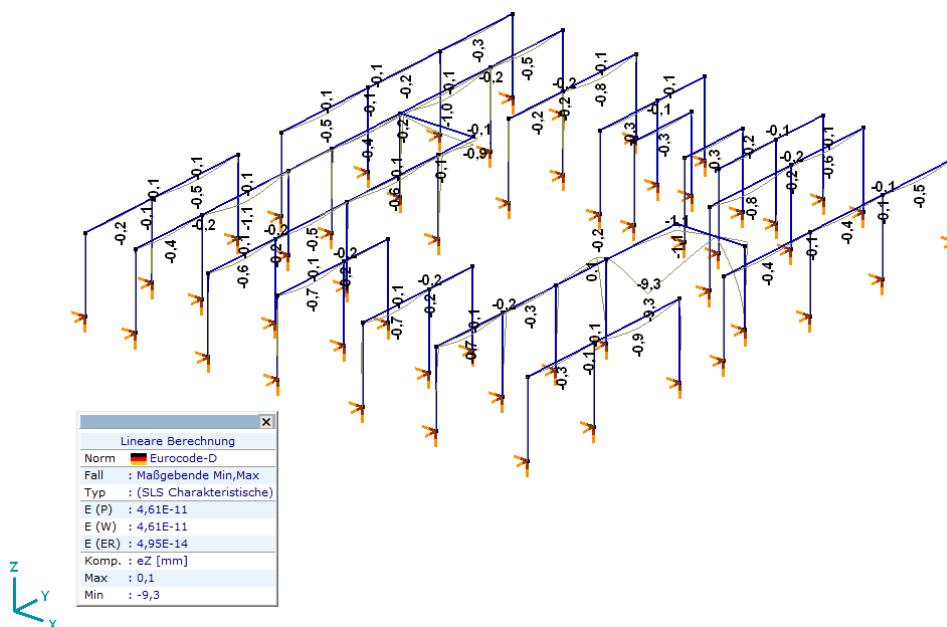


Abbildung 220: Deformationen

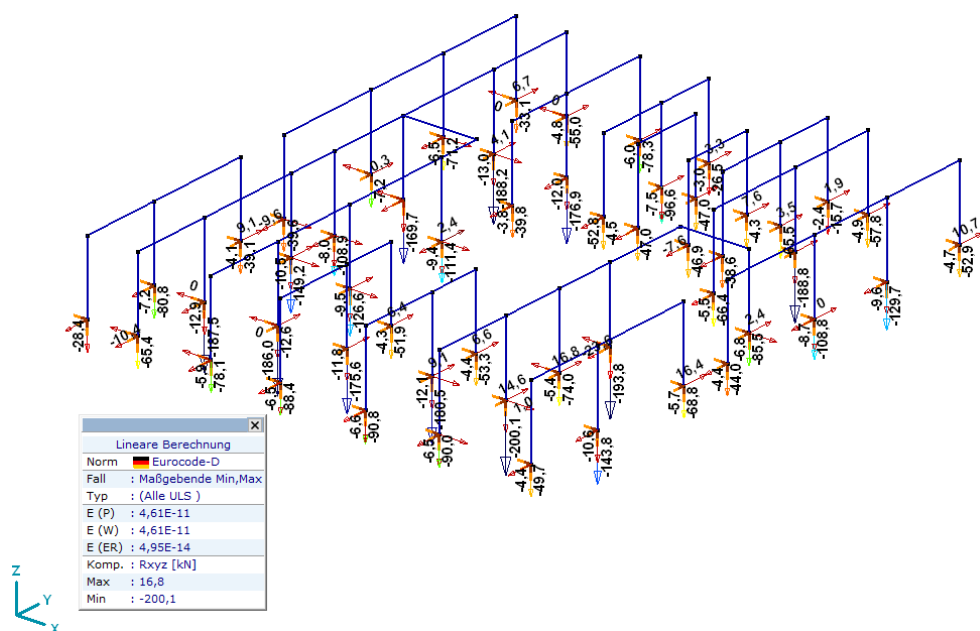


Abbildung 221: Auflagerkräfte (Min/Max)

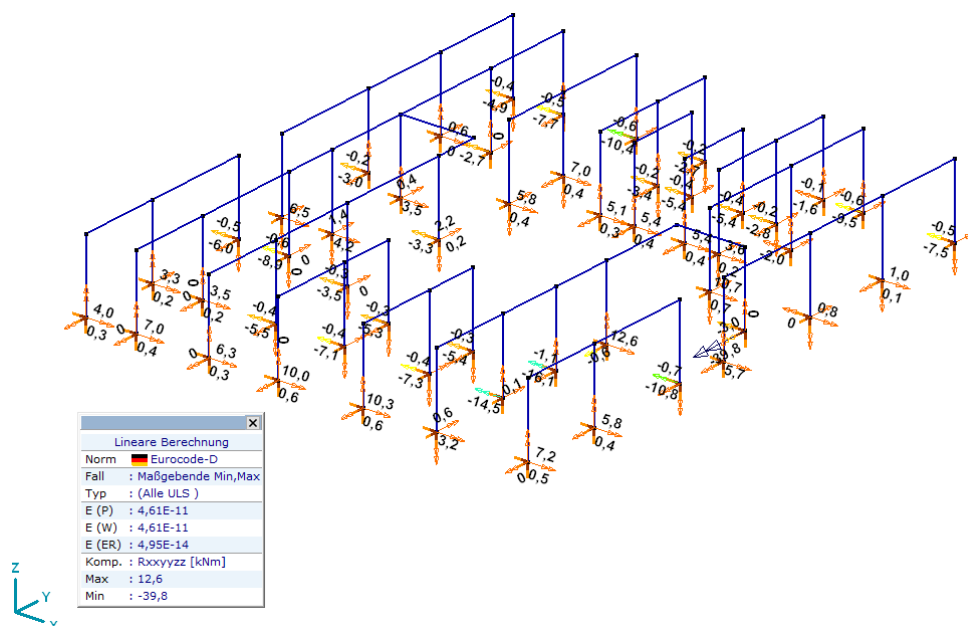


Abbildung 222: Auflagemomente (Min/Max)

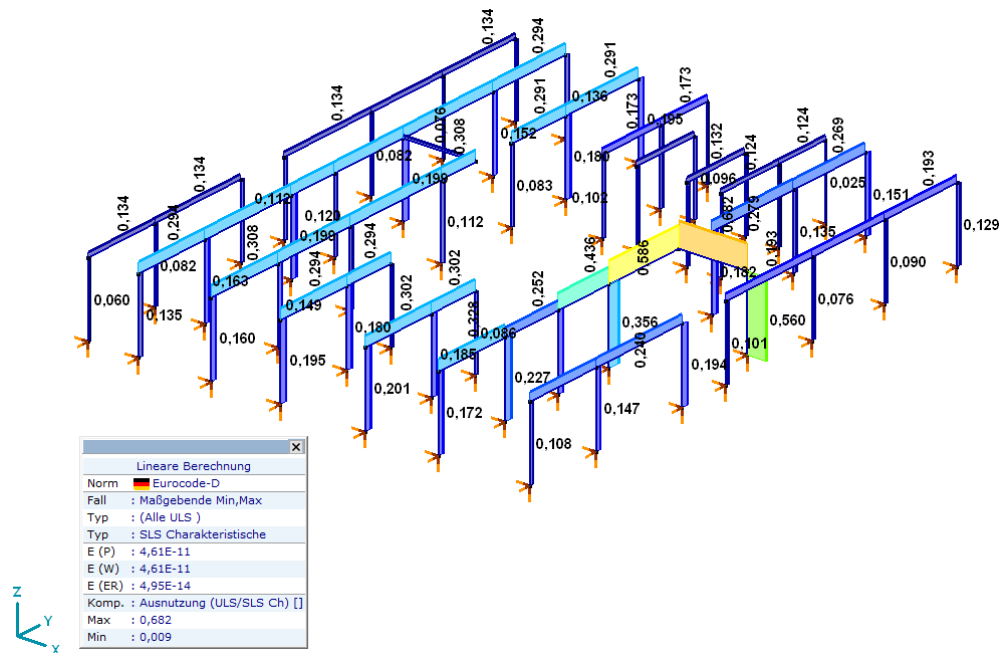


Abbildung 223: Ausnutzung der Stahlprofile im Schema 2 (ULS/SLS)

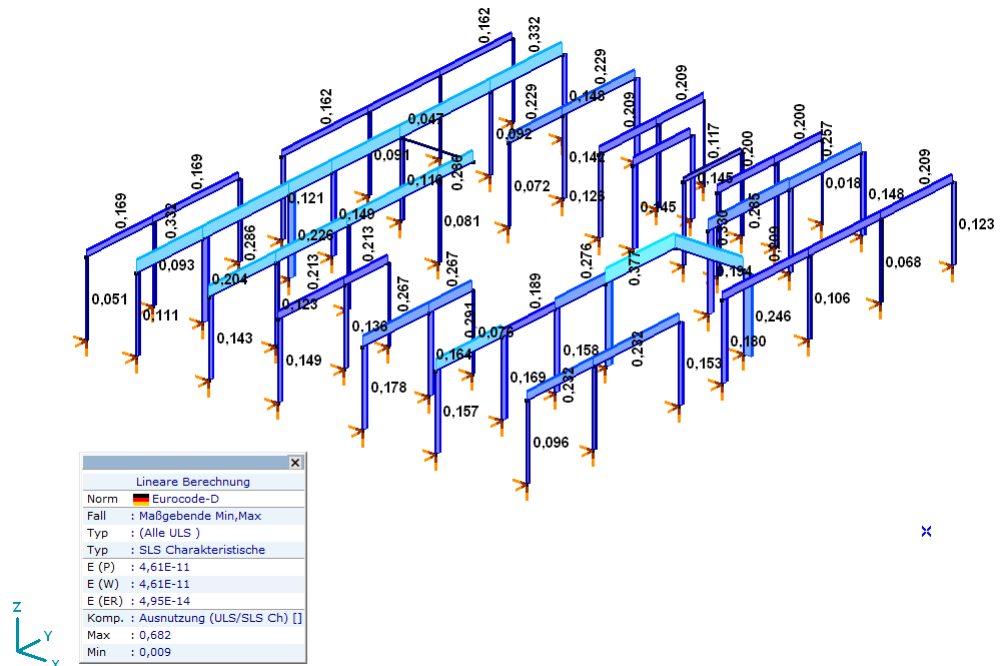


Abbildung 224: Ausnutzung der Stahlprofile im Schema 1 (ULS/SLS)

Gewählte Stahlprofile (S235):

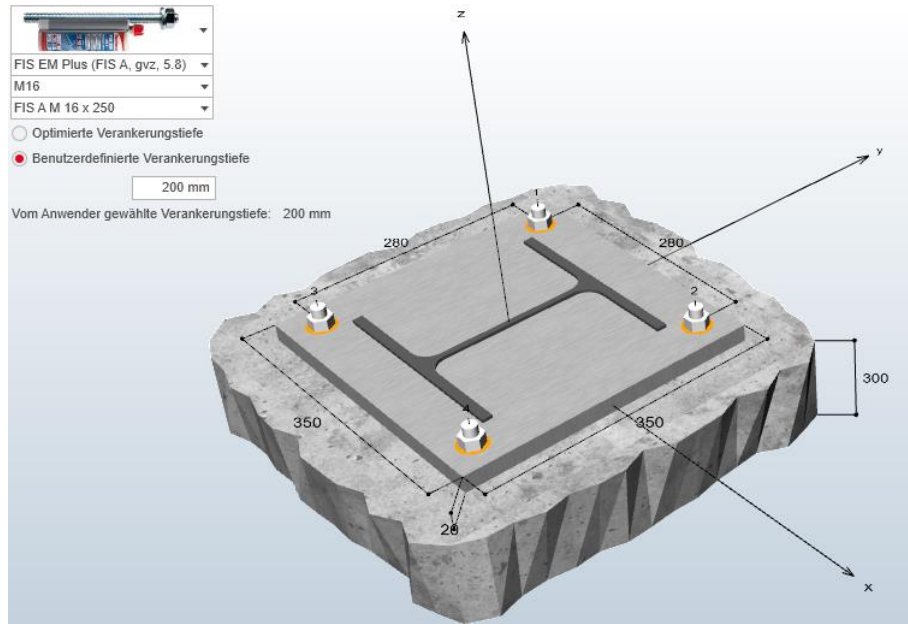
- Stützen: HEA240
- Hauptbalken: HEA240
- Sekundäre Balken: HEA180



### 17.3.3 Verankerung im Fundament

Gewählt je Stütze:

4 Anker Fischer FIS A (gvz., 5.8) M16 x 250 + FIS EM Plus



| # | Belastungsart                | Lasttyp         | N         | Vx      | Vy       | Mx        | My       | Mz    |        |        |        |
|---|------------------------------|-----------------|-----------|---------|----------|-----------|----------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -52,6 kN  | 2,4 kN  | -4,1 kN  | -22,9 kNm | -5,2 kNm | 0 kNm | 90,7 % | 3,2 %  | 77,4 % |
|   |                              | davon Dauerlast | -52,6 kN  | 0 kN    | 0 kN     | -22,9 kNm | 5,2 kNm  | 0 kNm |        |        |        |
| 2 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -71,1 kN  | 2,2 kN  | 6,4 kN   | -26 kNm   | -4,9 kNm | 0 kNm | 92,8 % | 4,5 %  | 79,9 % |
|   |                              | davon Dauerlast | -71,1 kN  | 0 kN    | 0 kN     | -26 kNm   | -4,9 kNm | 0 kNm |        |        |        |
| 3 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -175,7 kN | -2,5 kN | -19,1 kN | 10,4 kNm  | -5,4 kNm | 0 kNm | 1,3 %  | 12,8 % | 2,7 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -175,7 kN | 0 kN    | 0 kN     | 10,4 kNm  | -5,4 kNm | 0 kNm |        |        |        |
| 4 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -68,8 kN  | 0 kN    | 16,4 kN  | -10,8 kNm | 0 kNm    | 0 kNm | 8,1 %  | 10,9 % | 4,3 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -68,8 kN  | 0 kN    | 0 kN     | 10,8 kNm  | 0 kNm    | 0 kNm |        |        |        |
| 5 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -199,2 kN | 0 kN    | 12,7 kN  | -12,3 kNm | 1 kNm    | 0 kNm | 0,0 %  | 8,4 %  | 0,0 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -199,2 kN | 0 kN    | 0 kN     | 12,3 kNm  | 1 kNm    | 0 kNm |        |        |        |
| 6 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -81,2 kN  | 0 kN    | 13,6 kN  | -12,9 kNm | -1 kNm   | 0 kNm | 10,3 % | 9,0 %  | 4,8 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -81,2 kN  | 0 kN    | 0 kN     | 12,9 kNm  | 1 kNm    | 0 kNm |        |        |        |
| 7 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -67,4 kN  | 0 kN    | -16,9 kN | 11,9 kNm  | 0 kNm    | 0 kNm | 17,5 % | 11,2 % | 9,4 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -67,4 kN  | 0 kN    | 0 kN     | 11,9 kNm  | 0 kNm    | 0 kNm |        |        |        |
| 8 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -111,4 kN | 1 kN    | 2,4 kN   | -3,3 kNm  | 2,2 kNm  | 0 kNm | 0,0 %  | 1,7 %  | 0,0 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -111,4 kN | 0 kN    | 0 kN     | -3,3 kNm  | 2,2 kNm  | 0 kNm |        |        |        |
| 9 | Statisch oder quasi-statisch | Bemessungslast  | -108,9 kN | 1 kN    | -6 kN    | 4,2 kNm   | 1,4 kNm  | 0 kNm | 0,0 %  | 4,0 %  | 0,0 %  |
|   |                              | davon Dauerlast | -108,9 kN | 0 kN    | 0 kN     | 4,2 kNm   | 1,4 kNm  | 0 kNm |        |        |        |



## ANLAGEN

### Anlage 1: Schnee- und Windlastparameter



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

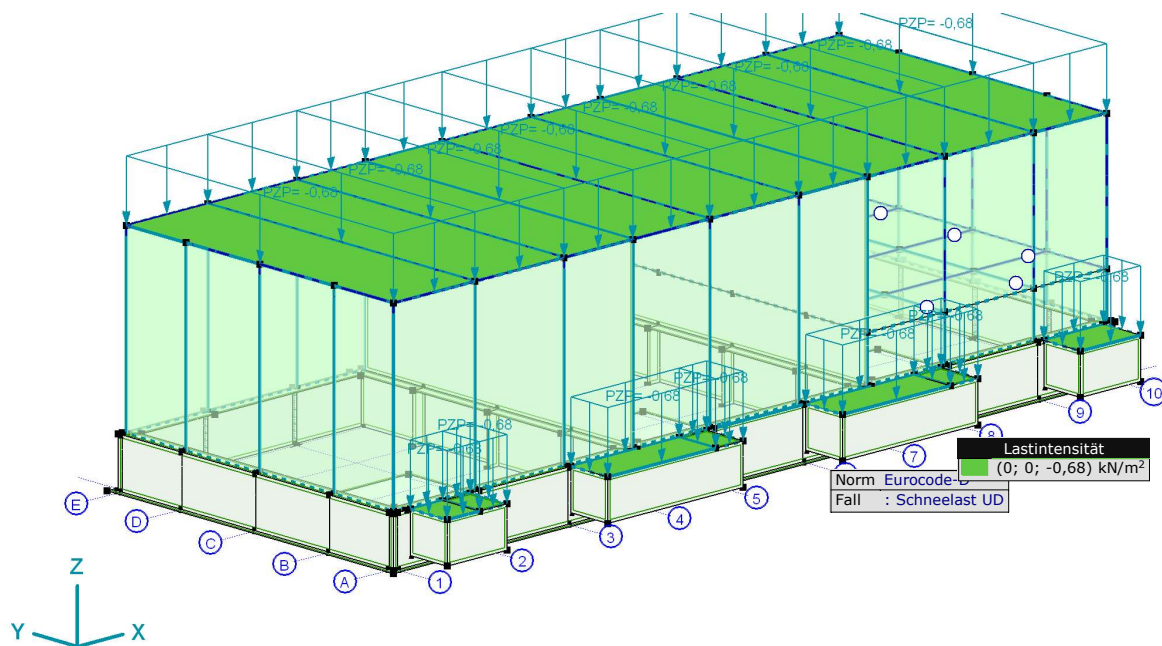
## Schneelastparameter

Schneelastparameter

|  | $A [m]$ | $C_e [-]$ | $C_t [-]$ | $C_{esl} [-]$ | $s_k [kN/m^2]$ | $s_{Ad} [kN/m^2]$ | Zone   | $\mu_1(0^\circ) [-]$ |
|--|---------|-----------|-----------|---------------|----------------|-------------------|--------|----------------------|
|  | 7,0     | 1,000     | 1,000     | 2,300         | 0,85           | 1,95              | Zone 2 | 0,800                |

**A:** Höhe über dem Meeresspiegel; **C<sub>e</sub>:** Expositionsbeiwert; **C<sub>t</sub>:** Temperaturkoeffizient; **C<sub>esl</sub>:** Beiwert für aussergewöhnliche Schneelasten; **s<sub>k</sub>:** Charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden; **s<sub>Ad</sub>:** Bemessungswert für aussergewöhnliche Schneelasten auf dem Boden; **μ<sub>1</sub>(0°):** Grundwert des Formbeiwerts;

## Lasfall normal



Schneelast UD

## Projekt:

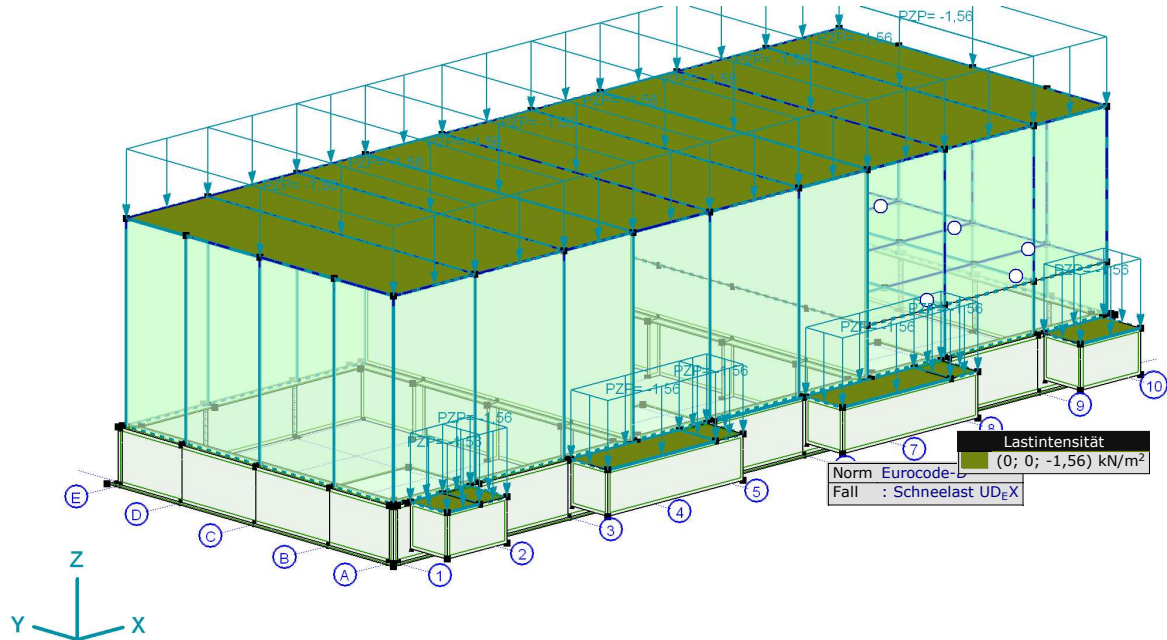
Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

## Lastfall außergewöhnlich



Schneelast UD\_EX

## Windlastparameter

Windlast Parameter [Halle]

|  | Richtung             | Gelände-kategorie | $z_0$<br>[m] | $z_{min}$<br>[m] | $I_v$<br>[kN/m²] | $v_m$<br>[m/s] | $q_p$<br>[kN/m²] | $\varphi$ [°] |
|--|----------------------|-------------------|--------------|------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|
|  | X+                   | II                | 0,050        | 4,000            | 0,191            | 24,9           | 0,83             | 0             |
|  | X-                   | II                | 0,050        | 4,000            | 0,191            | 24,9           | 0,83             | 0             |
|  | Y+                   | II                | 0,050        | 4,000            | 0,191            | 24,9           | 0,83             | 0             |
|  | Y-                   | II                | 0,050        | 4,000            | 0,191            | 24,9           | 0,83             | 0             |
|  | $v_{b0} = 25,0$ m/s  |                   |              |                  |                  |                |                  |               |
|  | $c_{season} = 1,000$ |                   |              |                  |                  |                |                  |               |
|  | $c_o = 1,000$        |                   |              |                  |                  |                |                  |               |

$z_0$ ,  $z_{min}$ : Geländeparameter;  $I_v$ : Turbulenzfaktor;  $v_m$ : Bemessungswindgeschwindigkeit;  $q_p$ : Maximaler Winddruck;  $\varphi$ : Windrichtung relativ zum Grat;

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.P.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m²] | $w_i$<br>[kN/m²] | $w$<br>[kN/m²] |
|------|----------|----------|------------------|------------------|----------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99            | 0                | -0,99          |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66            | 0                | -0,66          |
| C    | -0,500   | 0        | -0,41            | 0                | -0,41          |
| D    | 0,700    | 0        | 0,58             | 0                | 0,58           |
| E    | -0,300   | 0        | -0,25            | 0                | -0,25          |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m²] | $w_i$<br>[kN/m²] | $w$<br>[kN/m²] |
|------|----------|----------|------------------|------------------|----------------|
| F    | -1,800   | 0        | -1,49            | 0                | -1,49          |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99            | 0                | -0,99          |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58            | 0                | -0,58          |
| I    | 0,200    | 0        | 0,17             | 0                | 0,17           |
| FR   | 0,010    | 0        | 0,01             | 0                | 0,01           |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

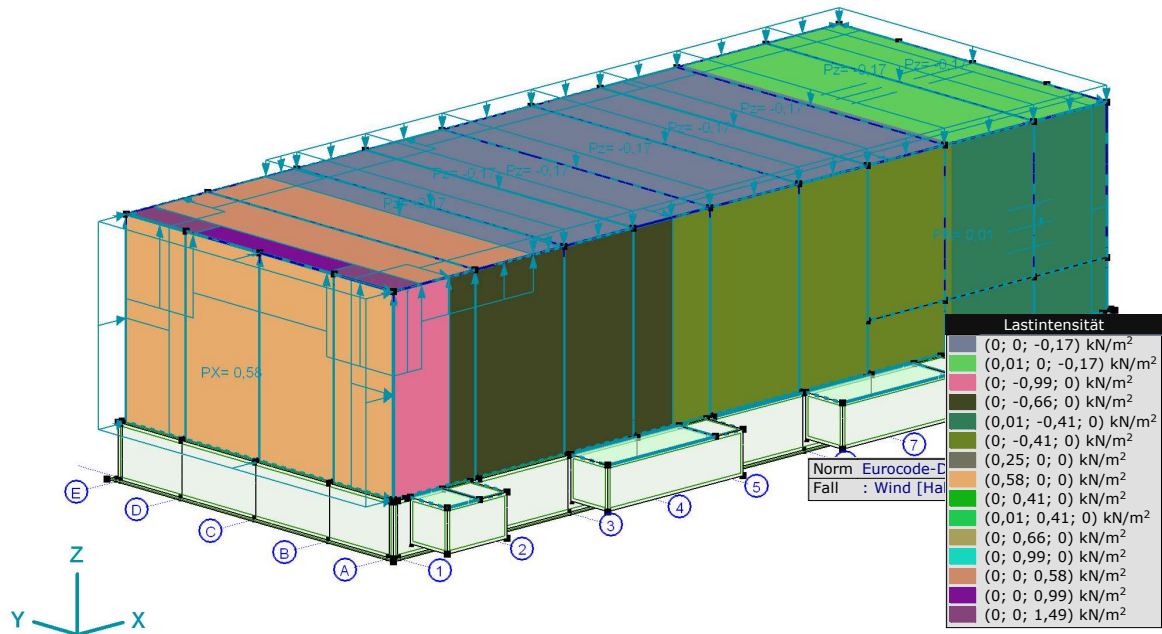
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

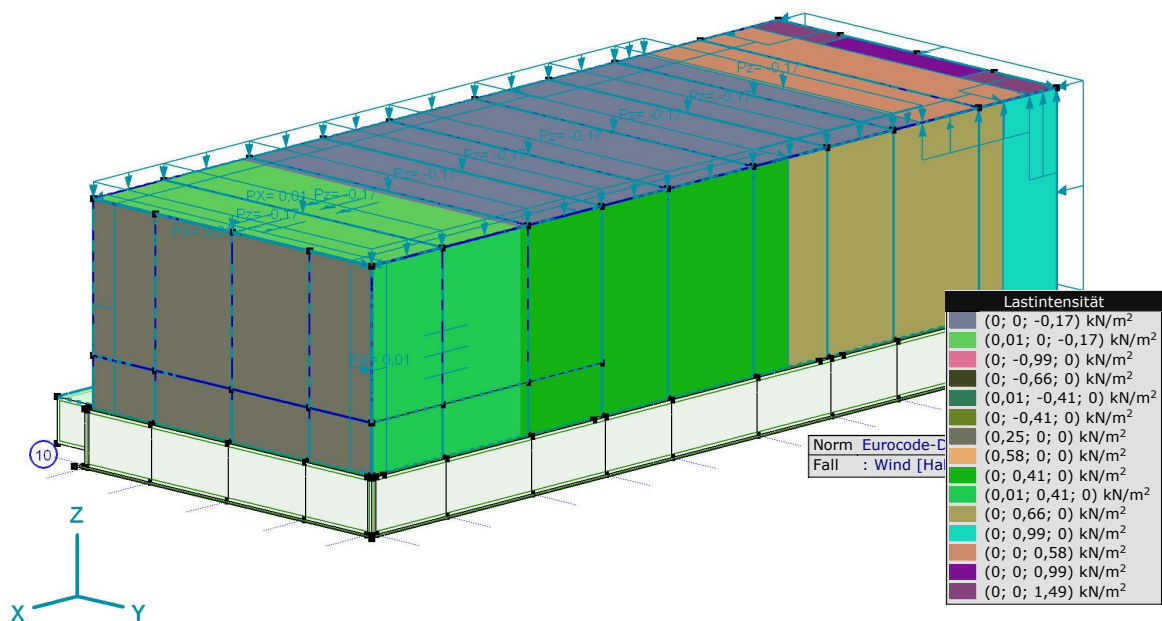
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.P.O



Wind [Halle] X+.P.O (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

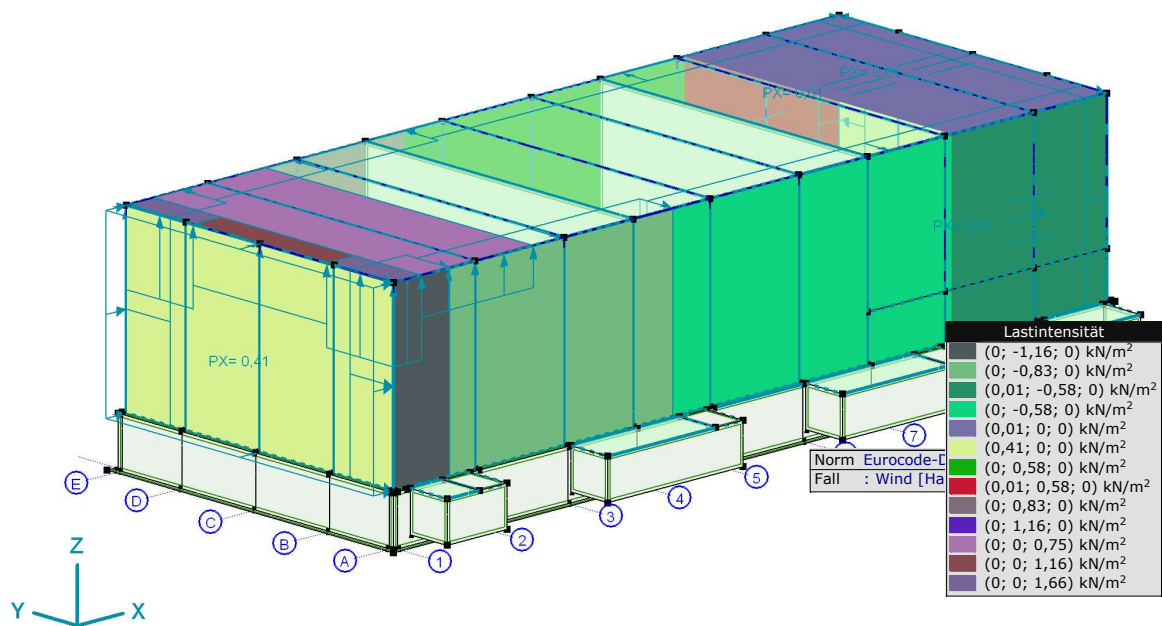
27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.P.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| C    | -0,500   | 0,200    | -0,41                         | 0,17                          | -0,58                       |
| D    | 0,700    | 0,200    | 0,58                          | 0,17                          | 0,41                        |
| E    | -0,300   | 0,200    | -0,25                         | 0,17                          | -0,41                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | 0,200    | 0,200    | 0,17                          | 0,17                          | 0                           |
| FR   | 0,010    | 0,200    | 0,01                          | 0,17                          | 0,01                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X+.P.P



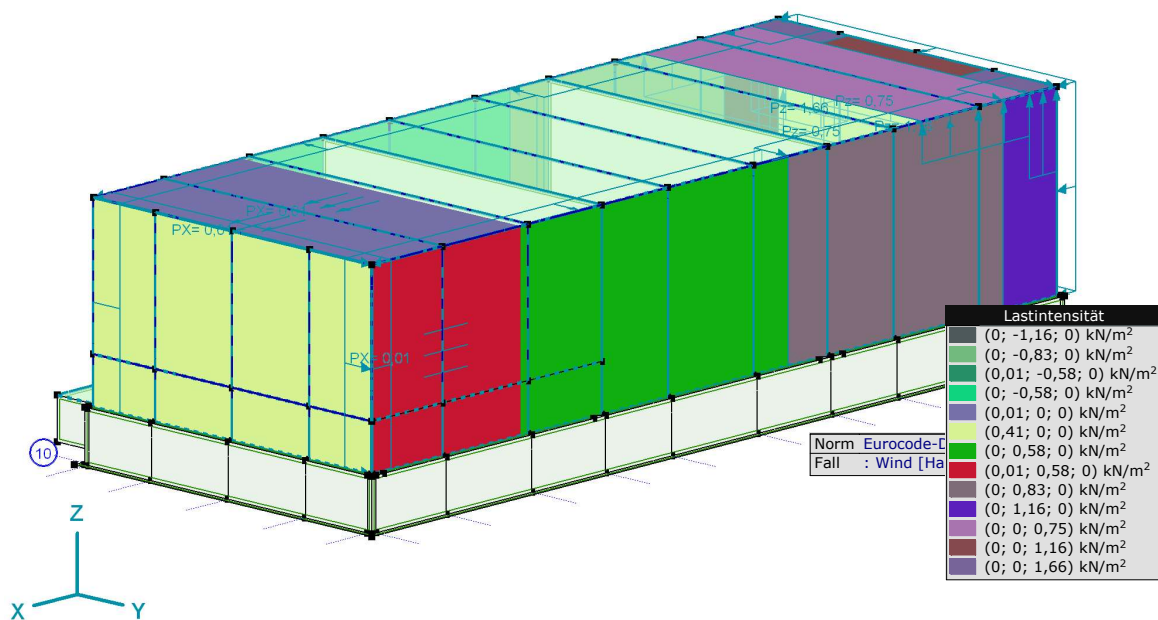
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.avs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.P.P (1)

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.P.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| C    | -0,500   | -0,300   | -0,41                         | -0,25                         | -0,17                       |
| D    | 0,700    | -0,300   | 0,58                          | -0,25                         | 0,83                        |
| E    | -0,300   | -0,300   | -0,25                         | -0,25                         | 0                           |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | 0,200    | -0,300   | 0,17                          | -0,25                         | 0,41                        |
| FR   | 0,010    | -0,300   | 0,01                          | -0,25                         | 0,01                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

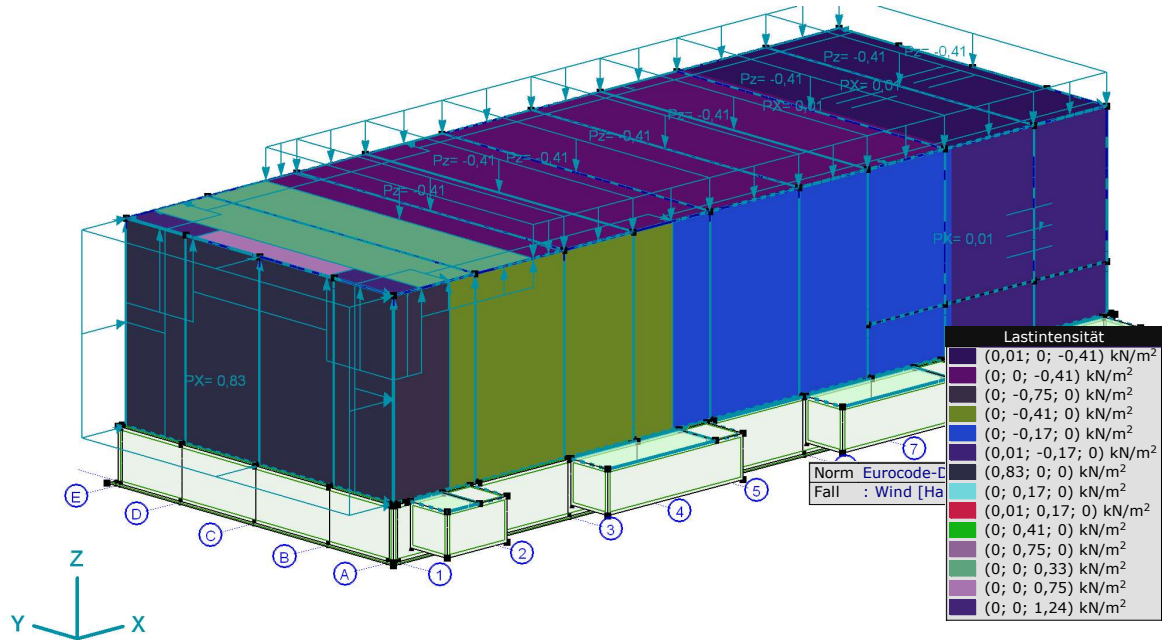
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

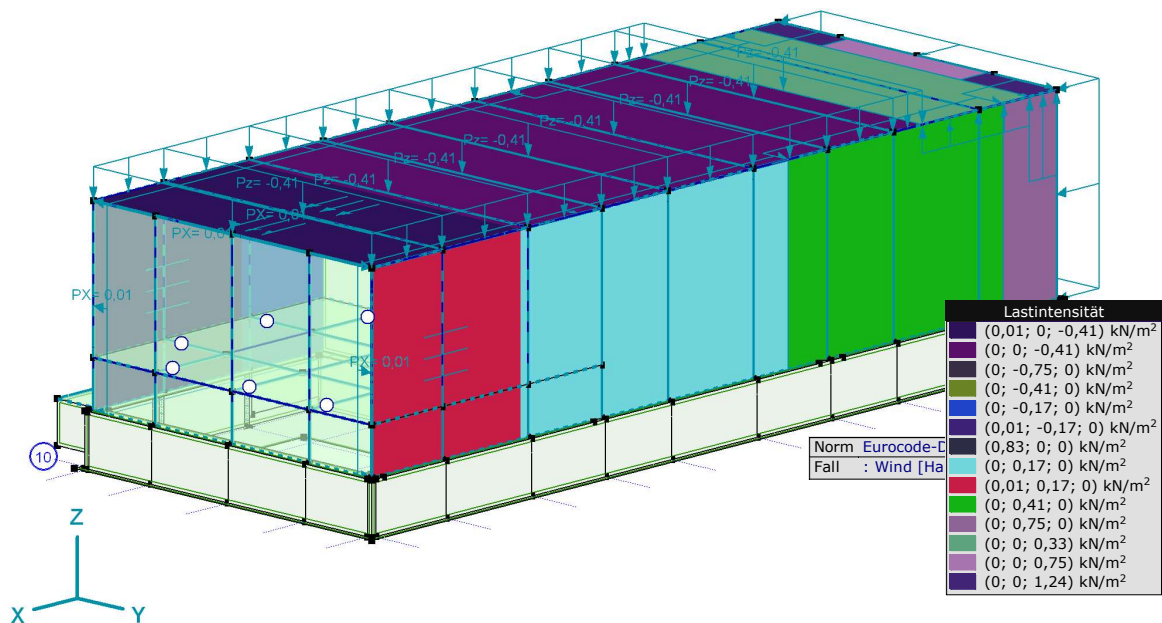
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.P.S



Wind [Halle] X+.P.S (1)



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

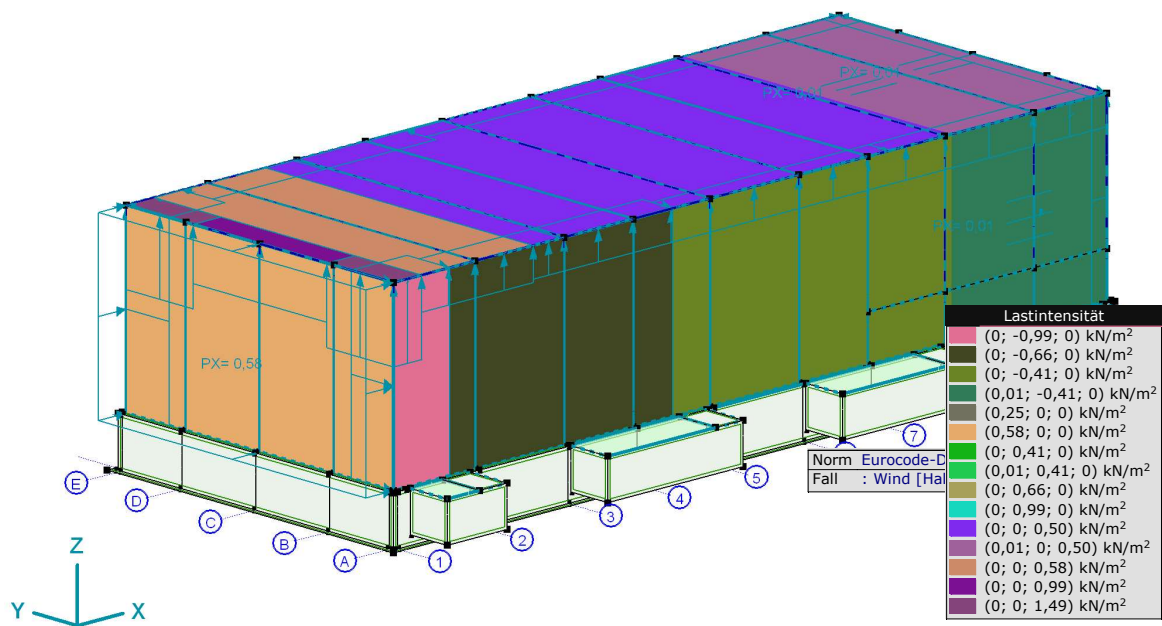
27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.S.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| C    | -0,500   | 0        | -0,41                         | 0                             | -0,41                       |
| D    | 0,700    | 0        | 0,58                          | 0                             | 0,58                        |
| E    | -0,300   | 0        | -0,25                         | 0                             | -0,25                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | -0,600   | 0        | -0,50                         | 0                             | -0,50                       |
| FR   | 0,010    | 0        | 0,01                          | 0                             | 0,01                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X+.S.O

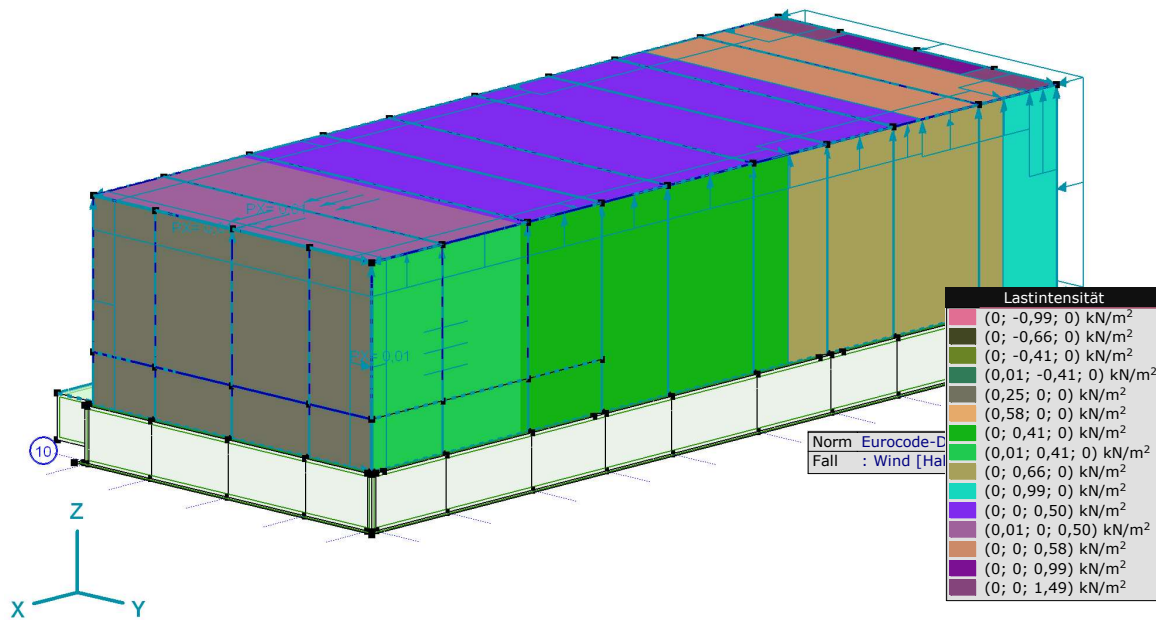
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.S.O (1)

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.S.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| C    | -0,500   | 0,200    | -0,41                         | 0,17                          | -0,58                       |
| D    | 0,700    | 0,200    | 0,58                          | 0,17                          | 0,41                        |
| E    | -0,300   | 0,200    | -0,25                         | 0,17                          | -0,41                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | -0,600   | 0,200    | -0,50                         | 0,17                          | -0,66                       |
| FR   | 0,010    | 0,200    | 0,01                          | 0,17                          | 0,01                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

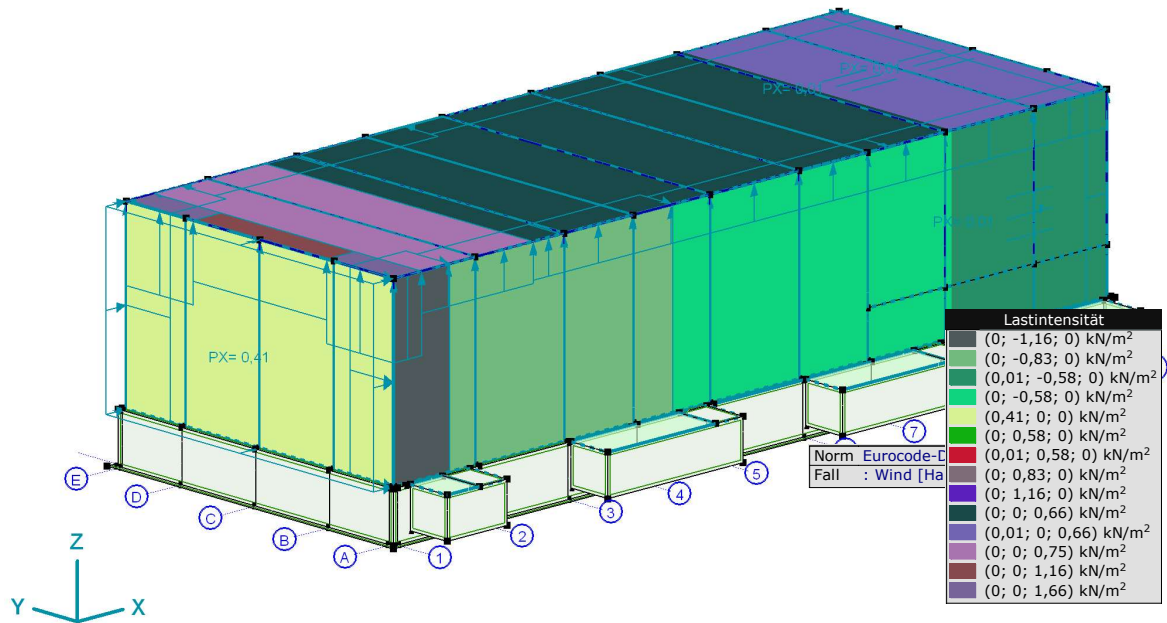
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

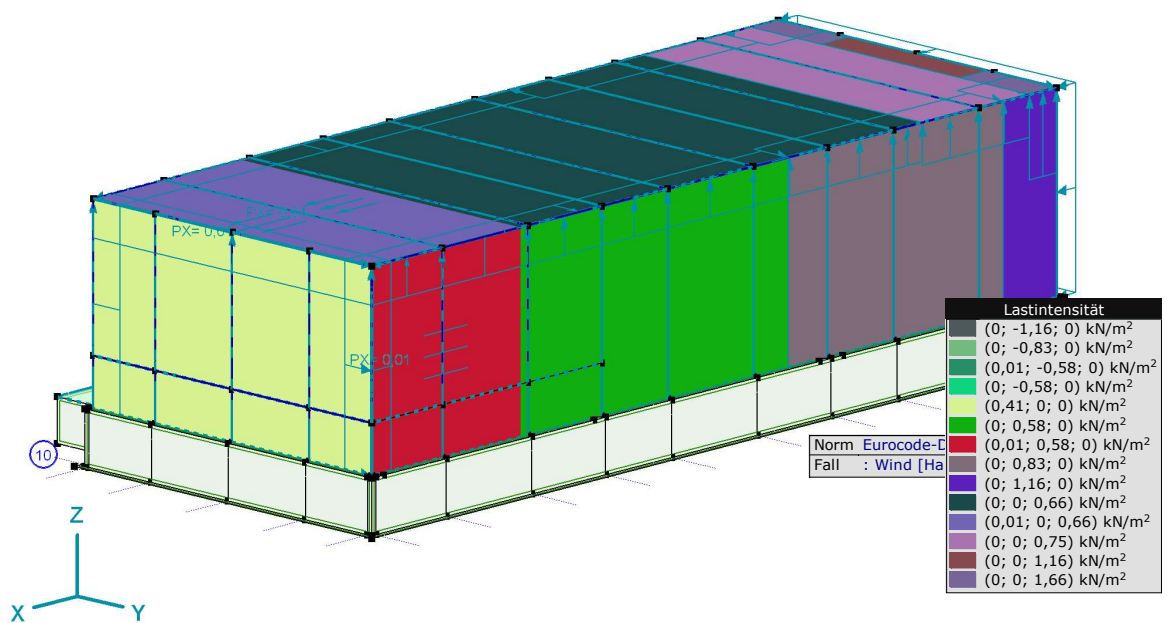
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.S.P



Wind [Halle] X+.S.P (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

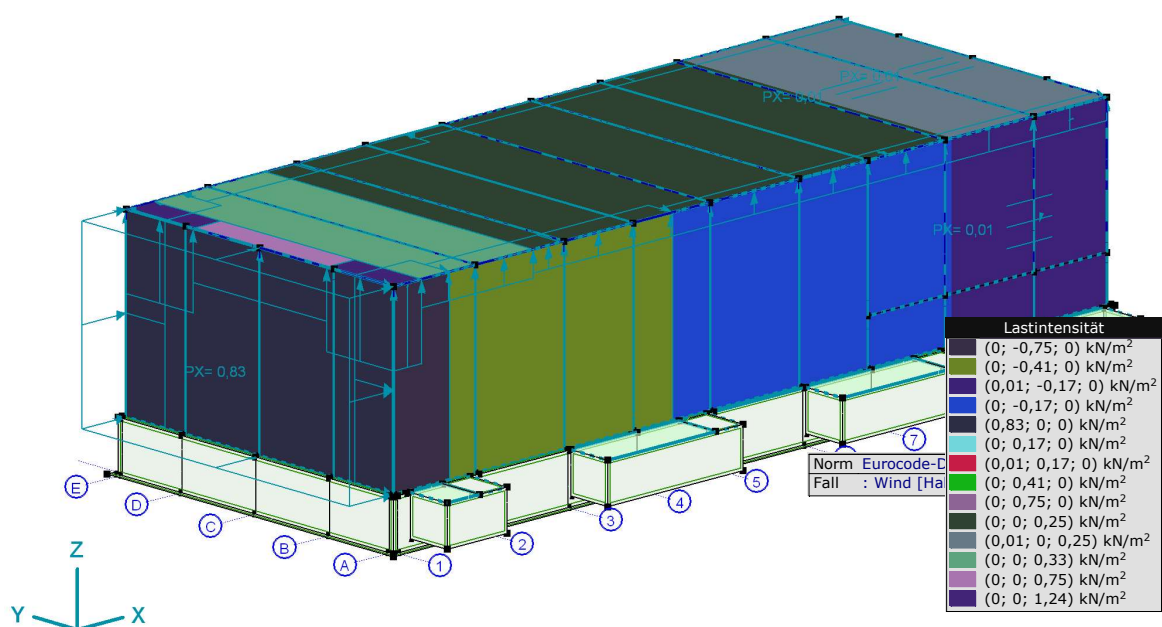
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X+.S.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       | F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       | G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| C    | -0,500   | -0,300   | -0,41                         | -0,25                         | -0,17                       | H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| D    | 0,700    | -0,300   | 0,58                          | -0,25                         | 0,83                        | I    | -0,600   | -0,300   | -0,50                         | -0,25                         | -0,25                       |
| E    | -0,300   | -0,300   | -0,25                         | -0,25                         | 0                           | FR   | 0,010    | -0,300   | 0,01                          | -0,25                         | 0,01                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X+.S.S

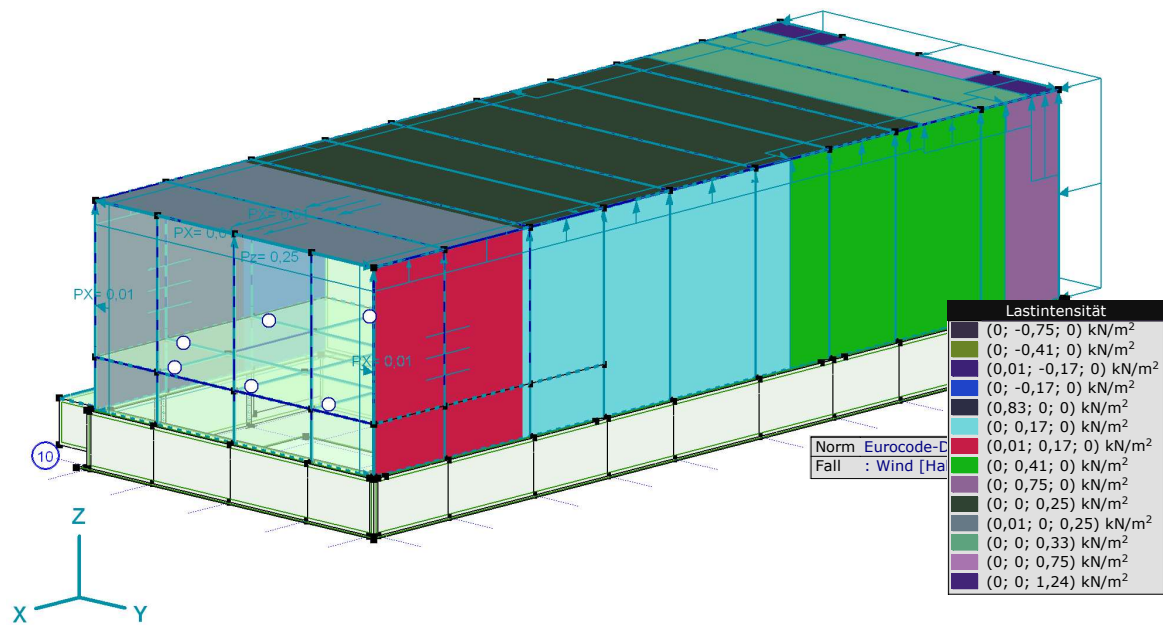
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X+.S.S (1)

## Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-.P.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| C    | -0,500   | 0        | -0,41                         | 0                             | -0,41                       |
| D    | 0,700    | 0        | 0,58                          | 0                             | 0,58                        |
| E    | -0,300   | 0        | -0,25                         | 0                             | -0,25                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | 0,200    | 0        | 0,17                          | 0                             | 0,17                        |
| FR   | -0,010   | 0        | -0,01                         | 0                             | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

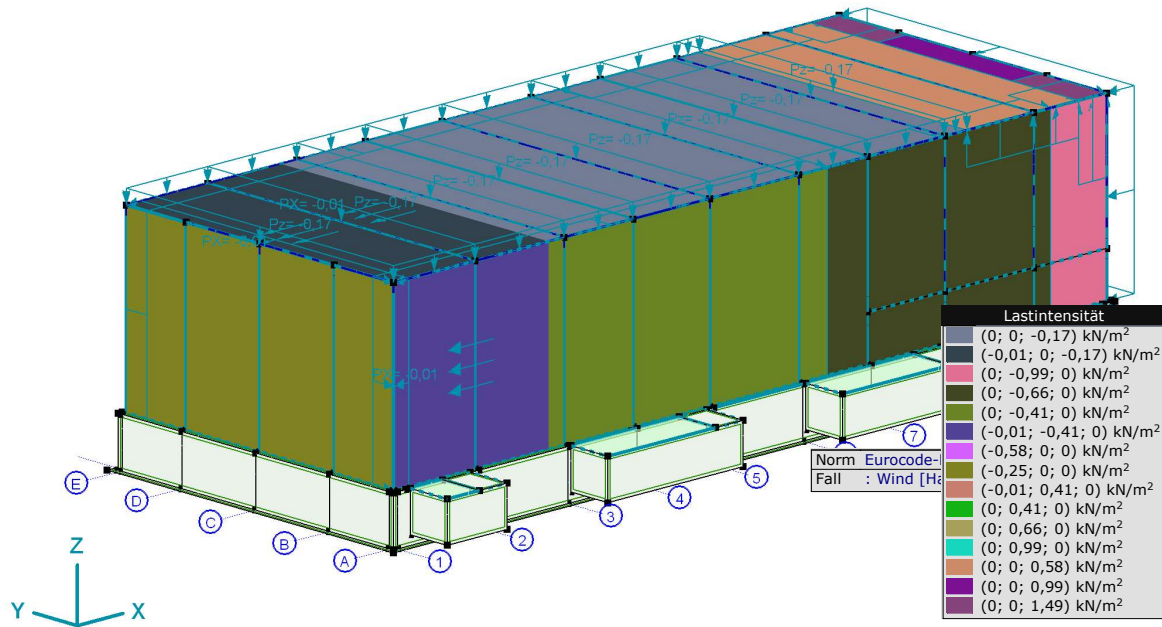
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

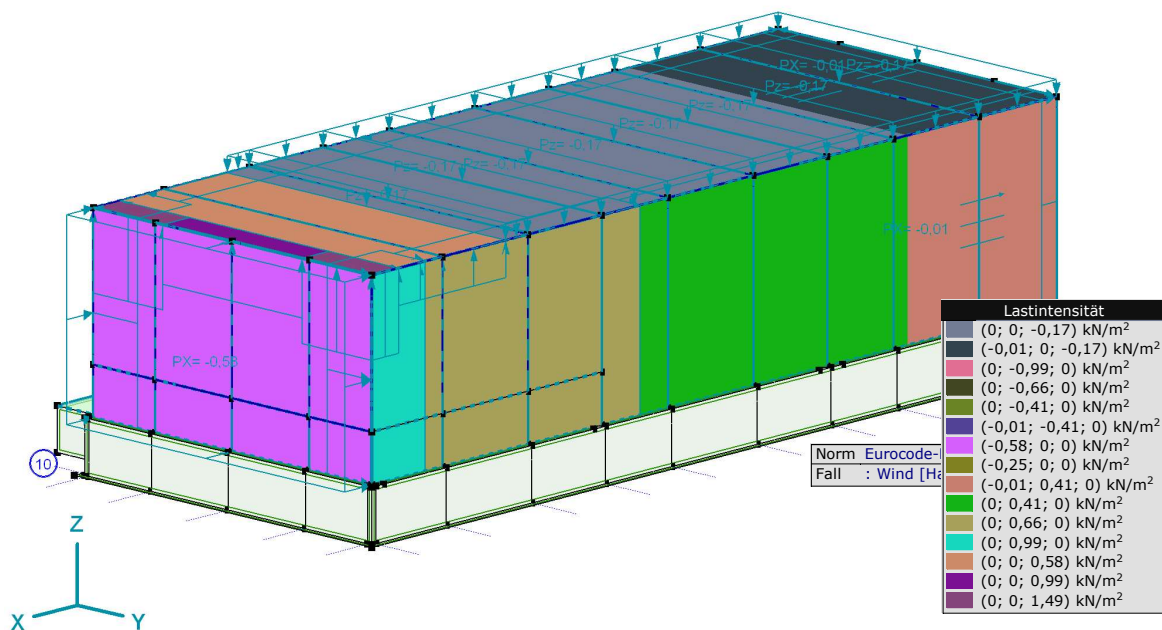
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-.P.O



Wind [Halle] X-.P.O (1)



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

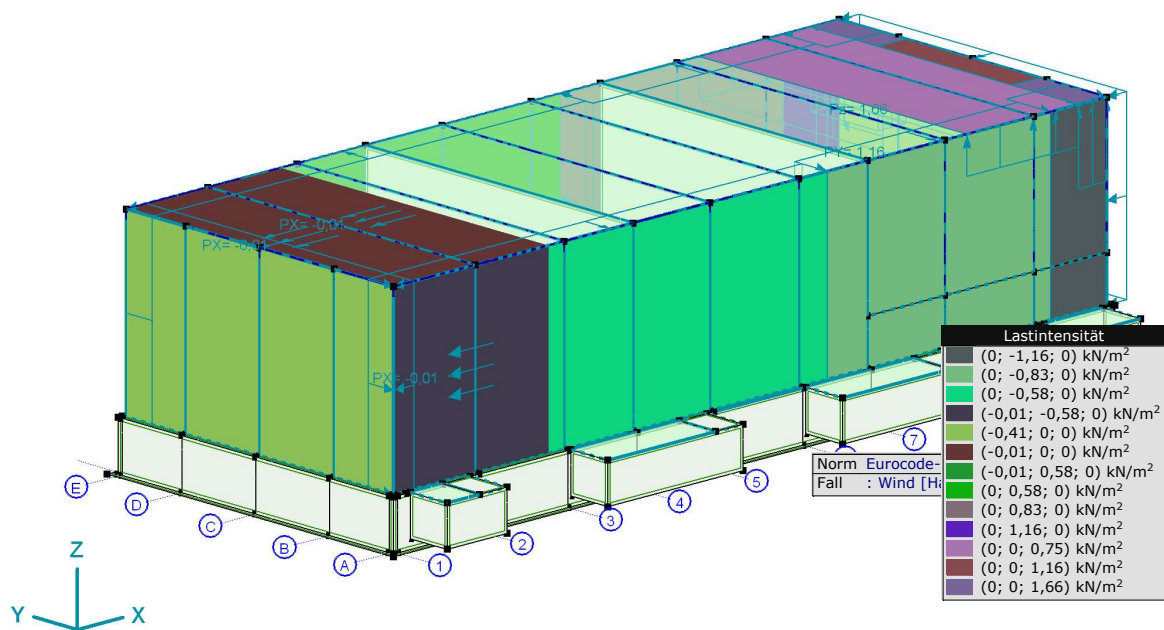
27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-.P.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| C    | -0,500   | 0,200    | -0,41                         | 0,17                          | -0,58                       |
| D    | 0,700    | 0,200    | 0,58                          | 0,17                          | 0,41                        |
| E    | -0,300   | 0,200    | -0,25                         | 0,17                          | -0,41                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | 0,200    | 0,200    | 0,17                          | 0,17                          | 0                           |
| FR   | -0,010   | 0,200    | -0,01                         | 0,17                          | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X-.P.P

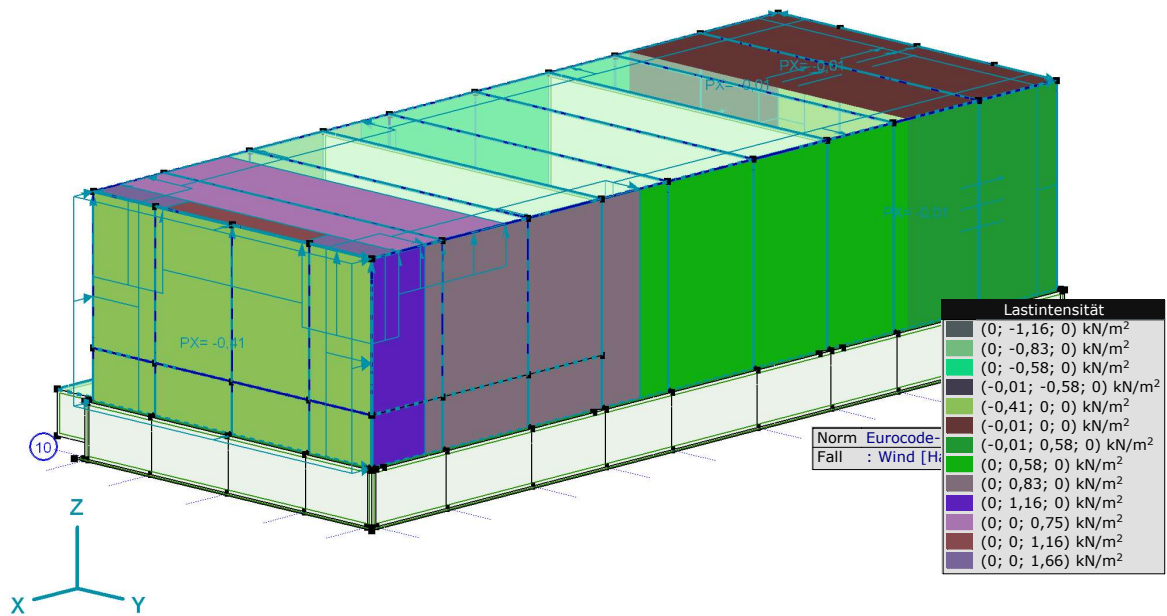
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-.P.P (1)

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-.P.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| C    | -0,500   | -0,300   | -0,41                         | -0,25                         | -0,17                       |
| D    | 0,700    | -0,300   | 0,58                          | -0,25                         | 0,83                        |
| E    | -0,300   | -0,300   | -0,25                         | -0,25                         | 0                           |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | 0,200    | -0,300   | 0,17                          | -0,25                         | 0,41                        |
| FR   | -0,010   | -0,300   | -0,01                         | -0,25                         | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



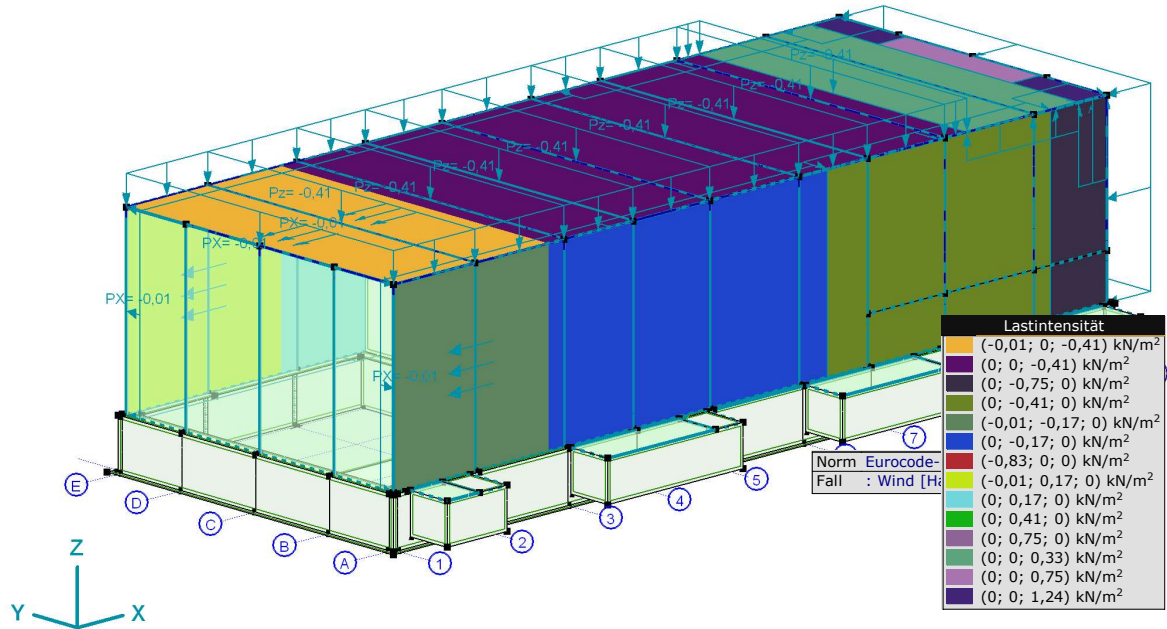
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

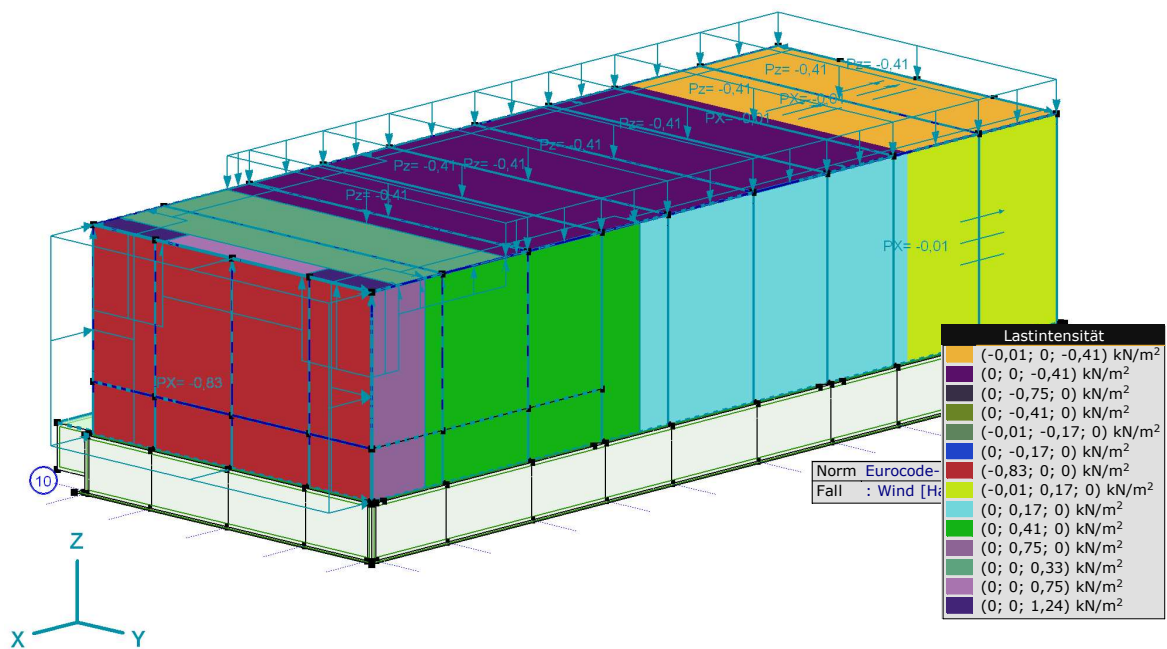
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-P.S



Wind [Halle] X-P.S (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

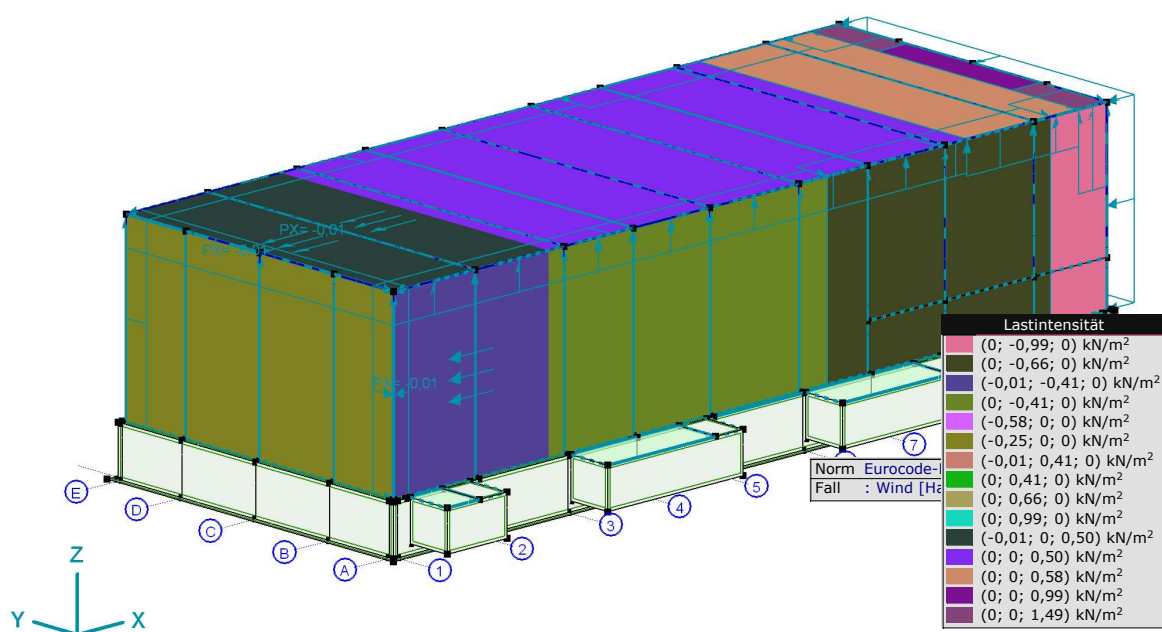
27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-S.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| C    | -0,500   | 0        | -0,41                         | 0                             | -0,41                       |
| D    | 0,700    | 0        | 0,58                          | 0                             | 0,58                        |
| E    | -0,300   | 0        | -0,25                         | 0                             | -0,25                       |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | -0,600   | 0        | -0,50                         | 0                             | -0,50                       |
| FR   | -0,010   | 0        | -0,01                         | 0                             | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X-S.O

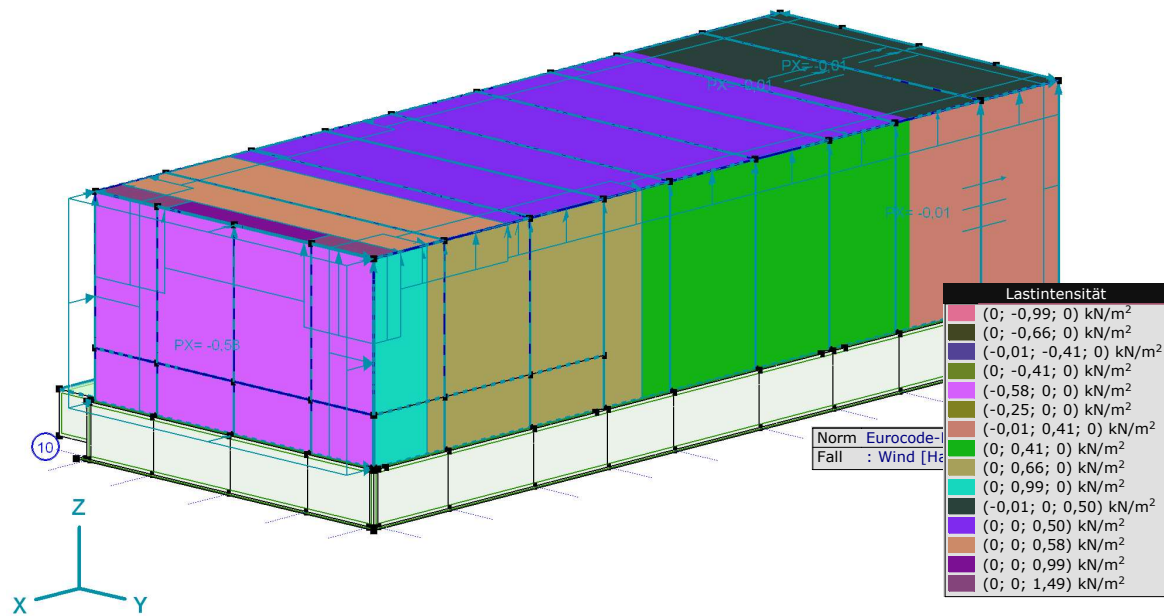
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-.S.O (1)

## Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-.S.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       | F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       | G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| C    | -0,500   | 0,200    | -0,41                         | 0,17                          | -0,58                       | H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| D    | 0,700    | 0,200    | 0,58                          | 0,17                          | 0,41                        | I    | -0,600   | 0,200    | -0,50                         | 0,17                          | -0,66                       |
| E    | -0,300   | 0,200    | -0,25                         | 0,17                          | -0,41                       | FR   | -0,010   | 0,200    | -0,01                         | 0,17                          | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

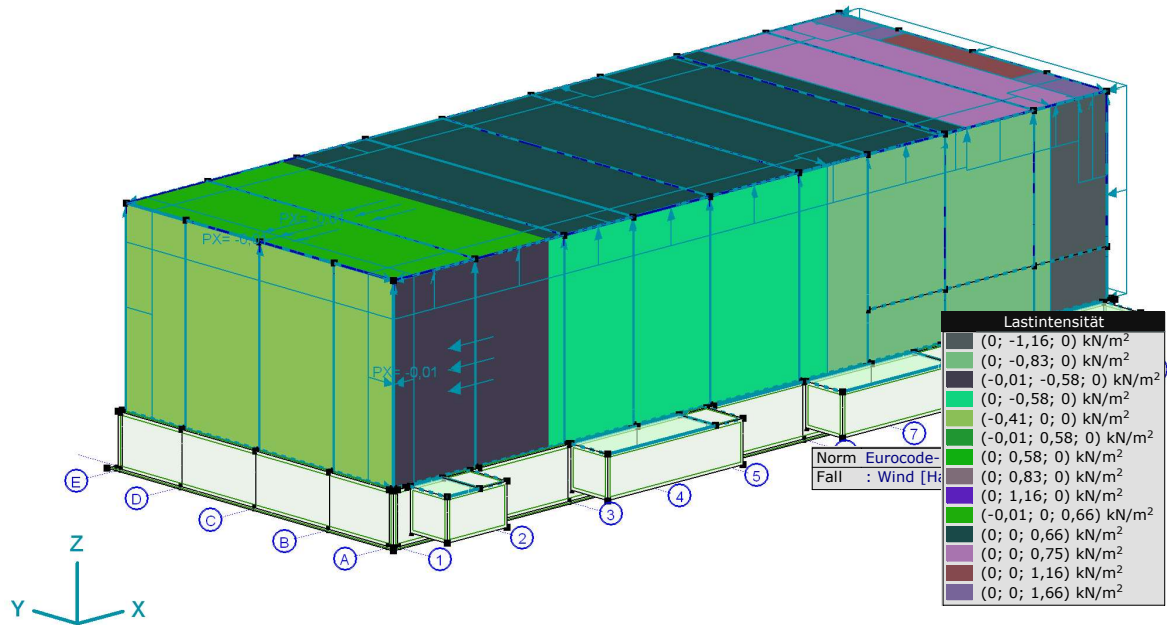
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

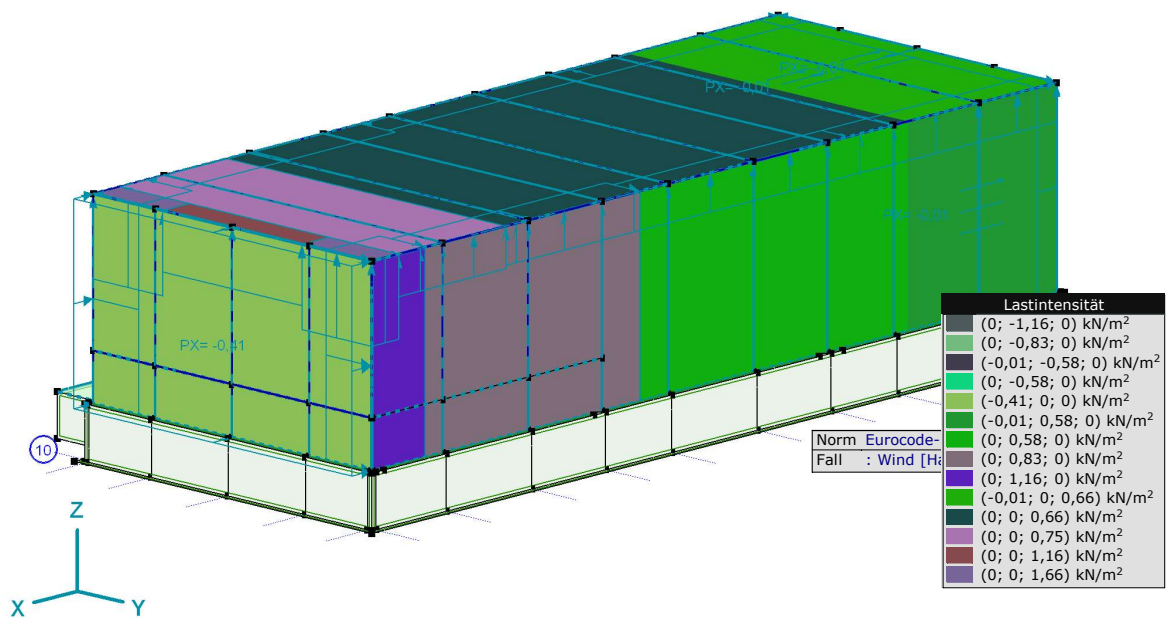
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-S.P



Wind [Halle] X-S.P (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

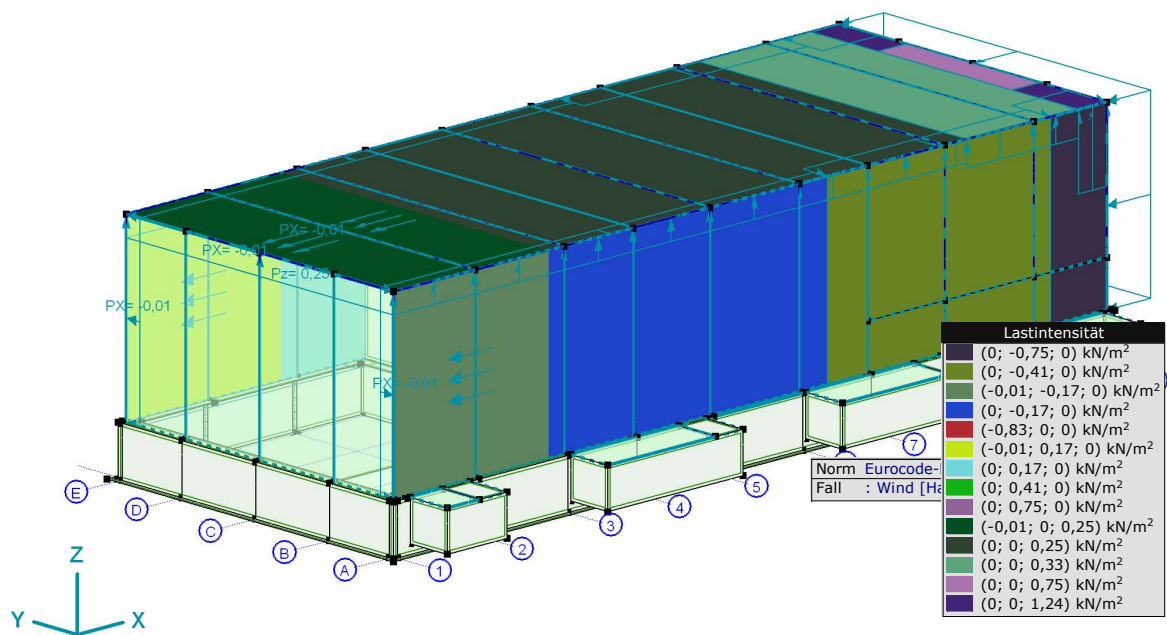
27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] X-S.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| C    | -0,500   | -0,300   | -0,41                         | -0,25                         | -0,17                       |
| D    | 0,700    | -0,300   | 0,58                          | -0,25                         | 0,83                        |
| E    | -0,300   | -0,300   | -0,25                         | -0,25                         | 0                           |

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | -0,600   | -0,300   | -0,50                         | -0,25                         | -0,25                       |
| FR   | -0,010   | -0,300   | -0,01                         | -0,25                         | -0,01                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] X-S.S

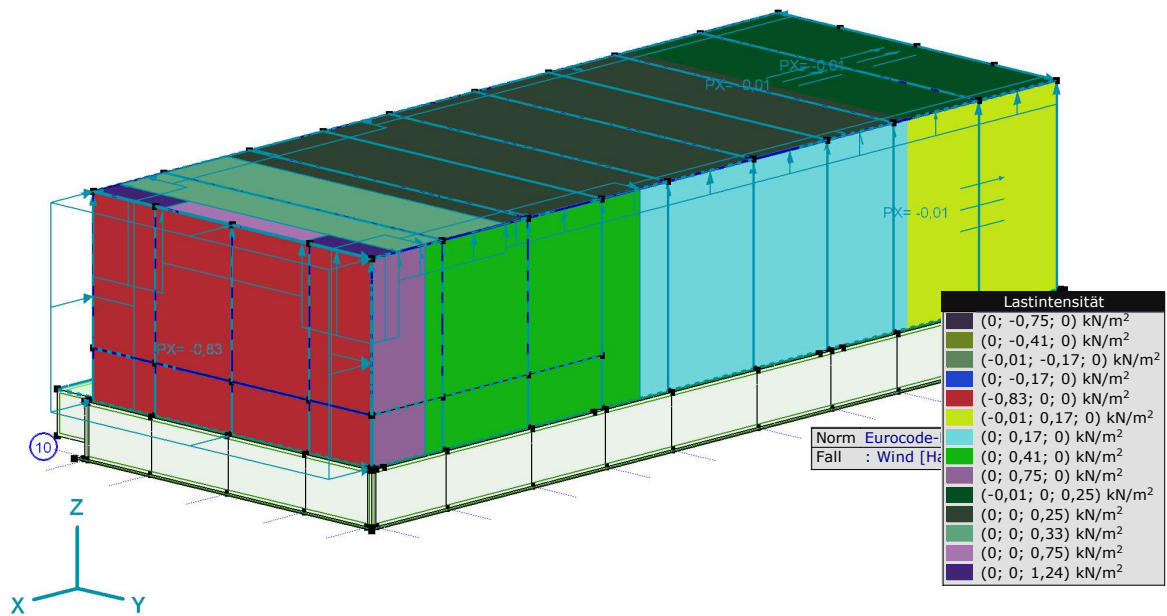
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] X-.S.S (1)

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.P.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| D    | 0,741    | 0        | 0,61                          | 0                             | 0,61                        |
| E    | -0,383   | 0        | -0,32                         | 0                             | -0,32                       |
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | 0,200    | 0        | 0,17                          | 0                             | 0,17                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



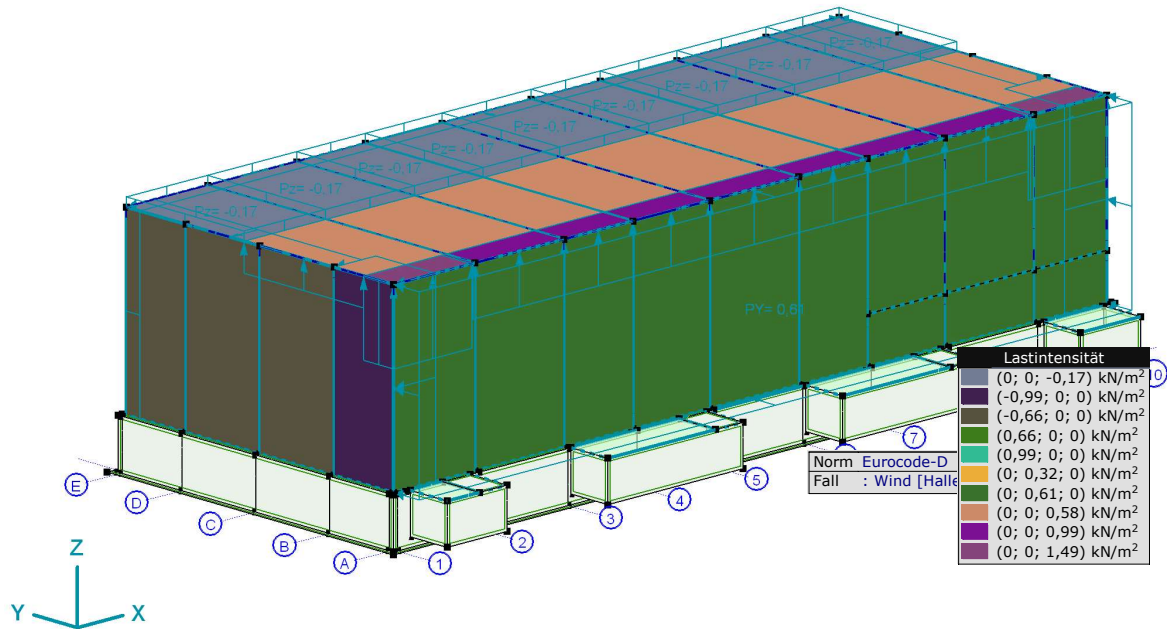
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

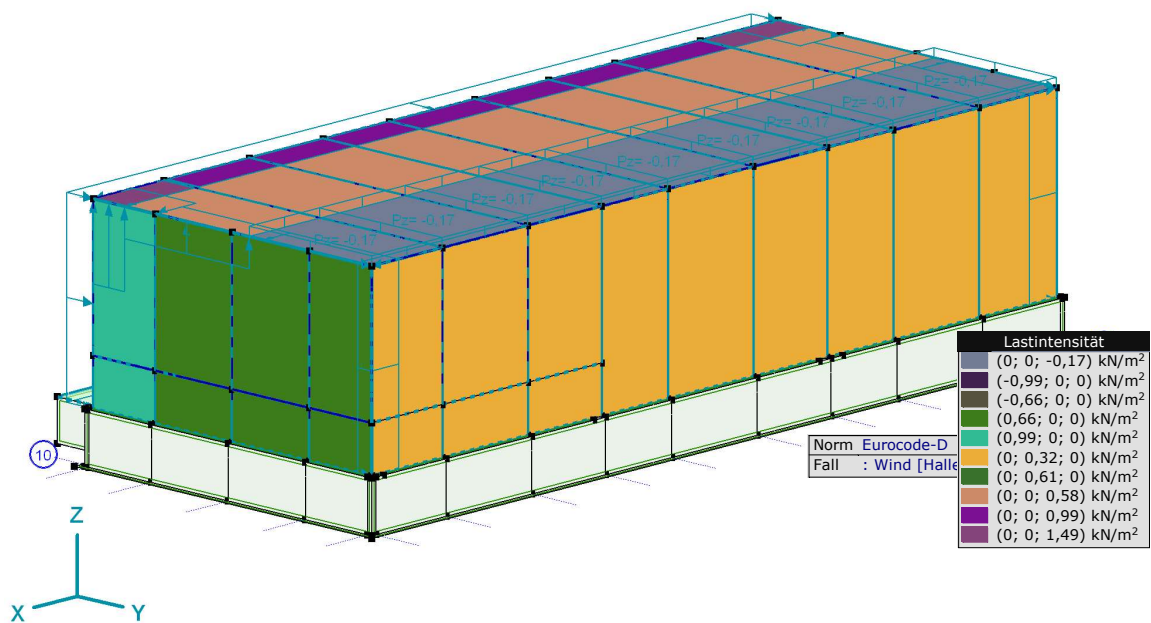
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.P.O



Wind [Halle] Y+.P.O (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

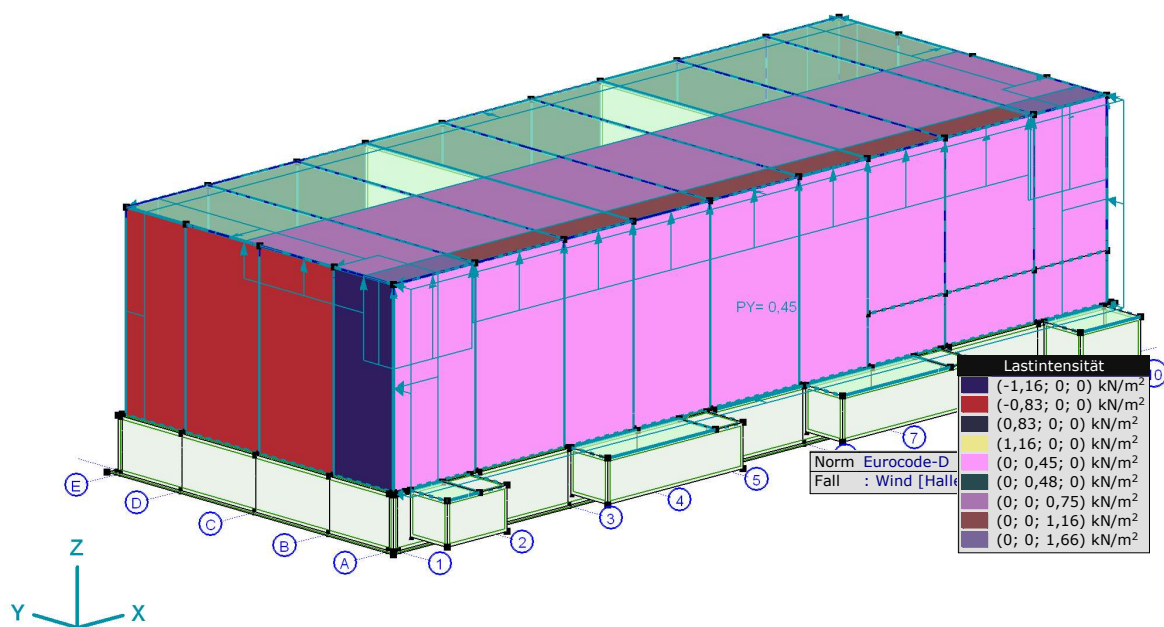
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.P.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| D    | 0,741    | 0,200    | 0,61                          | 0,17                          | 0,45                        |
| E    | -0,383   | 0,200    | -0,32                         | 0,17                          | -0,48                       |
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | 0,200    | 0,200    | 0,17                          | 0,17                          | 0                           |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y+.P.P



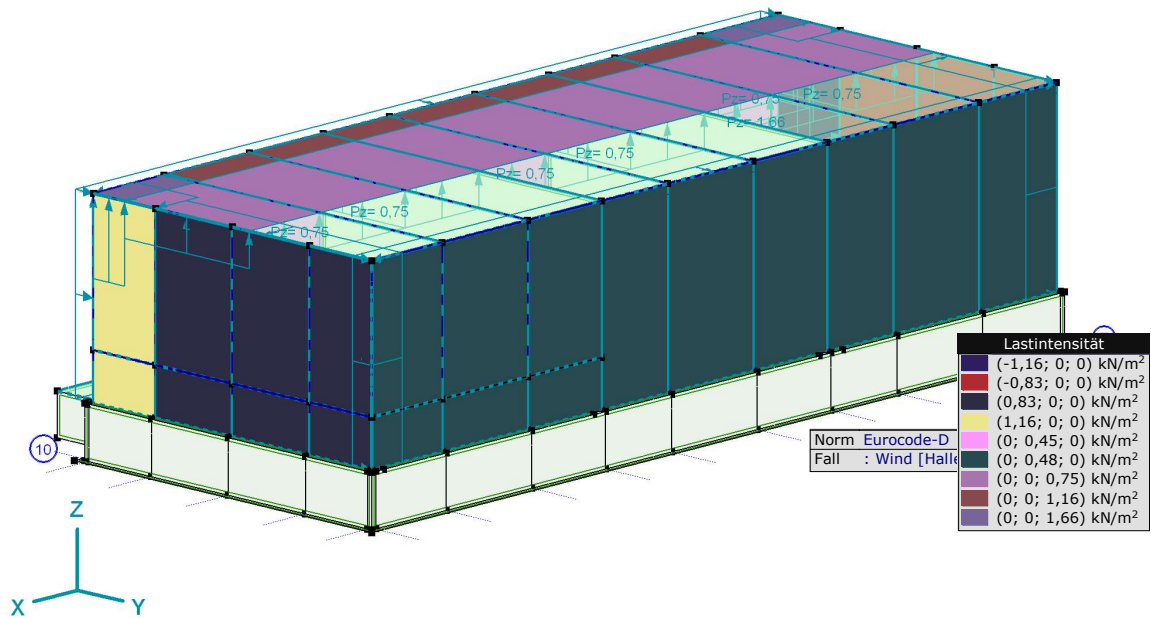
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.P.P (1)

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.P.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| D    | 0,741    | -0,300   | 0,61                          | -0,25                         | 0,86                        |
| E    | -0,383   | -0,300   | -0,32                         | -0,25                         | -0,07                       |
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | 0,200    | -0,300   | 0,17                          | -0,25                         | 0,41                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

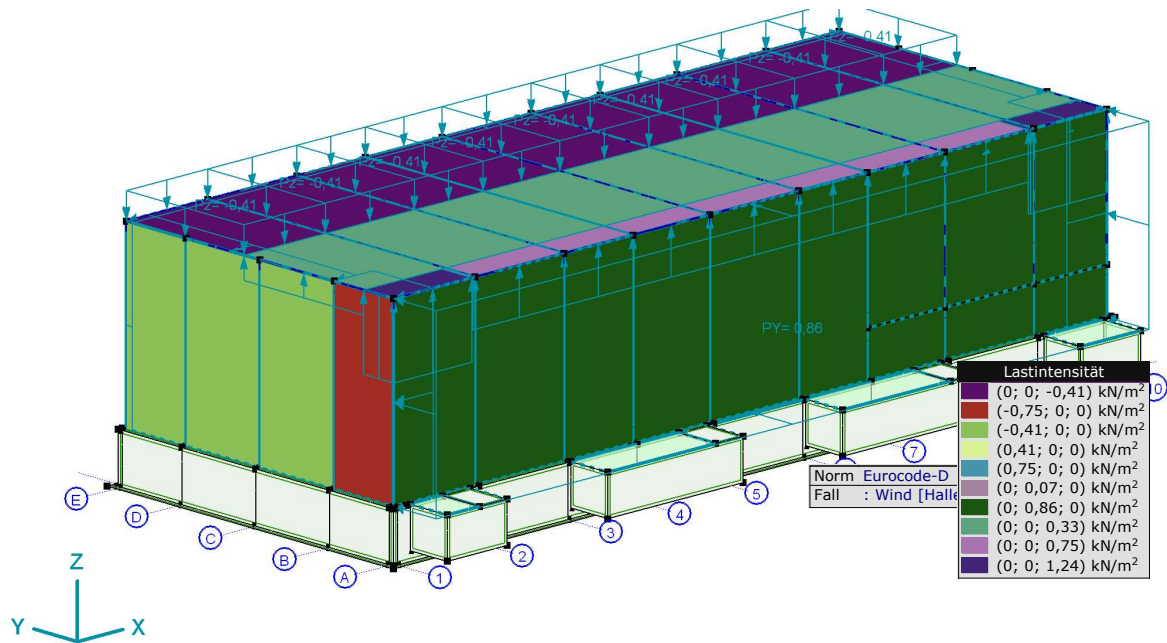
### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

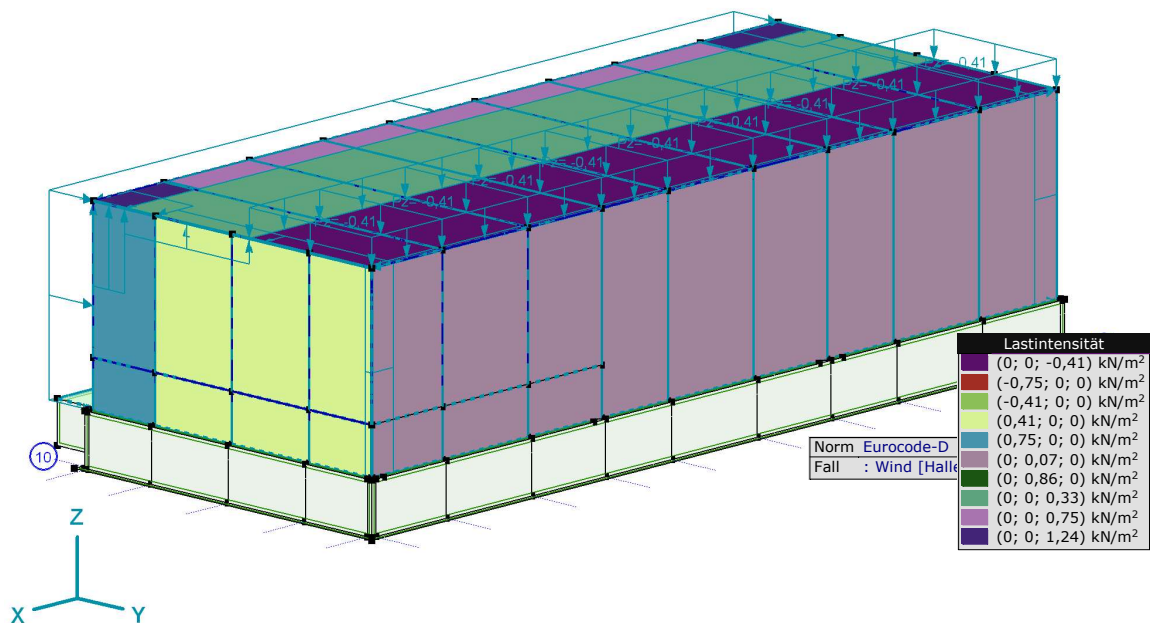
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

### Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.P.S



Wind [Halle] Y+.P.S (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

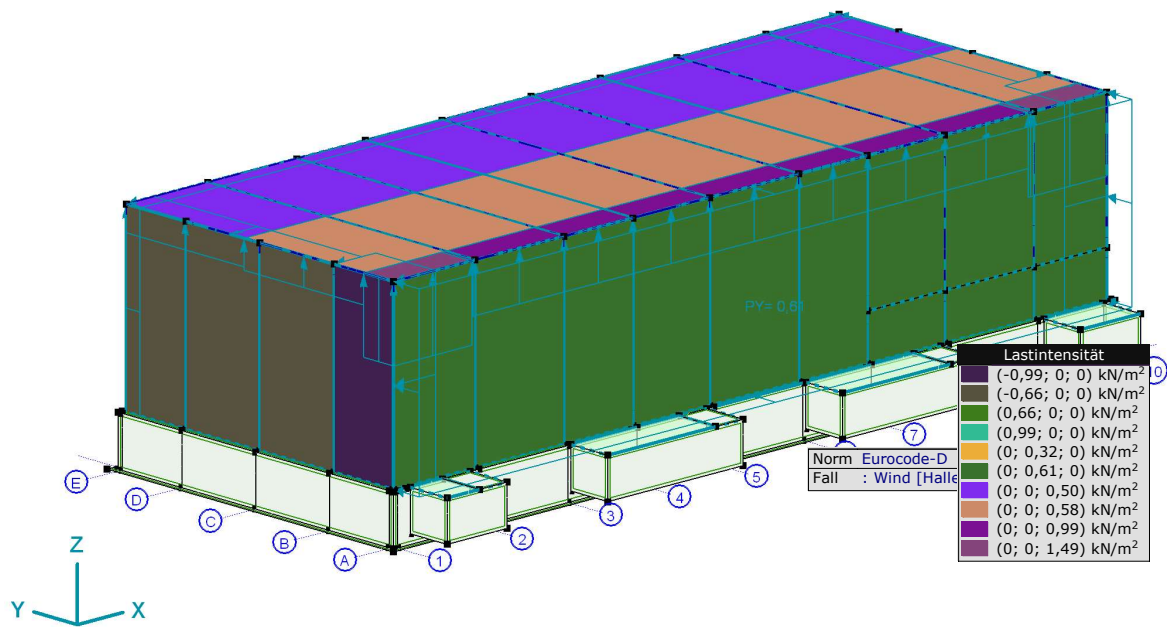
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.S.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| D    | 0,741    | 0        | 0,61                          | 0                             | 0,61                        |
| E    | -0,383   | 0        | -0,32                         | 0                             | -0,32                       |
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | -0,600   | 0        | -0,50                         | 0                             | -0,50                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y+.S.O

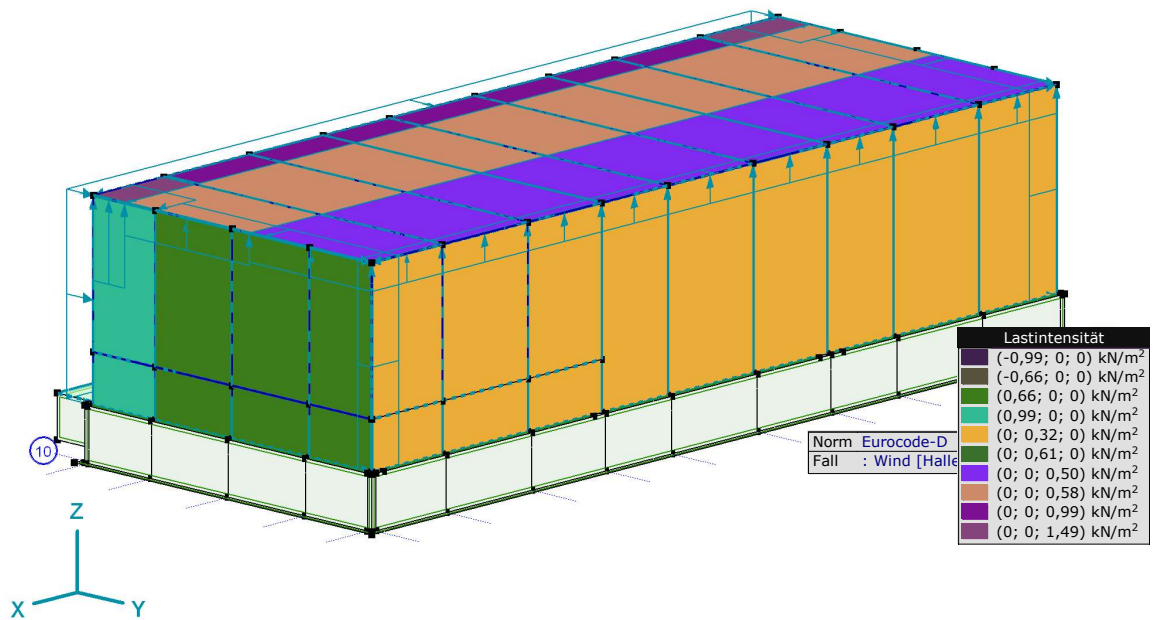
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.S.O (1)

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.S.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| D    | 0,741    | 0,200    | 0,61                          | 0,17                          | 0,45                        |
| E    | -0,383   | 0,200    | -0,32                         | 0,17                          | -0,48                       |
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | -0,600   | 0,200    | -0,50                         | 0,17                          | -0,66                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

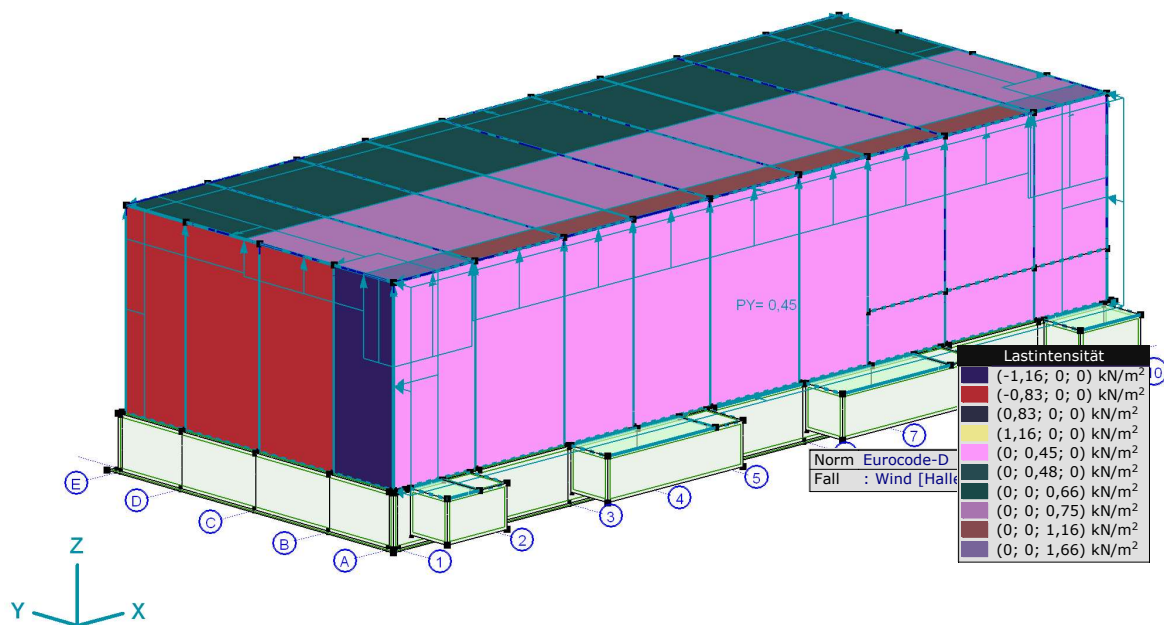
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

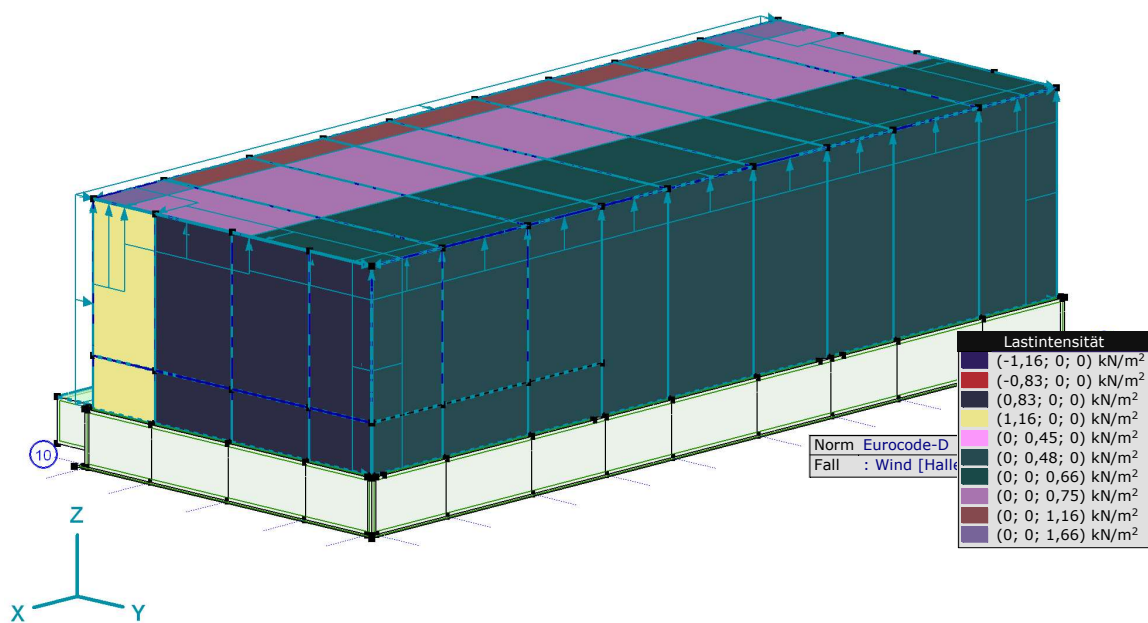
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.S.P



Wind [Halle] Y+.S.P (1)

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

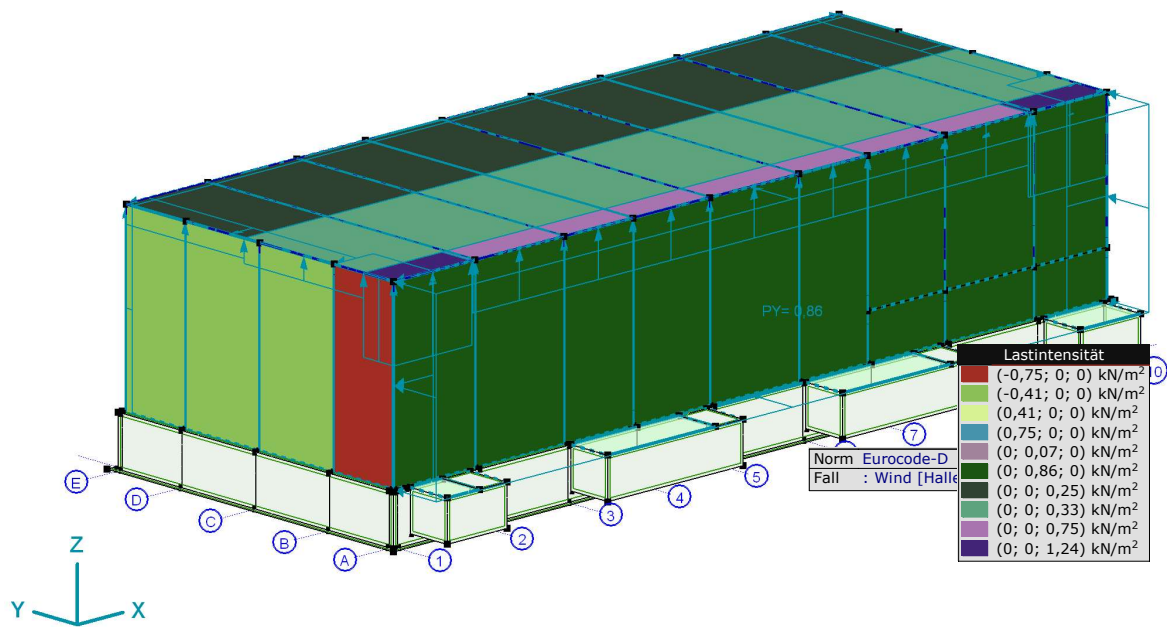
### Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

## Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y+.S.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| D    | 0,741    | -0,300   | 0,61                          | -0,25                         | 0,86                        |
| E    | -0,383   | -0,300   | -0,32                         | -0,25                         | -0,07                       |
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | -0,600   | -0,300   | -0,50                         | -0,25                         | -0,25                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y+.S.S



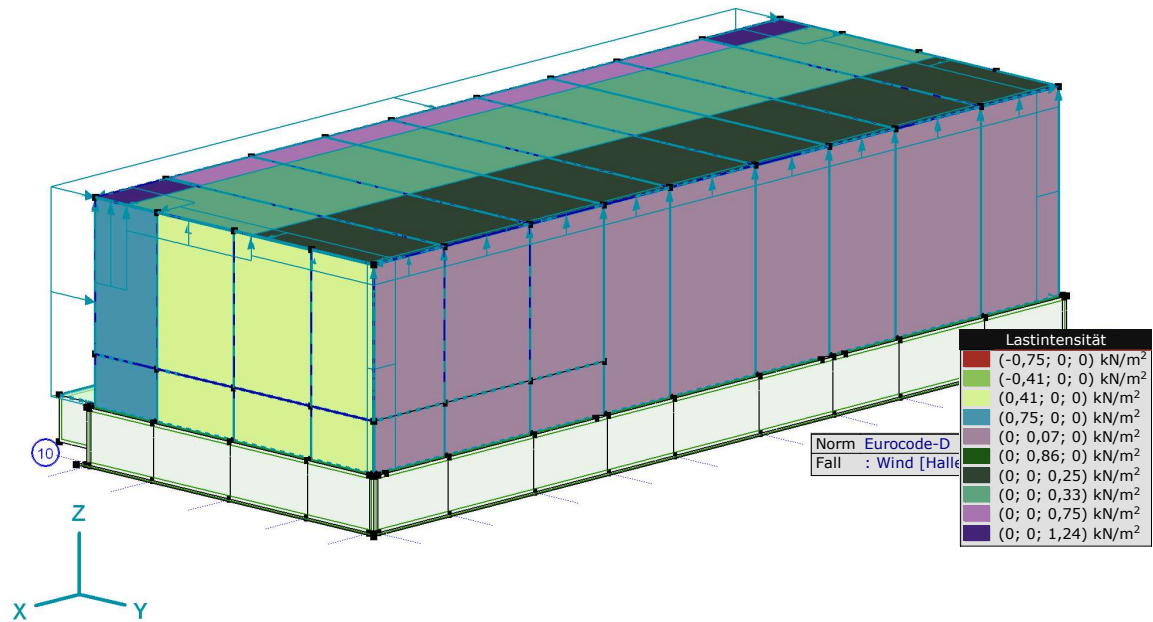
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y+.S.S (1)

Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-.P.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| D    | 0,741    | 0        | 0,61                          | 0                             | 0,61                        |
| E    | -0,383   | 0        | -0,32                         | 0                             | -0,32                       |
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | 0,200    | 0        | 0,17                          | 0                             | 0,17                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

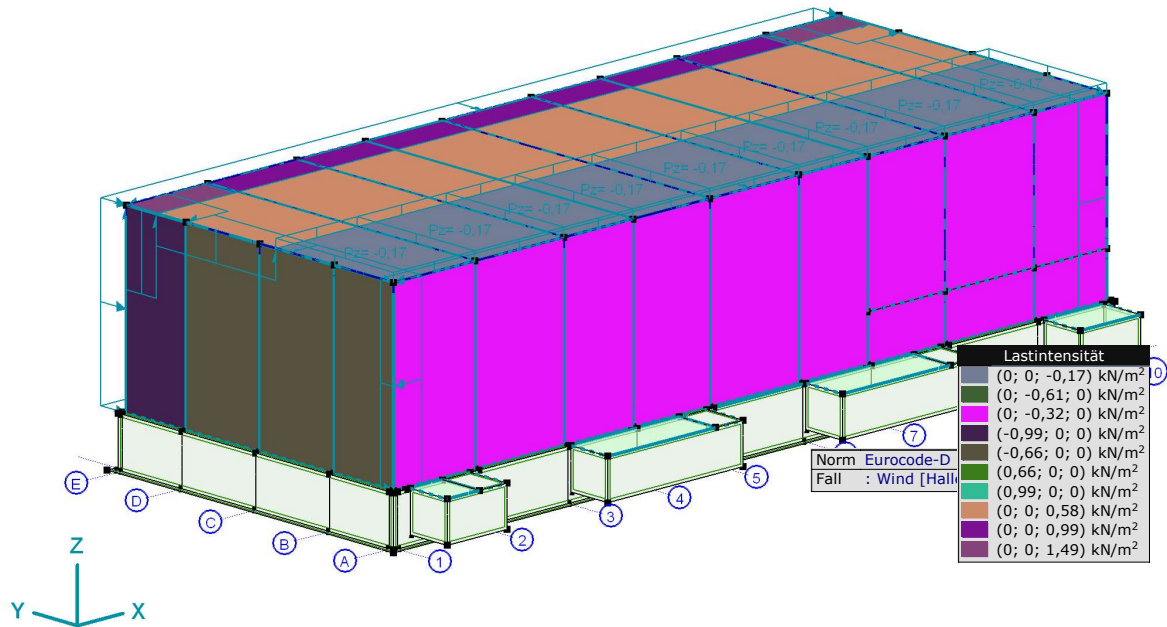
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

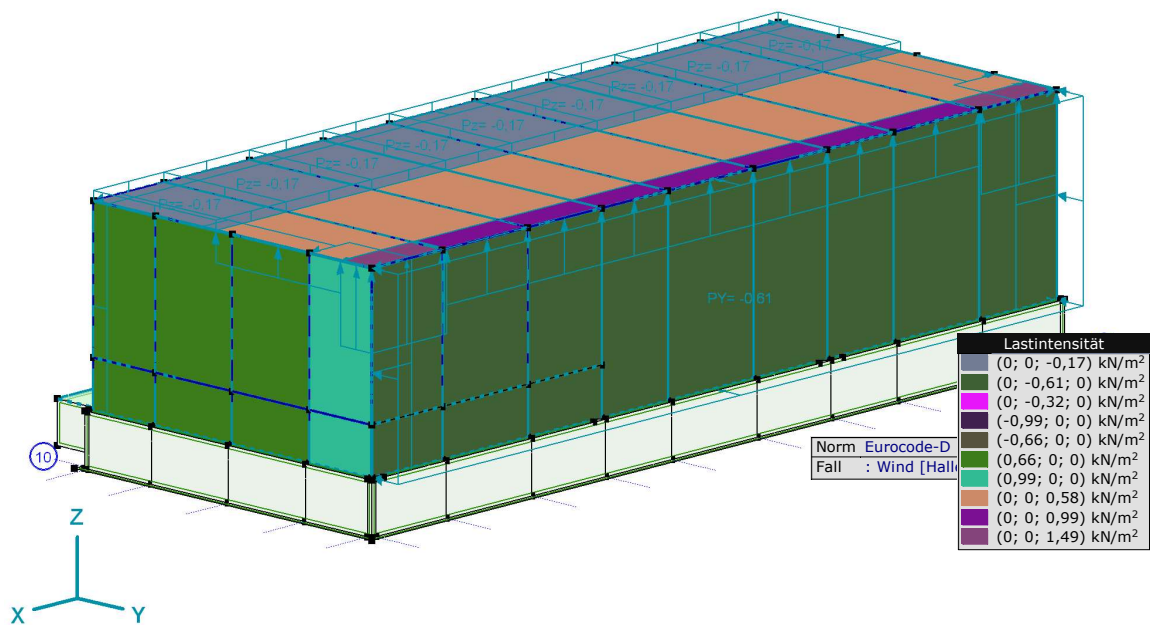
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.P.O



Wind [Halle] Y-.P.O (1)



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

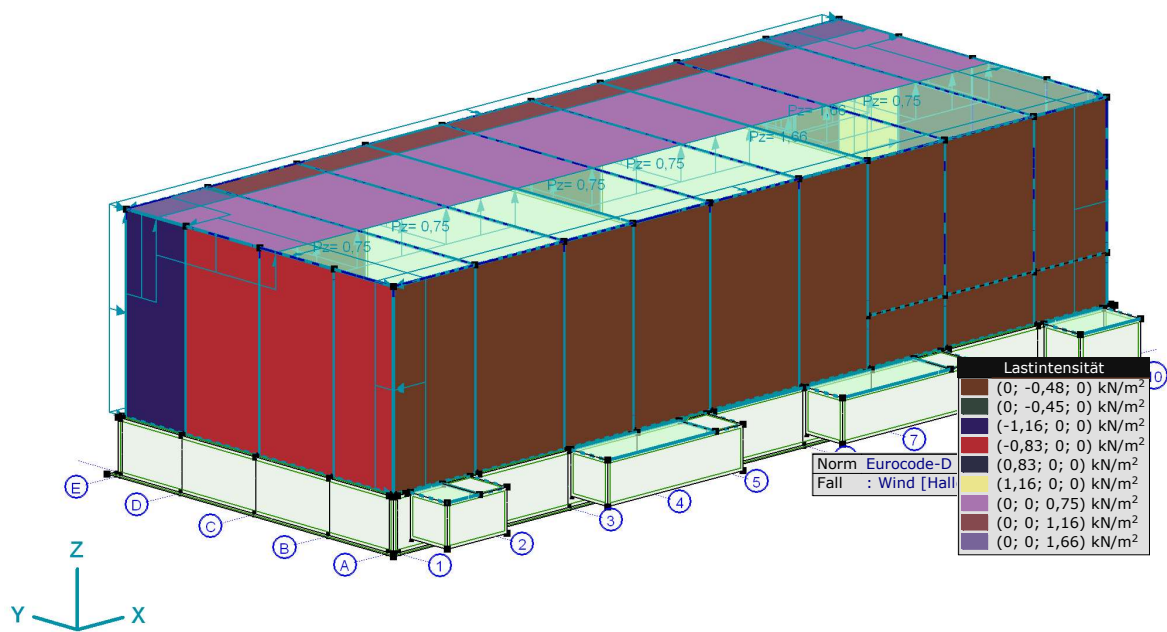
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-.P.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| D    | 0,741    | 0,200    | 0,61                          | 0,17                          | 0,45                        |
| E    | -0,383   | 0,200    | -0,32                         | 0,17                          | -0,48                       |
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | 0,200    | 0,200    | 0,17                          | 0,17                          | 0                           |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y-.P.P

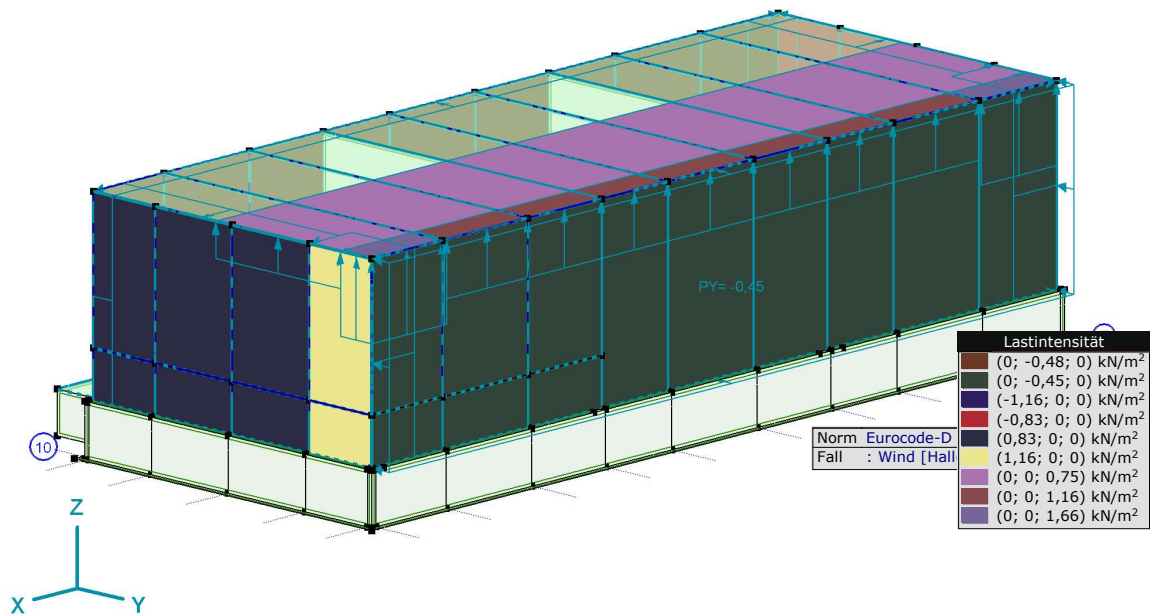
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.P.P (1)

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-.P.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| D    | 0,741    | -0,300   | 0,61                          | -0,25                         | 0,86                        |
| E    | -0,383   | -0,300   | -0,32                         | -0,25                         | -0,07                       |
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | 0,200    | -0,300   | 0,17                          | -0,25                         | 0,41                        |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

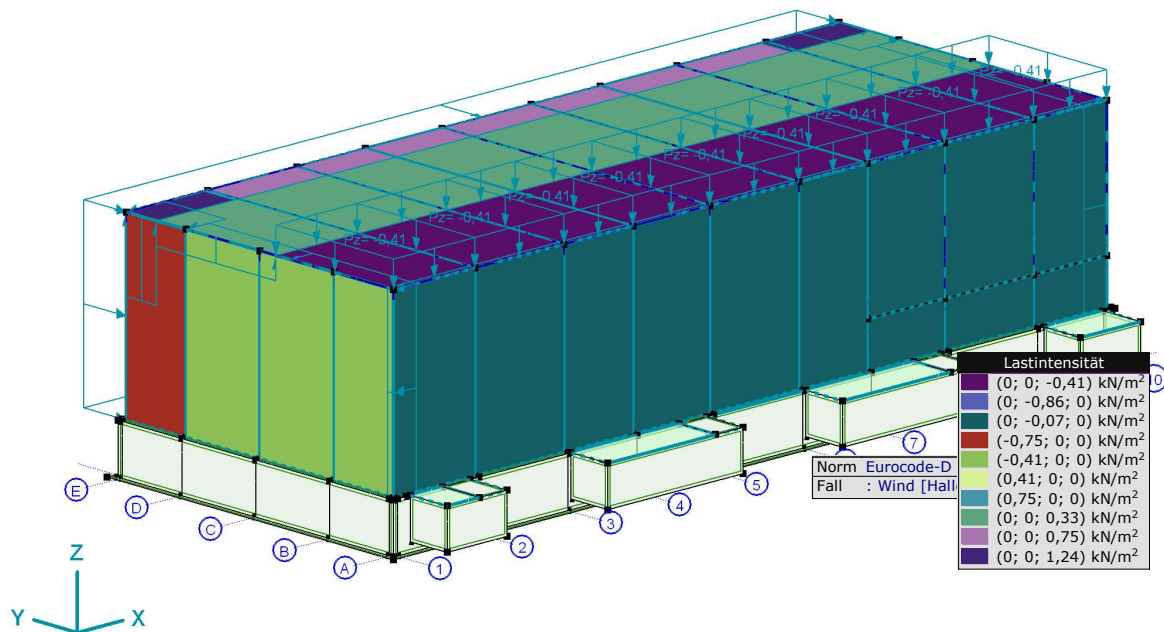
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

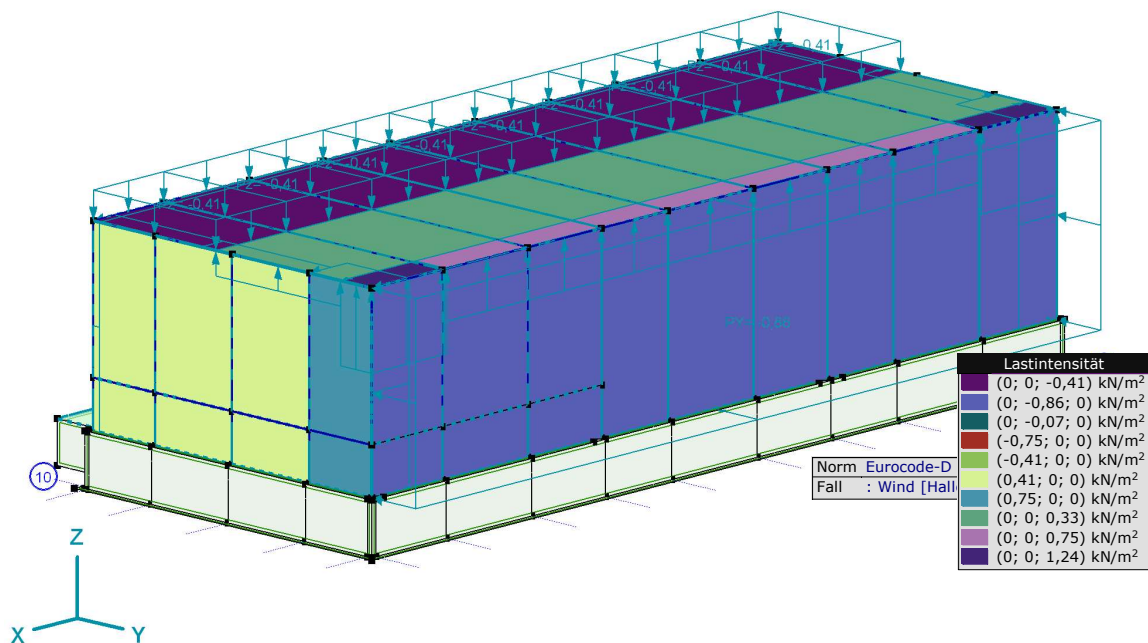
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.P.S



Wind [Halle] Y-.P.S (1)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

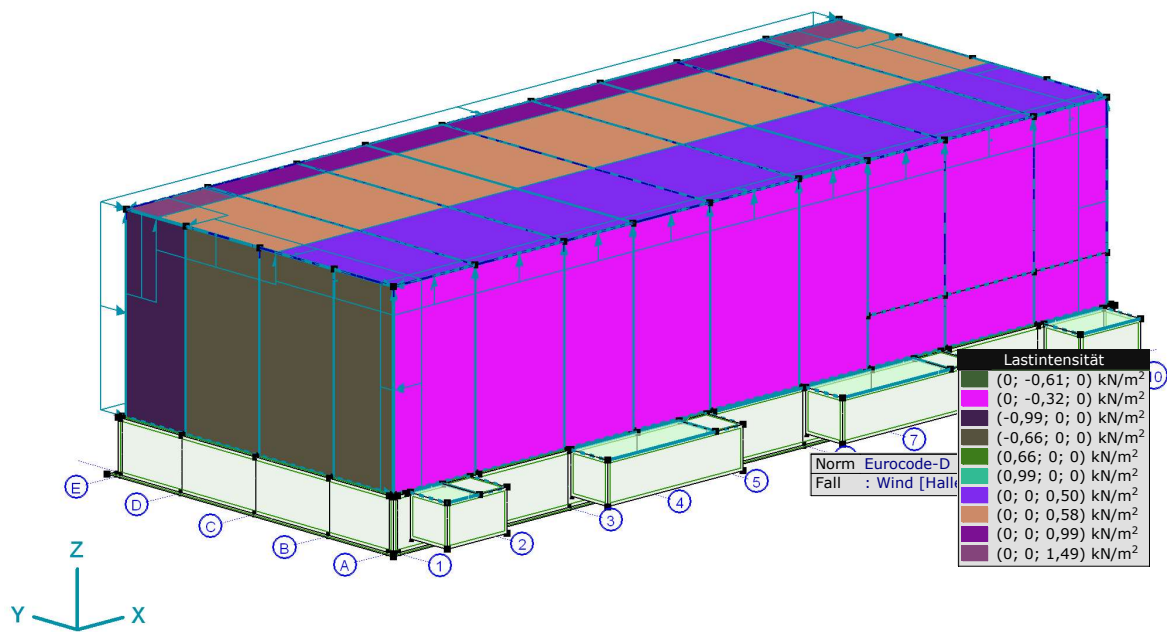
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-.S.O

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| B    | -0,800   | 0        | -0,66                         | 0                             | -0,66                       |
| D    | 0,741    | 0        | 0,61                          | 0                             | 0,61                        |
| E    | -0,383   | 0        | -0,32                         | 0                             | -0,32                       |
| F    | -1,800   | 0        | -1,49                         | 0                             | -1,49                       |
| G    | -1,200   | 0        | -0,99                         | 0                             | -0,99                       |
| H    | -0,700   | 0        | -0,58                         | 0                             | -0,58                       |
| I    | -0,600   | 0        | -0,50                         | 0                             | -0,50                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y-.S.O

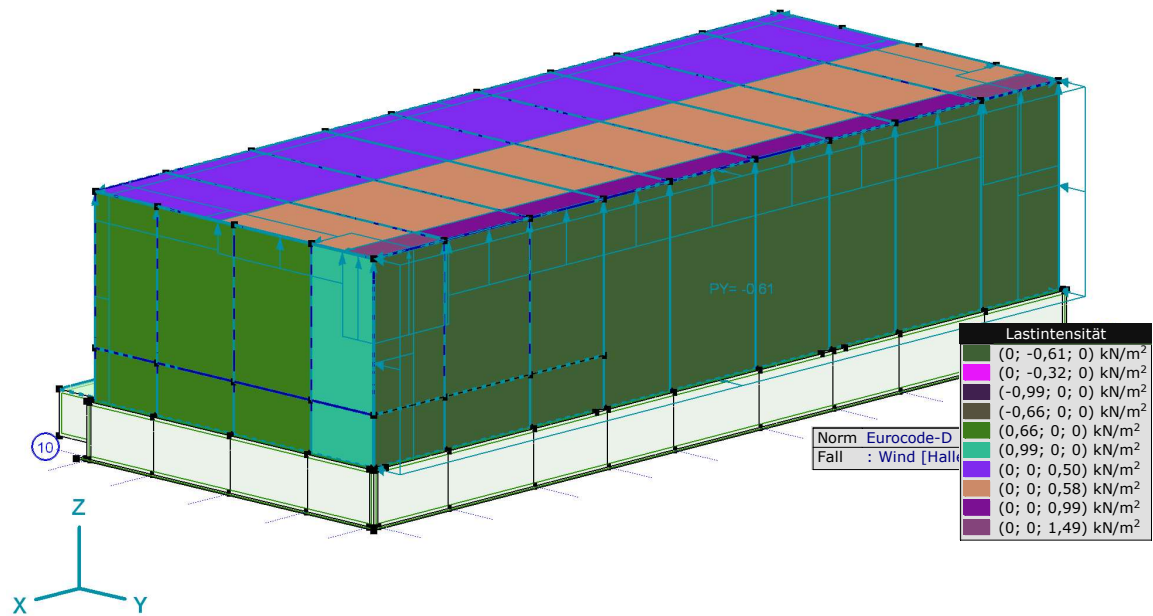
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.S.O (1)

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-.S.P

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| B    | -0,800   | 0,200    | -0,66                         | 0,17                          | -0,83                       |
| D    | 0,741    | 0,200    | 0,61                          | 0,17                          | 0,45                        |
| E    | -0,383   | 0,200    | -0,32                         | 0,17                          | -0,48                       |
| F    | -1,800   | 0,200    | -1,49                         | 0,17                          | -1,66                       |
| G    | -1,200   | 0,200    | -0,99                         | 0,17                          | -1,16                       |
| H    | -0,700   | 0,200    | -0,58                         | 0,17                          | -0,75                       |
| I    | -0,600   | 0,200    | -0,50                         | 0,17                          | -0,66                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;

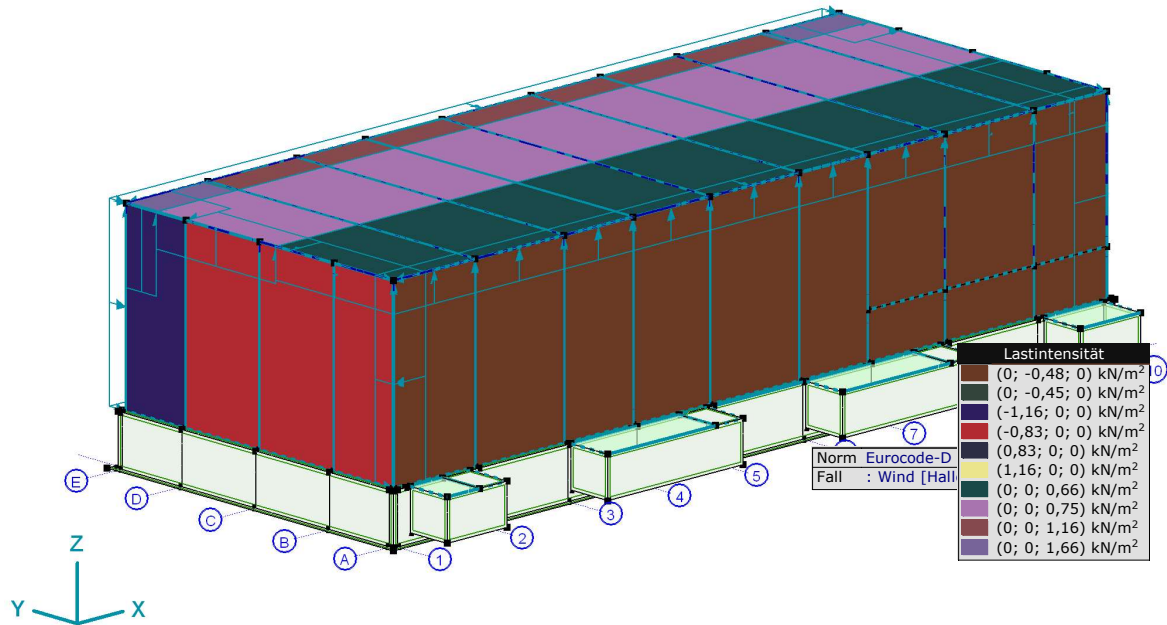
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

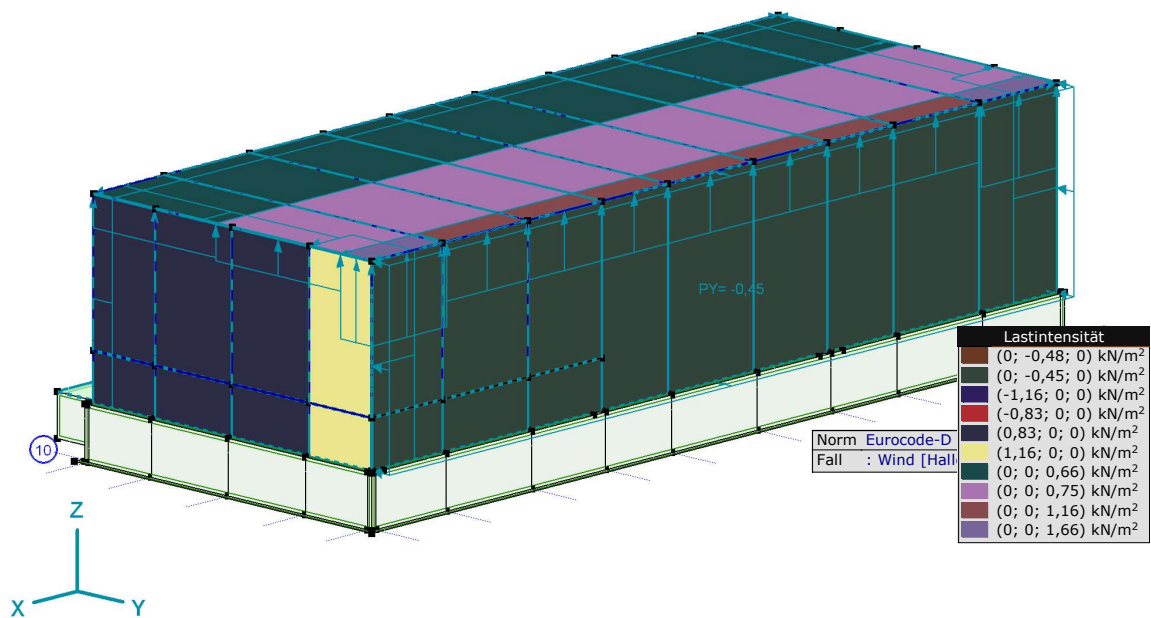
Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.S.P



Wind [Halle] Y-.S.P (1)



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.avs**

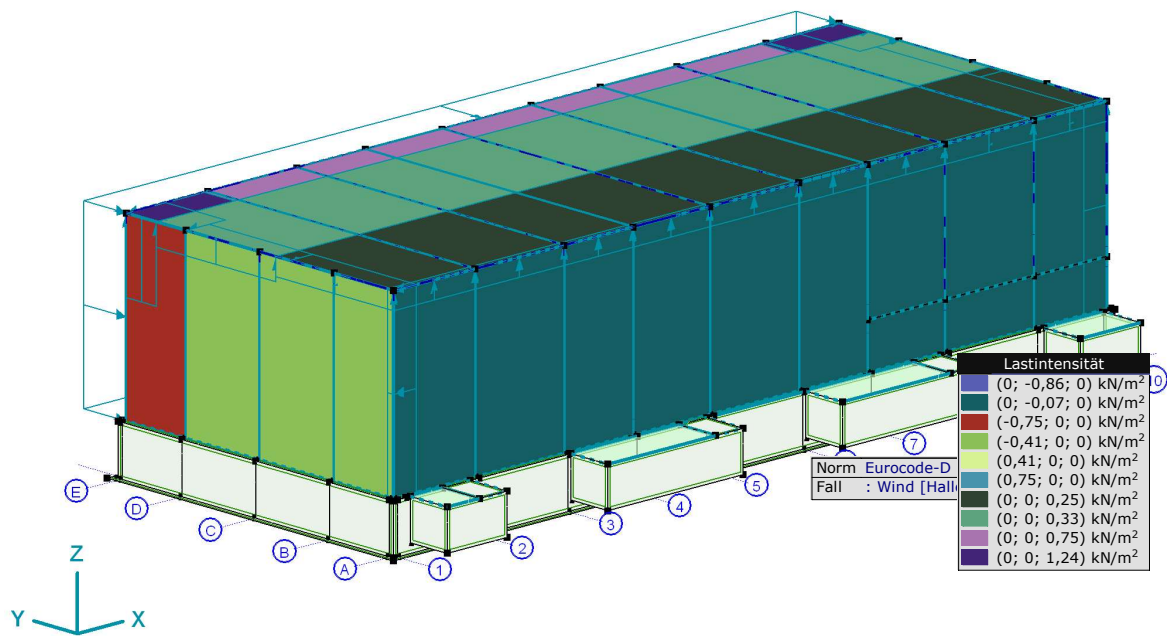
Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025

### Parameter Lastfall Wind, [Halle], Wind [Halle] Y-S.S

| Zone | $c_{pe}$ | $c_{pi}$ | $w_e$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w_i$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $w$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------|----------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| B    | -0,800   | -0,300   | -0,66                         | -0,25                         | -0,41                       |
| D    | 0,741    | -0,300   | 0,61                          | -0,25                         | 0,86                        |
| E    | -0,383   | -0,300   | -0,32                         | -0,25                         | -0,07                       |
| F    | -1,800   | -0,300   | -1,49                         | -0,25                         | -1,24                       |
| G    | -1,200   | -0,300   | -0,99                         | -0,25                         | -0,75                       |
| H    | -0,700   | -0,300   | -0,58                         | -0,25                         | -0,33                       |
| I    | -0,600   | -0,300   | -0,50                         | -0,25                         | -0,25                       |

$c_{pe}$ : Aussendruckbeiwert;  $c_{pi}$ : Innendruckbeiwert;  $w_e$ : Äusserer Winddruck;  $w_i$ : Innerer Winddruck;  $w$ : Resultierender Winddruck;



Wind [Halle] Y-S.S

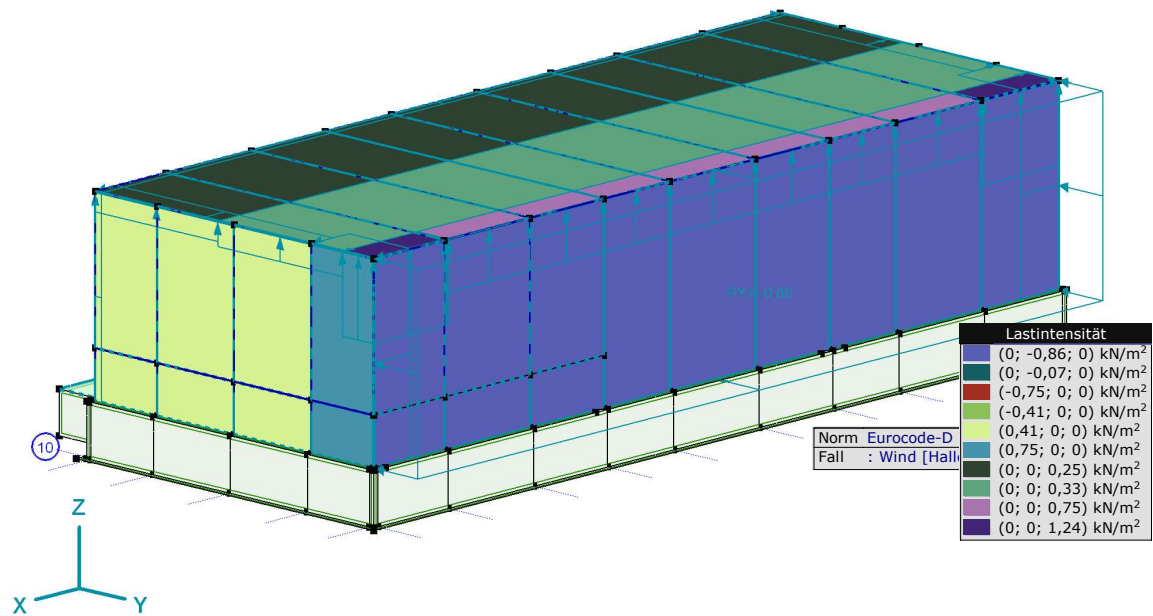
## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Windlast.axs**

Anlage 1 - Schnee- und Windlastparameter

27.01.2025



Wind [Halle] Y-.S.S (1)



**Anlage 2: Bemessung der Fundamentbalken**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: **8, 9, 10**

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 14$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,5$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c s_{pos} = 29,270 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {1,5\*Wind [Halle] Y+S.S} (1,5\*1\*NL Raum 1+1,5\*1\*NL**

**Raum 2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,7\*GBS 3-005+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 1+1,5\*0,7\*Kran Q1)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

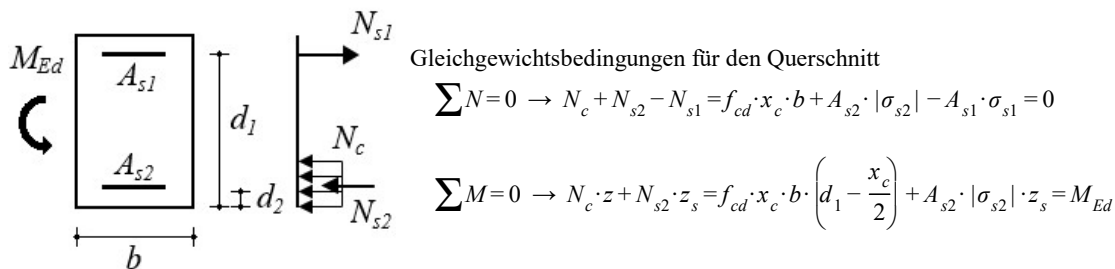
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 95,2 \text{ kNm}$$

### Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 95 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 7,597 \text{ mm}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,l} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 24,684 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {1,5\*GBS 3-073+1,5\*NL E 2.4 - 2} (1,5\*1\*NL Raum**

**2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.S.S+1,5\*0,7\*Kran Q2)**

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

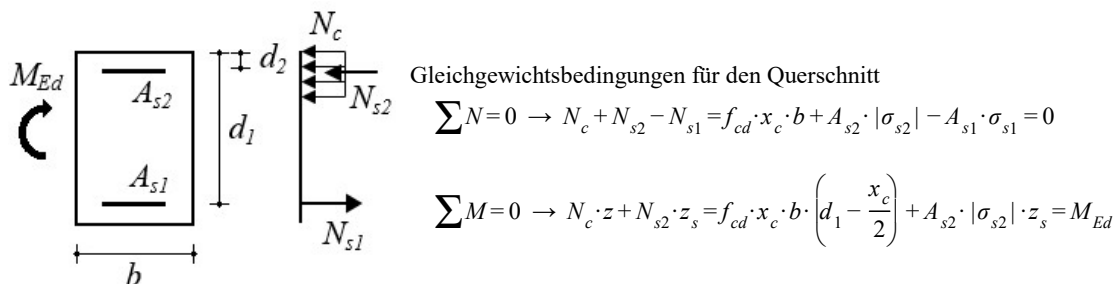
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 168 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



## Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 168 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 13,47 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,l} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

 Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes: 34,020 m

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

 EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3  
 G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Kran Q2} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*1\*NL  
 Kabelkanäle+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 3-001+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y-P.S)

### Geometrie

 Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0$  mm

 Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0$  mm

 Bügelabstand:  $s = 300$  mm

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 26 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 339,0 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 413,2 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (741 - 600)}{1,5} \cdot 1,5195^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26177 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

 Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26177 + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 232762 \text{ N} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5195 \cdot (100 \cdot 0,0013338 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 201859 \text{ N}$$

$$= 201,9 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 201,9 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 413,2 \text{ kNm} > \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{339,0 \cdot 1200,0}{4,5} = 90,392 \text{ !!} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 339,0 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 413,2}{339,0 \cdot 1200,0} \right) = 1888,4 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 232,8 \text{ kN} \text{ !!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

 Berechneter Bügelabstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.8\) \(6.26\) \(6.27\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{3,1}{339,0 + 2 \cdot 682 \cdot \frac{413,2}{2 \cdot 5,376 \cdot 10^5}} \cdot 666,9 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 103,5 \text{ mm} \rightarrow s = 100$$

mm

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N)} \quad \text{DIN EN 1992-1-1}$$

[9.2.2. \(5\) \(9.4\)](#)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{3,1}{100 \cdot 1200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0025656 = 2,566 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w; 0,016 + k_2; k_3) = \max(0 \cdot 14; 0,016 + 5; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 100 - 14 = 86 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN}$$

EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1

$$s = 100 \text{ mm} < s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: DIN EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 1200,0 \cdot 666,9 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 4251,5 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 5,376 \cdot 10^5 \cdot 240 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 959,6 \text{ kNm}$$

DIN EN 1992-1-1 (6.30)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: DIN EN 1992-1-16.3.2 (4) (NA 6.29.1)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}^2} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}^2} = \frac{413,2^2}{959,6^2} + \frac{339,0^2}{4251,5^2} = 0,19176 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 34,020 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3

G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Kran Q2} (1,5\*1\*NL Raum

2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 3-050+1,5\*0,7\*NL E 2.4 -

2+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y-P.S)

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 27,3 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 419,9 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{420}{2 \cdot 0,54} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{3}{4,35 \cdot 10^5} = 0,0027 \text{ m}^2 = 27,3 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 1,2 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 1,1 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,69 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,69}{0,35} - 1 = 0,977 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,0027}{2 \cdot (1 + 0,69)} = 0,00076 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$0,00026 < A_{\phi T} = 0,00031 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 1 = 2 \quad \varnothing 20 \text{ mm} \quad (0,00063 \text{ m}^2)$

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{s,l,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,0027 - \frac{2 \cdot 0,00076 \cdot 0,69}{1 + 1}}{2} = 0,0011 \text{ m}^2 = 11,0 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi T} + 2 \cdot \Delta A_{s,l,T} = 2 \cdot 1 \cdot 0,00031 + 2 \cdot 0,0011 = 0,0028 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,0027 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 3,253 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL Raum 3+0,8\*NL Kabelkanäle}**

**(0,3\*GBS 1-004+0,3\*NL E 2.4 - 2+0,3\*Kran Q2)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 187 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $6\phi 20 \quad (18,8 \text{ cm}^2)$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 187 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 19,520 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 2} (0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS**

**1-001+0,3\*NL E 2.4 - 2+0,3\*Kran Q2)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 55 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 55 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 13,970 \text{ m}$ 

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,3\*GBS 1-009+0,3\*NL E 2.4 - 1} (0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 3+0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*Kran Q1)**

|                             | linkes Auflager        | Feld               |             |                    | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max         | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 0,400                  | 14,370             | 14,370      | 14,370             | 14,370                 |
| $l_0$ [m]                   | 13,970                 |                    |             |                    |                        |
| Längsbewehrung oben         | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20 |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten        | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20 |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | 0           |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | 0           |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | 0           |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 370,6                  |                    | 0           |                    | 370,6                  |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 540,1                  |                    | 0           |                    | 540,1                  |
| $M$ [kNm]                   | 87,2                   |                    | 16,3        |                    | 16,3                   |
| $\zeta$                     | 0                      |                    | 0           |                    | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,6575                 |                    | 0           |                    | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$               | 12,765                 |                    | 0           |                    | 12,765                 |
| $\alpha$                    | 2,6575                 |                    | 0           |                    | 2,6575                 |
| $e_0$ [mm]                  | 5,8 (↓)                | 0                  | 3,6 (↓)     | 0                  | 3,6 (↓)                |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                  | 0           | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 5,8 (↓)                | 3,6 (↓)            | 3,6 (↓)     | 3,6 (↓)            | 3,6 (↓)                |

# Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

|               |        |        |        |        |        |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $e_{rel}[mm]$ | 0<br>✓ | 0<br>✓ | 0<br>✓ | 0<br>✓ | 0<br>✓ |
| $e_{lim}[mm]$ | 46,6   |        |        |        |        |

Feld 2 :

Spannweite:  $l_0 = 13,700$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,3\*Erddruck SLW60} (0,8\*NL Raum 2+0,3\*GBS**

**1-001+0,3\*NL E 2.4 - 2+0,3\*Kran Q1)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 15,170                 | 15,170             | 17,319                 | 28,870             | 28,870                 |
| $l_0[m]$             | 13,700                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c[mm^4]$          | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I[mm^4]$          | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}[mm^4]$       | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr}[kNm]$        | 370,6                  |                    | 370,6                  |                    | 370,6                  |
| $M_{Rd,II}[kNm]$     | 540,1                  |                    | 540,1                  |                    | 540,1                  |
| $M[kNm]$             | -14,1                  |                    | -51,0                  |                    | -17,3                  |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$        | 12,765                 |                    | 12,765                 |                    | 12,765                 |
| $\alpha$             | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $e_0[mm]$            | 3,6 (↓)                | 3,6 (↓)            | 3,6 (↓)                | 3,7 (↓)            | 3,7 (↓)                |
| $e_{0,rel}[mm]$      | 0                      | 0                  | 0 (↑)                  | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}[mm]$        | 3,6 (↓)                | 3,6 (↓)            | 3,5 (↓)                | 3,7 (↓)            | 3,7 (↓)                |
| $e_{rel}[mm]$        | 0<br>✓                 | 0<br>✓             | 0,1 (↑)<br>✓           | 0<br>✓             | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}[mm]$        | 45,7                   |                    |                        |                    |                        |

Feld 3 :

Spannweite:  $l_0 = 13,736$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 3} (0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS**

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse A

02.02.2025

### 3-045+0,3\*NL E 2.4 - 3+0,3\*Kran Q1)

|                             | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 29,669                 | 29,669             | 34,124                 | 34,124             | 43,405                 |
| $l_0$ [m]                   | 13,736                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben         | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten        | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 370,6                  |                    | 370,6                  |                    | 370,6                  |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 540,1                  |                    | 540,1                  |                    | 540,1                  |
| $M$ [kNm]                   | - 6,6                  |                    | - 13,8                 |                    | 95,9                   |
| $\zeta$                     | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$               | 12,765                 |                    | 12,765                 |                    | 12,765                 |
| $\alpha$                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $e_0$ [mm]                  | 3,7 (↓)                | 3,7 (↓)            | 4,2 (↓)                | 4,2 (↓)            | 5,9 (↓)                |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                  | 0                      | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 3,7 (↓)                | 3,7 (↓)            | 3,9 (↓)                | 3,9 (↓)            | 5,9 (↓)                |
| $e_{rel}$ [mm]              | 0<br>✓                 | 0<br>✓             | 0,5 (↑)<br>✓           | 0,5 (↑)<br>✓       | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}$ [mm]              | 45,8                   |                    |                        |                    |                        |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: **5, 6, 7**

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 14$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,5$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c_{s_{pos}} = 6,644 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3 G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 1-019+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2+1,5\*0,7\*Kran Q1+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.S)

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

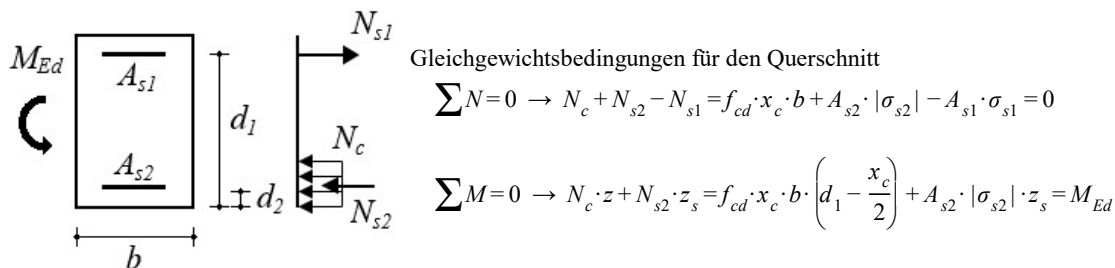
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 378,2 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 378 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

$$x_c = 30,66 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1211 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 28,535 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3 G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*GBS 3-022+1,5\*NL E 2.4 - 2} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,6\*Wind [Halle] X-P.S)**

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

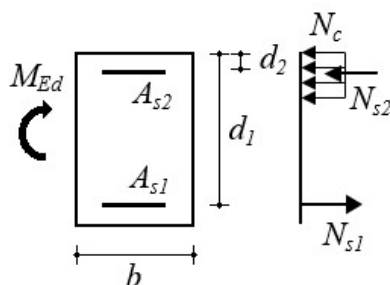
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 100 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 236 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



Gleichgewichtsbedingungen für den Querschnitt

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left( d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

## Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 236 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 18,96 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes: 10,520 m

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Kran Q1} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 1-021+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.S)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 85,58 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 20 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 417,8 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 504,1 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (741 - 600)}{1,5} \cdot 1,5195^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26177 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26177 + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 232762 \text{ N} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5195 \cdot (100 \cdot 0,0013338 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 201859 \text{ N}$$

$$= 201,9 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 201,9 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 504,1 \text{ kNm} > \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{417,8 \cdot 1200,0}{4,5} = 111,42 \text{ !!} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 417,8 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 504,1}{417,8 \cdot 1200,0} \right) = 2308,0 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 232,8 \text{ kN} \text{ !!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

Berechneter Bügelabstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.8\) \(6.26\) \(6.27\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{3,1}{417,8 + 2 \cdot 682 \cdot \frac{504,1}{2 \cdot 5,376 \cdot 10^5}} \cdot 666,9 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 84,48 \text{ mm} \rightarrow s = 84 \text{ mm}$$

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N)} \quad \text{DIN EN 1992-1-1}$$

[9.2.2. \(5\) \(9.4\)](#)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{3,1}{84 \cdot 1200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0030543 = 3,054 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 + k_2 ; k_3) = \max(0 \cdot 14 ; 0,016 + 5 ; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 84 - 14 = 70 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN EN}$$

1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1

$$s = 84 \text{ mm} < s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: DIN EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 1200,0 \cdot 666,9 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 4251,5 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 5,376 \cdot 10^5 \cdot 240 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 959,6 \text{ kNm}$$

DIN EN 1992-1-1 (6.30)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: DIN EN 1992-1-16.3.2 (4) (NA 6.29.1)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}^2} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}^2} = \frac{504,1^2}{959,6^2} + \frac{417,8^2}{4251,5^2} = 0,28557 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 10,520 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3**

**G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Kran Q1} (1,5\*1\*NL Raum**

**2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 1-020+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2+1,5\*0,6\*Wind [Halle]**

**Y+.P.S)**

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 85,58 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 27,2 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 507,6 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{|508|}{2 \cdot 0,54} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{3}{4,35 \cdot 10^5} = 0,0033 \text{ m}^2 = 33,0 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 1,2 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 1,1 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,69 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,69}{0,35} - 1 = 0,977 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,0033}{2 \cdot (1,1 + 0,69)} = 0,00092 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$0,00032 > A_{\phi,T} = 0,00031 \text{ m}^2 \quad !!$$

Erforderliche Anzahl seitlicher Längsbewehrungsseisen zur Aufnahme der Torsionsbeanspruchung:

$$n_{\phi,T} = \frac{a_{sl,T} \cdot z_H}{A_{\phi,T}} - 1 = \frac{0,00092 \cdot 0,69}{0,00031} - 1 = 1,04 \rightarrow n_{\phi,T} = 2 \text{ St.}$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ } \varnothing 20 \text{ mm (0,0013 m}^2\text{)}$

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,0033 - \frac{2 \cdot 0,00092 \cdot 0,69}{2 + 1}}{2} = 0,0014 \text{ m}^2 = 14,4 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi,T} + 2 \cdot \Delta A_{sl,T} = 2 \cdot 2 \cdot 0,00031 + 2 \cdot 0,0014 = 0,0041 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,0033 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 36,770 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,3\*Kran Q1} (0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum**

**2+0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS 3-018+0,3\*NL E 2.4 - 2)**

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 236 \text{ kNm}$$

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $6\phi 20 \quad (18,8 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 236 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 28,870 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 2} (0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS**

**3-022+0,3\*NL E 2.4 - 2)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 114 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 100 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $6\phi 20 \quad (18,8 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 114 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

#### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 13,970 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 3+0,8\*NL Kabelkanäle} (0,3\*GBS**

**1-024+0,3\*NL E 2.4 - 3+0,3\*Kran Q1)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 0,400                  | 14,093             | 14,093                 | 14,370             | 14,370                 |
| $l_0 [m]$            | 13,970                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 6 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 5 $\phi$ 20            |                    | 6 $\phi$ 20            |                    | 6 $\phi$ 20            |
| $I_c [mm^4]$         | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I [mm^4]$         | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $1,403 \cdot 10^{10}$  |                    | $1,403 \cdot 10^{10}$  |                    | $1,2086 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr} [kNm]$       | 376,6                  |                    | 376,6                  |                    | 373,1                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 644,6                  |                    | 644,6                  |                    | 540,5                  |
| $M [kNm]$            | 62,2                   |                    | -35,1                  |                    | -35,1                  |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |
| $\alpha_{II}$        | 10,948                 |                    | 10,948                 |                    | 12,709                 |
| $\alpha$             | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

|                  |         |              |              |         |         |
|------------------|---------|--------------|--------------|---------|---------|
| $e_0 [mm]$       | 7,2 (↓) | 5,3 (↓)      | 5,3 (↓)      | 5,3 (↓) | 5,3 (↓) |
| $e_{0,rel} [mm]$ | 0       | 0            | 0            | 0       | 0       |
| $e_{abs} [mm]$   | 7,2 (↓) | 5,2 (↓)      | 5,2 (↓)      | 5,3 (↓) | 5,3 (↓) |
| $e_{rel} [mm]$   | 0<br>✓  | 0,1 (↑)<br>✓ | 0,1 (↑)<br>✓ | 0<br>✓  | 0<br>✓  |
| $e_{lim} [mm]$   | 46,6    |              |              |         |         |

Feld 2 :

Spannweite:  $l_0 = 13,700$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,3\*Kran Q2} (0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL**
**Kabelkanäle+0,3\*GBS 1-015+0,3\*NL E 2.4 - 2)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 15,170                 | 15,170             | 22,270                 | 28,870             | 28,870                 |
| $l_0 [m]$            | 13,700                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 5 $\phi$ 20            |                    | 6 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 6 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 6 $\phi$ 20            |
| $I_c [mm^4]$         | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I [mm^4]$         | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $1,2086 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,403 \cdot 10^{10}$  |                    | $1,2086 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr} [kNm]$       | 373,1                  |                    | 376,6                  |                    | 373,1                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 540,5                  |                    | 644,6                  |                    | 540,5                  |
| $M [kNm]$            | - 102,2                |                    | - 104,4                |                    | - 104,4                |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |
| $\alpha_{II}$        | 12,709                 |                    | 10,948                 |                    | 12,709                 |
| $\alpha$             | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |                    | 2,6277                 |
| $e_0 [mm]$           | 5,7 (↓)                | 5,7 (↓)            | 5,6 (↓)                | 5,9 (↓)            | 5,9 (↓)                |
| $e_{0,rel} [mm]$     | 0                      | 0                  | 0,2 (↑)                | 0                  | 0                      |
| $e_{abs} [mm]$       | 5,7 (↓)                | 5,7 (↓)            | 5,2 (↓)                | 5,9 (↓)            | 5,9 (↓)                |
| $e_{rel} [mm]$       | 0<br>✓                 | 0<br>✓             | 0,5 (↑)<br>✓           | 0<br>✓             | 0<br>✓                 |
| $e_{lim} [mm]$       | 45,7                   |                    |                        |                    |                        |

Feld 3 :

Spannweite:  $l_0 = 13,735$  m

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse E

02.02.2025

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast  
EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran  
G+Vormauierung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Kabelkanäle} (0,3\*GBS  
3-014+0,3\*NL E 2.4 - 1+0,3\*Kran Q1)**

|                             | linkes Auflager        | Feld                   |                        |                        | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-<br>nullpunkt | max                    | Momenten-<br>nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 29,670                 | 29,670                 | 29,998                 | 29,998                 | 43,405                 |
| $l_0$ [m]                   | 13,735                 |                        |                        |                        |                        |
| Längsbewehrung<br>oben      | 5 $\phi$ 20            |                        | 5 $\phi$ 20            |                        | 6 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung<br>unten     | 6 $\phi$ 20            |                        | 6 $\phi$ 20            |                        | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                        | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                        | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                        | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |                        | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $1,2086 \cdot 10^{10}$ |                        | $1,403 \cdot 10^{10}$  |                        | $1,403 \cdot 10^{10}$  |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 373,1                  |                        | 376,6                  |                        | 376,6                  |
| $M_{Ra,II}$ [kNm]           | 540,5                  |                        | 644,6                  |                        | 644,6                  |
| $M$ [kNm]                   | -43,1                  |                        | -43,1                  |                        | 72,2                   |
| $\zeta$                     | 0                      |                        | 0                      |                        | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,6277                 |                        | 2,6277                 |                        | 2,6277                 |
| $\alpha_{II}$               | 12,709                 |                        | 10,948                 |                        | 10,948                 |
| $\alpha$                    | 2,6277                 |                        | 2,6277                 |                        | 2,6277                 |
| $e_0$ [mm]                  | 5,5 (↓)                | 5,5 (↓)                | 5,5 (↓)                | 5,5 (↓)                | 7,5 (↓)                |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 5,5 (↓)                | 5,5 (↓)                | 5,4 (↓)                | 5,4 (↓)                | 7,5 (↓)                |
| $e_{rel}$ [mm]              | 0<br>✓                 | 0<br>✓                 | 0,1 (↑)<br>✓           | 0,1 (↑)<br>✓           | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}$ [mm]              | 45,8                   |                        |                        |                        |                        |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: 4

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 14$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,5$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 4,116 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {1,5\*Kran Q1} (1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,6\*Wind [Halle]**

**Y-S.P+1,5\*0,7\*GBS 1-007+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

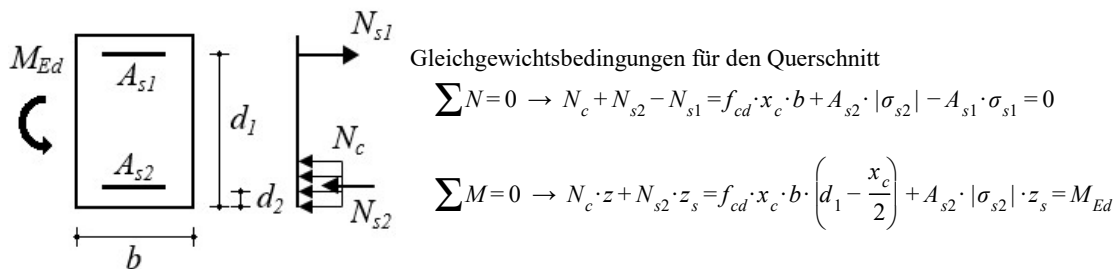
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 27,0 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 27 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 2,15 \text{ mm}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 3,511 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3

G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofil] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum

1+1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,6\*Wind [Halle]

Y+S.S.+1,5\*0,7\*GBS 1-001+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 1)

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

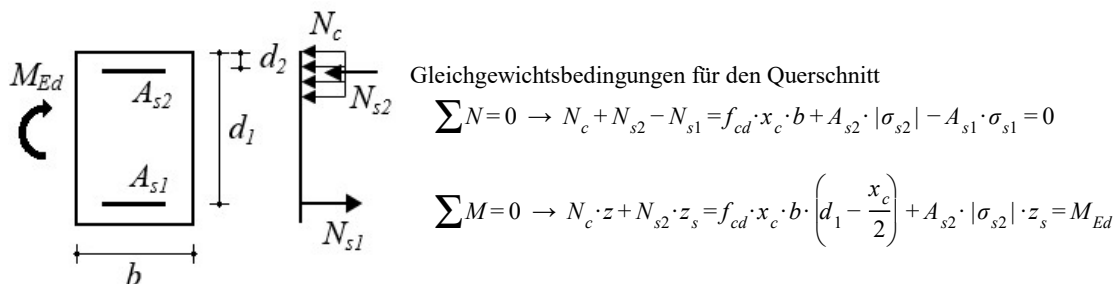
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 234 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



## Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 234 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 18,81 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes: 13,390 m

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbauast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 1-013+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 2+1,5\*0,7\*Kran Q1+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.P)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0$  mm

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0$  mm

Bügelabstand:  $s = 300$  mm

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 113 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 389,0 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 522,9 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (741 - 600)}{1,5} \cdot 1,5195^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26177 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: **DIN EN 1992-1-1 6.2.2. (1)**

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26177 + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 232762 \text{ N} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5195 \cdot (100 \cdot 0,0013338 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 201859 \text{ N}$$

$$= 201,9 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 201,9 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 522,9 \text{ kNm} > \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{389,0 \cdot 1200,0}{4,5} = 103,73 \text{ kNm} \quad \text{!!} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 389,0 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 522,9}{389,0 \cdot 1200,0} \right) = 2349,9 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 232,8 \text{ kN} \quad \text{!!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

Berechneter Bügelabstand: **DIN EN 1992-1-1 (6.8) (6.26) (6.27)**

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{3,1}{389,0 + 2 \cdot 682 \cdot \frac{522,9}{2 \cdot 5,376 \cdot 10^5}} \cdot 666,9 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 84,87 \text{ mm} \rightarrow s = 84 \text{ mm}$$

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N)} \quad \text{DIN EN 1992-1-1}$$

**9.2.2. (5) (9.4)**

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{3,1}{84 \cdot 1200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0030543 = 3,054 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 + k_2 ; k_3) = \max(0 \cdot 14 ; 0,016 + 5 ; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 84 - 14 = 70 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN EN}$$

1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1

$$s = 84 \text{ mm} < s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: DIN EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 1200,0 \cdot 666,9 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 4251,5 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 5,376 \cdot 10^5 \cdot 240 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 959,6 \text{ kNm}$$

DIN EN 1992-1-1 (6.30)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: DIN EN 1992-1-16.3.2 (4) (NA 6.29.1)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}} = \frac{522,9^2}{959,6} + \frac{389,0^2}{4251,5} = 0,3053 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 13,390 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3

G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum

2+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 1-013+1,5\*0,7\*NL E 2.4 -

2+1,5\*0,7\*Kran Q1+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.P)

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 113,4 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 522,9 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{523}{2 \cdot 0,54} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{3}{4,35 \cdot 10^5} = 0,0034 \text{ m}^2 = 34,0 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 1,2 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 1,1 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,69 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,69}{0,35} - 1 = 0,977 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,0034}{2 \cdot (1,1 + 0,69)} = 0,00095 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$0,00033 > A_{\phi T} = 0,00031 \text{ m}^2 \quad \text{!!}$$

Erforderliche Anzahl seitlicher Längsbewehrungsseisen zur Aufnahme der Torsionsbeanspruchung:

$$n_{\phi,T} = \frac{a_{sl,T} \cdot z_H}{A_{\phi T}} - 1 = \frac{0,00095 \cdot 0,69}{0,00031} - 1 = 1,1 \rightarrow n_{\phi,T} = 2 \text{ St.}$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ } \varnothing 20 \text{ mm (0,0013 m}^2\text{)}$

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,0034 - \frac{2 \cdot 0,00095 \cdot 0,69}{2 + 1}}{2} = 0,0015 \text{ m}^2 = 14,8 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi T} + 2 \cdot \Delta A_{sl,T} = 2 \cdot 2 \cdot 0,00031 + 2 \cdot 0,0015 = 0,0042 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,0034 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 11,005 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Kabelkanäle} (0,3\*GBS 1-012+0,3\*NL E 2.4 - 2+0,3\*Kran Q1)**

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 116 \text{ kNm}$$

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 116 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 3,850 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL Raum 3}**

**(0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS 1-001+0,3\*NL E 2.4 - 1)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 148 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $7\phi 20 \quad (22,0 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,7222 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3770 \cdot (6,3541 - 1)} = 401,2 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,1201 \cdot 10^{10} + 4,3787 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3546 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,054}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 344,4 \text{ kNm} > M_{Ed} = 148 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

#### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 16,205 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL Raum 3}**

**(0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS 1-016+0,3\*NL E 2.4 - 1)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 0,400                  | 0,400              | 10,671                 | 13,586             | 16,605                 |
| $l_0 [m]$            | 16,205                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 6 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c [mm^4]$         | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I [mm^4]$         | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,9103 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,8454 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,594 \cdot 10^{10}$  |                    | $1,403 \cdot 10^{10}$  |
| $M_{cr} [kNm]$       | 370,6                  |                    | 382,6                  |                    | 376,6                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 540,1                  |                    | 748,3                  |                    | 644,6                  |
| $M [kNm]$            | -16,3                  |                    | -148,2                 |                    | 72,5                   |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6575                 |                    | 2,5988                 |                    | 2,6277                 |
| $\alpha_{II}$        | 12,765                 |                    | 9,6362                 |                    | 10,948                 |
| $\alpha$             | 2,6575                 |                    | 2,5988                 |                    | 2,6277                 |

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 1

02.02.2025

|                  |         |         |              |              |         |
|------------------|---------|---------|--------------|--------------|---------|
| $e_0 [mm]$       | 5,9 (↓) | 5,9 (↓) | 7,2 (↓)      | 7,7 (↓)      | 8,2 (↓) |
| $e_{0,rel} [mm]$ | 0       | 0       | 0,1 (↑)      | 0            | 0       |
| $e_{abs} [mm]$   | 5,9 (↓) | 5,9 (↓) | 6,8 (↓)      | 7,5 (↓)      | 8,2 (↓) |
| $e_{rel} [mm]$   | 0<br>✓  | 0<br>✓  | 0,6 (↑)<br>✓ | 0,3 (↑)<br>✓ | 0<br>✓  |
| $e_{lim} [mm]$   | 54,0    |         |              |              |         |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: **1**

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 14$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,5$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 14 + \frac{20}{2} = 59 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c_{s_{pos}} = 16,489 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3**  
**G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Kran Q1} (1,5\*1\*NL Raum**  
**3+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 2-015+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 3+1,5\*0,6\*Wind [Halle]**  
**X+.P.P)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

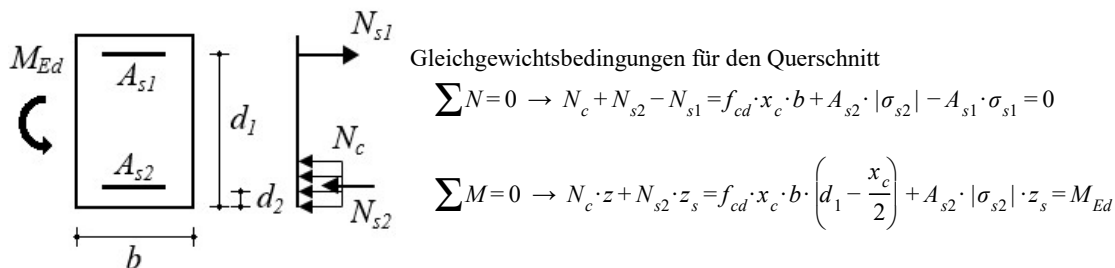
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 396,9 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(741 - \frac{365,6}{2}\right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 397 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

$$x_c = 32,21 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1272 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 0,436 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {1,5\*Erddruck SLW60} (1,5\*1\*NL Raum 1+1,5\*1\*NL Raum**

**2+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.S.S+1,5\*0,7\*GBS 2-014+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 1)**

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

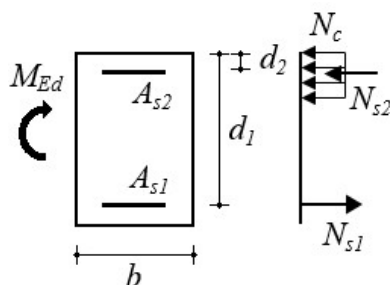
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 38 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



Gleichgewichtsbedingungen für den Querschnitt

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left( d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

## Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 741 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 741 = 457 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 457 = 365,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 741 - \frac{365,6}{2} \right) \cdot 365,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4693 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 38 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 2,998 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 1186 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes: 16,840 m

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum 1+1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 2-015+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 1+1,5\*0,7\*Kran Q1+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.P)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0$  mm

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0$  mm

Bügelabstand:  $s = 300$  mm

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 377 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 334,8 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 70,1 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (741 - 600)}{1,5} \cdot 1,5195^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26177 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26177 + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 232762 \text{ N} = 232,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5195 \cdot (100 \cdot 0,0014305 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 741 = 206626 \text{ N}$$

$$= 206,6 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 206,6 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 232,8 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 70,1 \text{ kNm} < \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{334,8 \cdot 1200,0}{4,5} = 89,293 \quad \checkmark \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 334,8 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 70,1}{334,8 \cdot 1200,0} \right) = 597,6 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 232,8 \text{ kN} \quad \text{!!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

Berechneter Bügelabstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.8\) \(6.26\) \(6.27\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{3,1}{334,8 + 2 \cdot 682 \cdot \frac{70,1}{2 \cdot 5,376 \cdot 10^5}} \cdot 666,9 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 210,8 \text{ mm} \rightarrow s = 200$$

mm

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N)} \quad \text{DIN EN 1992-1-1}$$

[9.2.2. \(5\) \(9.4\)](#)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{3,1}{200 \cdot 1200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0012828 = 1,283 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w; 0,016 + k_2; k_3) = \max(0 \cdot 14; 0,016 + 5; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 200 - 14 = 186 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1}$$

$$s = 200 \text{ mm} = s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \times$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: DIN EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 1200,0 \cdot 666,9 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 4251,5 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 5,376 \cdot 10^5 \cdot 240 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 959,6 \text{ kNm}$$

DIN EN 1992-1-1 (6.30)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: DIN EN 1992-1-16.3.2 (4) (NA 6.29.1)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}^2} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}^2} = \frac{70,1^2}{959,6^2} + \frac{334,8^2}{4251,5^2} = 0,011533 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 1,540 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbauast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3**  
**G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*GBS 1-045+1,5\*NL E 2.4 - 2} (1,5\*1\*NL**  
**Raum 2+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.S.P+1,5\*0,7\*Kran Q2)**

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 19,5 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 110,2 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{|110|}{2 \cdot 0,54} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{3}{4,35 \cdot 10^5} = 0,00072 \text{ m}^2 = 7,2 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 1,2 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 1,1 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,69 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$

#### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,69}{0,35} - 1 = 0,977 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,00072}{2 \cdot (1 + 0,69)} = 0,0002 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$6,9457 \cdot 10^{-5} < A_{\phi,T} = 0,00031 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 1 = 2 \quad \varnothing 20 \text{ mm} \quad (0,00063 \text{ m}^2)$

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,00072 - \frac{2 \cdot 0,0002 \cdot 0,69}{1 + 1}}{2} = 0,00029 \text{ m}^2 = 2,9 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi,T} + 2 \cdot \Delta A_{sl,T} = 2 \cdot 1 \cdot 0,00031 + 2 \cdot 0,00029 = 0,0012 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,00072 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 16,840 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 3} (0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS**

**2-015+0,3\*NL E 2.4 - 3+0,3\*Kran Q1)**

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 248 \text{ kNm}$$

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 248 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 3,650 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 2} (0,3\*GBS 2-001+0,3\*NL E 2.4 - 1+0,3\*Kran Q2)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 6,7 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6531 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3156 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 340,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 6,7 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 3,250 \text{ m}$ 

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 2} (0,3\*Erddruck**
**SLW60+0,3\*GBS 1-073+0,3\*NL E 2.4 - 2)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 0,400                  | 2,714              | 3,080                  | 3,650              | 3,650                  |
| $l_0 [m]$            | 3,250                  |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c [mm^4]$         | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I [mm^4]$         | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr} [kNm]$       | 370,6                  |                    | 370,6                  |                    | 370,6                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 540,1                  |                    | 540,1                  |                    | 540,1                  |
| $M [kNm]$            | 50,8                   |                    | - 3,7                  |                    | - 3,7                  |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$        | 12,765                 |                    | 12,765                 |                    | 12,765                 |
| $\alpha$             | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $e_0 [mm]$           | 4,0 (↓)                | 4,3 (↓)            | 4,3 (↓)                | 4,4 (↓)            | 4,4 (↓)                |
| $e_{0,rel} [mm]$     | 0                      | 0                  | 0 (↓)                  | 0                  | 0                      |
| $e_{abs} [mm]$       | 4,0 (↓)                | 4,3 (↓)            | 4,3 (↓)                | 4,4 (↓)            | 4,4 (↓)                |

# Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

|               |        |            |            |        |        |
|---------------|--------|------------|------------|--------|--------|
| $e_{rel}[mm]$ | 0<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0<br>✓ | 0<br>✓ |
| $e_{lim}[mm]$ | 10,8   |            |            |        |        |

Feld 2 :

Spannweite:  $l_0 = 4,370$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,3\*GBS 2-005+0,3\*NL E 2.4 - 2} (0,8\*NL Raum 1+0,8\*NL Raum 2+0,3\*Erddruck SLW60)**

|                      | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]            | 4,050                  | 4,050              | 4,248                  | 4,327              | 8,420                  |
| $l_0[m]$             | 4,370                  |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben  | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c[mm^4]$          | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I[mm^4]$          | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}[mm^4]$       | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr}[kNm]$        | 370,6                  |                    | 370,6                  |                    | 370,6                  |
| $M_{Rd,II}[kNm]$     | 540,1                  |                    | 540,1                  |                    | 540,1                  |
| $M[kNm]$             | - 3,1                  |                    | - 3,1                  |                    | 14,0                   |
| $\zeta$              | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$           | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$        | 12,765                 |                    | 12,765                 |                    | 12,765                 |
| $\alpha$             | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |                    | 2,6575                 |
| $e_0[mm]$            | 4,5 (↓)                | 4,5 (↓)            | 4,5 (↓)                | 4,5 (↓)            | 5,0 (↓)                |
| $e_{0,rel}[mm]$      | 0                      | 0                  | 0 (↓)                  | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}[mm]$        | 4,5 (↓)                | 4,5 (↓)            | 4,5 (↓)                | 4,5 (↓)            | 5,0 (↓)                |
| $e_{rel}[mm]$        | 0<br>✓                 | 0<br>✓             | 0 (↓)<br>✓             | 0 (↑)<br>✓         | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}[mm]$        | 14,6                   |                    |                        |                    |                        |

Feld 3 :

Spannweite:  $l_0 = 4,370$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Kabelkanäle} (0,3\*GBS 2-004+0,3\*NL E 2.4 -**

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

### 3+0,3\*Kran Q2)

|                             | linkes Auflager           | Feld               |             |                    | rechtes Auflager          |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------|-------------|--------------------|---------------------------|
|                             | rechter Rand              | Momenten-nullpunkt | max         | Momenten-nullpunkt | linker Rand               |
| Abst. [m]                   | 8,820                     | 8,820              | 8,820       | 8,820              | 13,190                    |
| $l_0$ [m]                   | 4,370                     |                    |             |                    |                           |
| Längsbewehrung oben         | 5 $\phi$ 20               |                    | 5 $\phi$ 20 |                    | 5 $\phi$ 20               |
| Längsbewehrung unten        | 5 $\phi$ 20               |                    | 5 $\phi$ 20 |                    | 5 $\phi$ 20               |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | 5,12 · 10 <sup>10</sup>   |                    | 0           |                    | 5,12 · 10 <sup>10</sup>   |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | 5,7798 · 10 <sup>10</sup> |                    | 0           |                    | 5,7798 · 10 <sup>10</sup> |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | 1,2033 · 10 <sup>10</sup> |                    | 0           |                    | 1,2033 · 10 <sup>10</sup> |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 370,6                     |                    | 0           |                    | 370,6                     |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 540,1                     |                    | 0           |                    | 540,1                     |
| $M$ [kNm]                   | 20,9                      |                    | 20,9        |                    | 40,7                      |
| $\zeta$                     | 0                         |                    | 0           |                    | 0                         |
| $\alpha_I$                  | 2,6575                    |                    | 0           |                    | 2,6575                    |
| $\alpha_{II}$               | 12,765                    |                    | 0           |                    | 12,765                    |
| $\alpha$                    | 2,6575                    |                    | 0           |                    | 2,6575                    |
| $e_0$ [mm]                  | 4,1 (↓)                   | 0                  | 4,1 (↓)     | 0                  | 4,5 (↓)                   |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                         | 0                  | 0           | 0                  | 0                         |
| $e_{abs}$ [mm]              | 4,1 (↓)                   | 4,1 (↓)            | 4,1 (↓)     | 4,1 (↓)            | 4,5 (↓)                   |
| $e_{rel}$ [mm]              | 0<br>✓                    | 0<br>✓             | 0<br>✓      | 0<br>✓             | 0<br>✓                    |
| $e_{lim}$ [mm]              | 14,6                      |                    |             |                    |                           |

Feld 4 :

Spannweite:  $l_0 = 3,251$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Kabelkanäle} (0,3\*GBS 2-004+0,3\*NL E 2.4 -**

**3+0,3\*Kran Q2)**

|                     | linkes Auflager | Feld               |             |                    | rechtes Auflager |
|---------------------|-----------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------|
|                     | rechter Rand    | Momenten-nullpunkt | max         | Momenten-nullpunkt | linker Rand      |
| Abst. [m]           | 13,589          | 13,589             | 13,589      | 13,589             | 16,840           |
| $l_0$ [m]           | 3,251           |                    |             |                    |                  |
| Längsbewehrung oben | 5 $\phi$ 20     |                    | 5 $\phi$ 20 |                    | 5 $\phi$ 20      |



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 4

02.02.2025

| Längsbewehrung<br>unten | 5 $\phi$ 20            |         | 5 $\phi$ 20 |         | 5 $\phi$ 20            |
|-------------------------|------------------------|---------|-------------|---------|------------------------|
| $I_c [mm^4]$            | $5,12 \cdot 10^{10}$   |         | 0           |         | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I [mm^4]$            | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |         | 0           |         | $5,7798 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$         | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |         | 0           |         | $1,2033 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr} [kNm]$          | 370,6                  |         | 0           |         | 370,6                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$       | 540,1                  |         | 0           |         | 540,1                  |
| $M [kNm]$               | 41,1                   |         | 41,1        |         | 230,7                  |
| $\zeta$                 | 0                      |         | 0           |         | 0                      |
| $\alpha_I$              | 2,6575                 |         | 0           |         | 2,6575                 |
| $\alpha_{II}$           | 12,765                 |         | 0           |         | 12,765                 |
| $\alpha$                | 2,6575                 |         | 0           |         | 2,6575                 |
| $e_0 [mm]$              | 4,6 (↓)                | 0       | 4,6 (↓)     | 0       | 4,9 (↓)                |
| $e_{0,rel} [mm]$        | 0                      | 0       | 0           | 0       | 0                      |
| $e_{abs} [mm]$          | 4,6 (↓)                | 4,6 (↓) | 4,6 (↓)     | 4,6 (↓) | 4,9 (↓)                |
| $e_{rel} [mm]$          | 0<br>✓                 | 0<br>✓  | 0<br>✓      | 0<br>✓  | 0<br>✓                 |
| $e_{lim} [mm]$          | 10,8                   |         |             |         |                        |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: 2

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 12$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c_{s_{pos}} = 3,594 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*Erddruck SLW60} (1,5\*1\*NL Raum 1+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.S.P+1,5\*0,7\*GBS 3-006+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 1+1,5\*0,7\*Kran Q1)

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

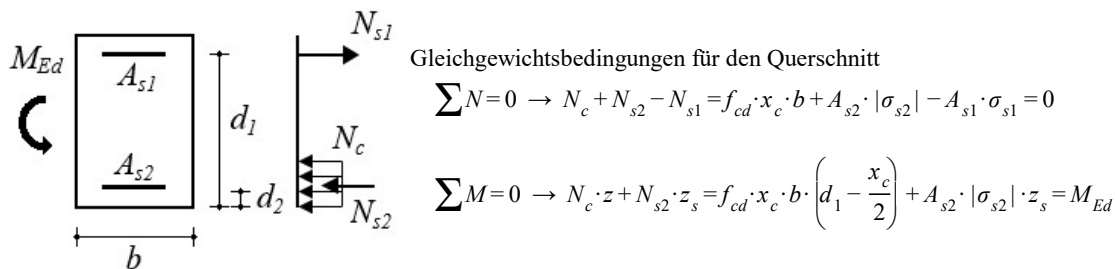
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 40,8 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 743 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 743 = 458,2 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 458,2 = 366,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 743 - \frac{366,6}{2} \right) \cdot 366,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4881 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 41 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 3,235 \text{ mm}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,l} = 1189 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 2,734 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {1,5\*NL Dach Kat. H} (1,5\*1\*NL Raum 2+1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*GBS 2-073+1,5\*0,7\*NL E 2.4 - 3+1,5\*0,7\*Kran Q2+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y-P.S)**

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

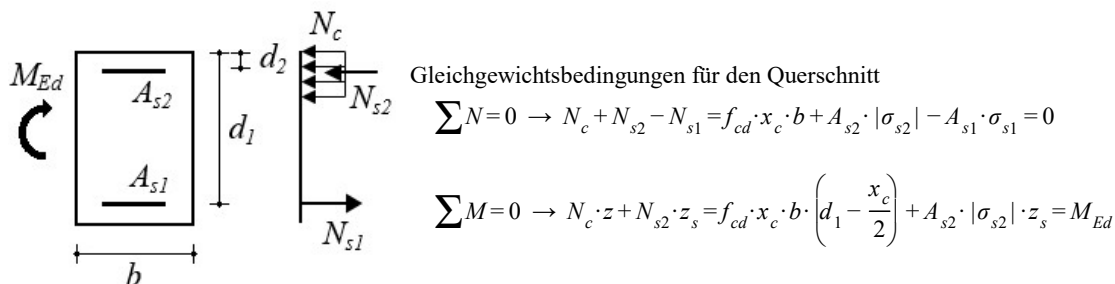
Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 42 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



## Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 743 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 743 = 458,2 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 458,2 = 366,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 743 - \frac{366,6}{2} \right) \cdot 366,6 \cdot 1200,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 3,4881 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 42 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 3,349 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,l} = 1189 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 11,9 \text{ cm}^2)$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes: 16,640 m

Lastfall/Lastkombination: [1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbauast

EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsockel+1,3 G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*GBS 2-023+1,5\*NL E 2.4 - 3} (1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*0,7\*Erddruck SLW60+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*Kran Q1+1,5\*0,6\*Wind [Halle] Y+.P.P)

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 100 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 294 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 264,7 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 98,0 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (743 - 600)}{1,5} \cdot 1,5188^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26065 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26065 + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 743 = 232395 \text{ N} = 232,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5188 \cdot (100 \cdot 0,0013338 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 1200 \cdot 743 = 202311 \text{ N}$$

$$= 202,3 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 202,3 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 232,4 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 232,4 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 98,0 \text{ kNm} > \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{264,7 \cdot 1200,0}{4,5} = 70,579 \text{ kNm} \quad \text{!!} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 264,7 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 98,0}{264,7 \cdot 1200,0} \right) = 632,1 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 232,4 \text{ kN} \quad \text{!!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

Berechneter Bügelabstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.8\) \(6.26\) \(6.27\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{2,3}{264,7 + 2 \cdot 686 \cdot \frac{98,0}{2 \cdot 5,376 \cdot 10^5}} \cdot 668,7 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 168,8 \text{ mm} \rightarrow s = 100$$

mm

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N)} \quad \text{DIN EN 1992-1-1}$$

9.2.2. (5) (9.4)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2,3}{100 \cdot 1200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,001885 = 1,885 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w; 0,016 + k_2; k_3) = \max(0 \cdot 12; 0,016 + 5; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 100 - 12 = 88 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN}$$

EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1

$$s = 100 \text{ mm} < s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: DIN EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 1200,0 \cdot 668,7 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 4263,0 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 5,376 \cdot 10^5 \cdot 240 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 959,6 \text{ kNm}$$

DIN EN 1992-1-1 (6.30)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: DIN EN 1992-1-16.3.2 (4) (NA 6.29.1)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}^2} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}^2} = \frac{98,0^2}{959,6^2} + \frac{264,7^2}{4263,0^2} = 0,01428 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 1,540 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlasten+1,35\*Ausbau Dachdecke+1,35\*Ausbaulast**

**EG+1,35\*Kanalabdeckung+1,35\*Grundwasserdruck+1,35\*Gitterrost+1,35\*Erddruck+1,35\*Rohrwichte+1,35\*Rohrsocket+1,3**  
**G+1,35\*Vormauerung+1,35\*Wandisolation+1,35\*Kalzip Wandprofile] {1,5\*GBS 2-044+1,5\*NL E 2.4 - 3} (1,5\*1\*NL**  
**Raum 1+1,5\*1\*NL Raum 3+1,5\*1\*NL Kabelkanäle+1,5\*0,5\*Schneelast UD+1,5\*0,7\*Kran Q2+1,5\*0,6\*Wind [Halle]**  
**Y-P.P)**

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 13,6 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 113,7 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{114}{2 \cdot 0,54} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{3}{4,35 \cdot 10^5} = 0,00074 \text{ m}^2 = 7,4 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 1,2 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,012 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 1,1 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,012 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,7 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,7}{0,35} - 1 = 0,989 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,00074}{2 \cdot (1,1 + 0,7)} = 0,00021 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$7,174 \cdot 10^{-5} < A_{\phi T} = 0,00031 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 1 = 2 \quad \varnothing 20 \text{ mm} \quad (0,00063 \text{ m}^2)$

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{s,l,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,00074 - \frac{2 \cdot 0,00021 \cdot 0,7}{1 + 1}}{2} = 0,0003 \text{ m}^2 = 3,0 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi T} + 2 \cdot \Delta A_{s,l,T} = 2 \cdot 1 \cdot 0,00031 + 2 \cdot 0,0003 = 0,0012 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,00074 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnitts vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 16,709 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofile] {0,8\*NL Raum 1} (0,3\*Erddruck SLW60+0,3\*GBS 3-015+0,3\*NL E 2.4 - 1+0,3\*Kran Q1)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 220 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6961 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3179 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 341,0 \text{ kNm} > M_{Ed} = 220 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 3,850 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**

**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**

**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL Raum 3} (0,3\*GBS 2-073+0,3\*NL E 2.4 - 3+0,3\*Kran Q2)**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 12 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 1200,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Untere Bewehrung:  $5\phi 20$  ( $15,7\text{cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 1200,0 \cdot 800,0 = 960,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{3,84 \cdot 10^8}{960,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{3,84 \cdot 10^8 + 1,2566 \cdot 10^6 \cdot (6,3541 - 1)}{960,0 + 3142 \cdot (6,3541 - 1)} = 400 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 5,12 \cdot 10^{10} + 3,6961 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 5,3179 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,053}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 341,0 \text{ kNm} > M_{Ed} = 12 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 16,240 \text{ m}$ 

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlasten+Ausbau Dachdecke+Ausbaulast**
**EG+Kanalabdeckung+Grundwasserdruck+Gitterrost+Erddruck+Rohrwichte+Rohrsockel+Kran**
**G+Vormauerung+Wandisolation+Kalzip Wandprofil] {0,8\*NL Raum 2+0,8\*NL Raum 3} (0,3\*Erddruck**
**SLW60+0,3\*GBS 2-073+0,3\*NL E 2.4 - 3)**

|                             | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 0,400                  | 2,368              | 3,465                  | 4,685              | 16,640                 |
| $l_0$ [m]                   | 16,240                 |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben         | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten        | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |                    | $5,12 \cdot 10^{10}$   |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $5,7876 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7876 \cdot 10^{10}$ |                    | $5,7876 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $1,2114 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2114 \cdot 10^{10}$ |                    | $1,2114 \cdot 10^{10}$ |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 371,1                  |                    | 371,1                  |                    | 371,1                  |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 541,9                  |                    | 541,9                  |                    | 541,9                  |
| $M$ [kNm]                   | 51,6                   |                    | - 9,1                  |                    | 186,6                  |
| $\zeta$                     | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,654                  |                    | 2,654                  |                    | 2,654                  |
| $\alpha_{II}$               | 12,68                  |                    | 12,68                  |                    | 12,68                  |
| $\alpha$                    | 2,654                  |                    | 2,654                  |                    | 2,654                  |
| $e_0$ [mm]                  | 4,1 (↓)                | 4,4 (↓)            | 4,5 (↓)                | 4,7 (↓)            | 6,3 (↓)                |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                  | 0 (↓)                  | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 4,1 (↓)                | 4,4 (↓)            | 4,6 (↓)                | 4,7 (↓)            | 6,3 (↓)                |

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle.axs**

Bemessung Fundamentbalken Achse 7

02.02.2025

|                |        |            |            |            |        |
|----------------|--------|------------|------------|------------|--------|
| $e_{rel} [mm]$ | 0<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0<br>✓ |
| $e_{lim} [mm]$ | 54,1   |            |            |            |        |

**Anlage 3: Bemessung der Dachplatten**



## **Statischer Nachweis für BRESPA®-Decken (Vorbemessung)**

**BV: Vorbemessung - Position: BRESPA®-Decke**

### **Grundlagen**

Statik erstellt nach DIN EN 1168, DIN EN 1992-1-1, DIN EN 1992-1-1/NA für Deutschland, DIN EN 13369, DIN EN 206-1 zusätzlich gelten folgende Merkblätter: Industrierichtlinie und Merkblatt „biegeweiche Auflagerung“ vom Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken

### **Vorbemerkungen:**

Schnittkräfte im Bereich von Einzellasten, Linienlasten und Aussparungen:

Die mitwirkende Lastverteilungsbreite bei Spannbeton-Fertigdecken darf wie bei monolithischen Betonplatten gemäß DAfStb Heft 631 berechnet werden.

Torsion wird am freien Rand eines Deckenfeldes (vertikal und horizontal nicht unterstützt) berücksichtigt, indem  $b_{mg}$  auf max. 1,00 m reduziert wird.

Diagramme zur Ermittlung der Fugenquerkräfte bzw. der anteiligen Lasten benachbarter Platten in einem Deckenfeld für bestimmte Einzel- und Linienlaststellungen sind in DIN EN 1168, Anhang C (informativ) angegeben.

Die Breite von Aussparungen wird von der mitwirkenden Lastverteilungsbreite abgezogen.

Da es sich um eine Vorbemessung handelt, kann eine Überschreitung von bis zu 3 % der Ausnutzung toleriert werden.

### **Hinweis zur Querkraftbemessung:**

Nach DIN EN 1168 muss bei biegeweicher Lagerung der abmindernde Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit berücksichtigt werden. Die genaue Berechnung ist im Merkblatt „Biege weiche Auflagerung“ des Bundesverbandes Spannbeton-Fertigdecken zu entnehmen. Dieser Nachweis ist zu führen, wenn die Ausnutzung der Querkraft nach DIN EN 1168 Abs. 4.3.3.2.2.2 größer als 50% ist.

## BV: Vorbemessung - Position: BRESPA®-Decke

### Systemmaße

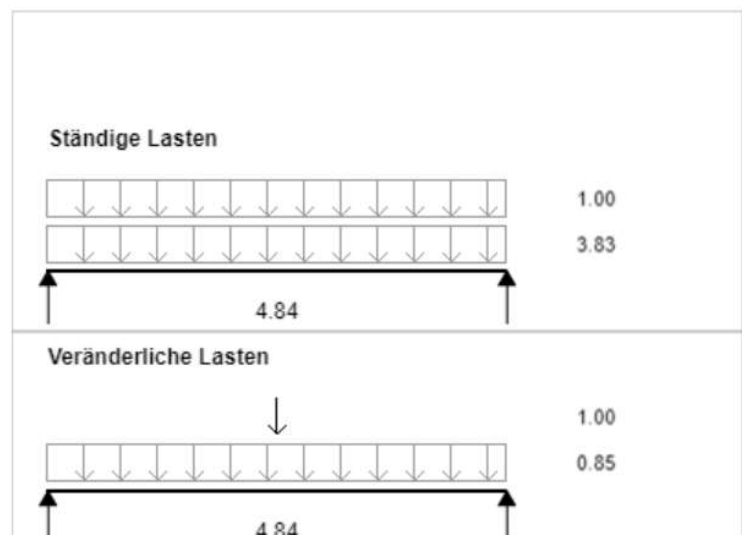
|             |              |        |                               |                       |  |                       |  |
|-------------|--------------|--------|-------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|--|
| <b>Feld</b> | Feldbreite   | 1.20 m | <b>Auflager</b>               | A                     |  | B                     |  |
|             | Lichte Weite | 4.74 m | Auflagertiefe                 | 0.10 m                |  | 0.10 m                |  |
|             | Stützweite   | 4.84 m | Typ                           | StB-Träger            |  | StB-Träger            |  |
|             |              |        | E*I                           | 1135 MNm <sup>2</sup> |  | 1135 MNm <sup>2</sup> |  |
|             |              |        | Breite Fuge                   | 0.12 m                |  | 0.12 m                |  |
|             |              |        | Stützweite Momentennullpunkte | 17.30 m               |  | 17.30 m               |  |

### Einwirkungen

|                  |                               |                        |                        |
|------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Kategorie</b> | H1 - Schnee bis +1000 ü. NN   |                        |                        |
| <b>Feld</b>      | Verkehrslast q <sub>1</sub> : | 0.85 kN/m <sup>2</sup> |                        |
|                  | LW-Zuschlag q <sub>2</sub> :  | 0.00 kN/m <sup>2</sup> |                        |
|                  | Zus. Auflast g <sub>1</sub> : | 1.00 kN/m <sup>2</sup> |                        |
|                  | Eigenlast Decke g             | 3.83 kN/m <sup>2</sup> |                        |
|                  | Belastung q/g                 | 0.85 kN/m <sup>2</sup> | 4.83 kN/m <sup>2</sup> |

### Zusatzlasten

| Lastart  | Abstand | Länge | F <sub>Q</sub> | F <sub>G</sub> |
|--|---------|-------|----------------|----------------|
| Punktlast  | 2.42    | 0.00  | 1.00           | 0.00           |
| b <sub>mA</sub> /b <sub>mM</sub> /b <sub>mB</sub> : 1.00/1.00/1.00 m |         |       |                |                |



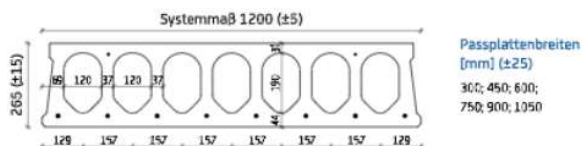
## BV: Vorbemessung - Position: BRESPA®-Decke

|                         |                  |      |                  |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|
| Teilsicherheitsbeiwerte | gamma q:         | 1.50 | gamma g:         | 1.35 |
| Kombinationsbeiwerte    | phi <sub>1</sub> | 0.20 | phi <sub>2</sub> | 0.00 |
| Expositionsklasse       | XC3              |      |                  |      |
| Feuerwiderstandsklasse  | F90              |      |                  |      |

## Bemessung

Bewehrung A26B/X2S6-D4

### A26B 265 mm



|                  |           |
|------------------|-----------|
| Deckenart:       | Hohldecke |
| Deckentyp:       | A26B      |
| Deckendicke:     | 26cm      |
| az,oben(mm²/m):  | 65.00     |
| az,unten(mm²/m): | 415.00    |

## Nachweis der Biegetragfähigkeit

Feldmoment  $M_{Ed}$  24.64 kNm/m  $\leq$   $M_{Rd}$  129.99 kNm/m = Ausnutzung 19.0%

## Nachweis der Querkraftfähigkeit

Auflager A  $V_{Ed,ct1}$  19.62 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,ct1,bw}$  57.84 kN/m = Ausnutzung 33.9% \*  
 $V_{Ed,fi}$  11.69 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,fi}$  30.20 kN/m = Ausnutzung 38.7%  
 $V_{Ed,ct2}$  0.00 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,ct2}$  44.51 kN/m = Ausnutzung 0.0%  
 Unterstützung der Träger: Nein Verbundsteigernde Massnahmen: Nein  
 Trägerposition: Mitte

Auflager B  $V_{Ed,ct1}$  19.62 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,ct1,bw}$  57.84 kN/m = Ausnutzung 33.9% \*  
 $V_{Ed,fi}$  11.69 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,fi}$  30.20 kN/m = Ausnutzung 38.7%  
 $V_{Ed,ct2}$  0.00 kN/m  $\leq$   $V_{Rd,ct2}$  44.51 kN/m = Ausnutzung 0.0%  
 Unterstützung der Träger: Nein Verbundsteigernde Massnahmen: Nein  
 Trägerposition: Mitte

## Durchbiegung

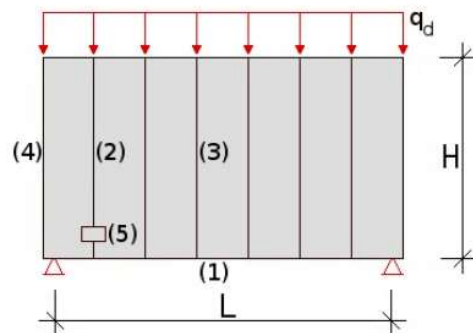
vorhandene Durchbiegung  $(L/-3861) = -1.25$  mm zul. Durchbiegung  $L/300 = 16.13$  mm

\*Die Nachweisführung zur erhöhten Querkraftausnutzung des biegeweichen Auflagers wurde nach der Industrierichtlinie (Modell von Dr. Roggendorf, Büro Hegger und Partner) erstellt

## BV: Vorbemessung - Position: BRESPA®-Decke

### Scheibennachweis

|                     |         |                |
|---------------------|---------|----------------|
| System              |         | Einfeldscheibe |
| Plattenausrichtung  |         | quer           |
| Scheibenlänge       | $L =$   | 17.34          |
| Scheibenhöhe        | $H =$   | 4.78           |
| Abstand Zugpfosten  | $az =$  | 1.20           |
| Scheibenbelastung   | $q_d =$ | 4.73           |
| Max. Scheibenmoment | $M_d =$ | 177.77         |
| Auflagerkraft       | $V_d =$ | 41.01          |



#### 1. Bemessung Zuggurt und Druckstrebe

|                           |                        |        |                 |                                   |
|---------------------------|------------------------|--------|-----------------|-----------------------------------|
| Hebelarm Scheibe          | $z =$                  | 3.59   | m               |                                   |
| Druck-/Zuggurtkraft       | $F_{Ed} = M_d/z =$     | 49.59  | kN              | $> F_{Ed,min} = 70.00 \text{ kN}$ |
| Ringankerbewehrung        | $erf As_{d,1} =$       | 1.61   | cm <sup>2</sup> |                                   |
| Druckstrebe               | $\cot \alpha = az/z =$ | 0.33   | -               |                                   |
| Nachweis Druckstrebe      | $VR_{d,max} =$         | 654.95 | -               |                                   |
| Fugenbeton (mind. C20/25) | $V_d/VR_d =$           | 0.06   | -               |                                   |

#### 2. Bemessung Zugpfosten

|                     |                  |       |                 |                                   |
|---------------------|------------------|-------|-----------------|-----------------------------------|
| Max. Pfostenkraft   | $F_{Ed} =$       | 35.33 | kN              | $> F_{Ed,min} = 70.00 \text{ kN}$ |
| Zugpfostenbewehrung | $erf As_{d,2} =$ | 1.61  | cm <sup>2</sup> |                                   |

#### 3. Bemessung Fugen

|                |                  |      |                 |                                      |
|----------------|------------------|------|-----------------|--------------------------------------|
| Fugenkraft     | $F_{Ed} =$       | 8.87 | kN              | $\leq F_{Ed,min} = 24.00 \text{ kN}$ |
| Fugenbewehrung | $erf As_{d,3} =$ | 0.55 | cm <sup>2</sup> |                                      |

#### 4. Anschluss an aussteifendes Bauteil

|                    |                  |       |                 |                                   |
|--------------------|------------------|-------|-----------------|-----------------------------------|
| Anschlusskraft     | $F_{Ed} =$       | 41.01 | kN              | $> F_{Ed,min} = 70.00 \text{ kN}$ |
| Ringankerbewehrung | $erf As_{d,4} =$ | 1.61  | cm <sup>2</sup> |                                   |

#### 5. Querkraftübertragung

|                                 |                  |       |                 |  |
|---------------------------------|------------------|-------|-----------------|--|
| Maximale Querkraft              | $v_{Ed} =$       | 8.58  | kN/m            |  |
| Max. Querkraft ohne Verdübelung | $v_{Rd,ct} =$    | 31.20 | kN/m            |  |
| Dübelbewehrung                  | $erf As_{d,5} =$ | 0.00  | cm <sup>2</sup> |  |

[1] DIN EN 1168 : 2011-12 und DIN EN 1992-1-1 : 2011-01 System BRESPA®  
[2] DIN EN 1992-1-1 : 2011 und DIN EN 1992-1-1/NA : 2013  
[3] DAfStb-Heft 600  
[4] DAfStb-Heft 599  
[5] DAfStb-Heft 224  
[6] DAfStb-Heft 288



**Anlage 4: Bemessung der Innenwand**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 1

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 2

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C25/30**  $f_{ck} = 25$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 12,800$  m (Benutzerdefinierter Wert)

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Gelenkig - Gelenkig  $\beta_{yy} = 1$   $l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 1 \cdot 12,800 = 12,800$  m

Gelenkig - Gelenkig  $\beta_{zz} = 1$   $l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 1 \cdot 12,800 = 12,800$  m

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$h_y = b_y = 2000,0$  mm  $h_z = b_z = 300,0$  mm

Die Betonquerschnittsfläche:

$A_c = b_y \cdot h_z = 2000,0 \cdot 300,0 = 6 \cdot 10^5$  mm<sup>2</sup>

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **20#20**

40φ20 ( $A_s = 12566$  mm<sup>2</sup>)



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |      | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                     |
|-----|----------------------|----------------|------|-----------------------------|--|---------------------|
|     |                      | y              | z    |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$           |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm] | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ]  |
| 1.  | 20                   | 60             | 240  | 314                         | 2544689  | $2,7759 \cdot 10^8$ |
| 2.  | 20                   | 158,9          | 240  | 314                         | 2544689  | $2,2223 \cdot 10^8$ |
| 3.  | 20                   | 257,9          | 240  | 314                         | 2544689  | $1,7301 \cdot 10^8$ |
| 4.  | 20                   | 356,8          | 240  | 314                         | 2544689  | $1,2995 \cdot 10^8$ |
| 5.  | 20                   | 455,8          | 240  | 314                         | 2544689  | $9,3043 \cdot 10^7$ |
| 6.  | 20                   | 554,7          | 240  | 314                         | 2544689  | $6,2285 \cdot 10^7$ |
| 7.  | 20                   | 653,7          | 240  | 314                         | 2544689  | $3,7679 \cdot 10^7$ |
| 8.  | 20                   | 752,6          | 240  | 314                         | 2544689  | $1,9224 \cdot 10^7$ |
| 9.  | 20                   | 851,6          | 240  | 314                         | 2544689  | 6920554             |
| 10. | 20                   | 950,5          | 240  | 314                         | 2544689  | 768949              |

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 2

|               |    |       |     |              |                     |                     |
|---------------|----|-------|-----|--------------|---------------------|---------------------|
| 11.           | 20 | 1049  | 240 | 314          | 2544689             | 768953              |
| 12.           | 20 | 1148  | 240 | 314          | 2544689             | 6920554             |
| 13.           | 20 | 1247  | 240 | 314          | 2544689             | $1,9224 \cdot 10^7$ |
| 14.           | 20 | 1346  | 240 | 314          | 2544689             | $3,7679 \cdot 10^7$ |
| 15.           | 20 | 1445  | 240 | 314          | 2544689             | $6,2285 \cdot 10^7$ |
| 16.           | 20 | 1544  | 240 | 314          | 2544689             | $9,3043 \cdot 10^7$ |
| 17.           | 20 | 1643  | 240 | 314          | 2544689             | $1,2995 \cdot 10^8$ |
| 18.           | 20 | 1742  | 240 | 314          | 2544689             | $1,7301 \cdot 10^8$ |
| 19.           | 20 | 1841  | 240 | 314          | 2544689             | $2,2223 \cdot 10^8$ |
| 20.           | 20 | 1940  | 240 | 314          | 2544689             | $2,7759 \cdot 10^8$ |
| 21.           | 20 | 60    | 60  | 314          | 2544690             | $2,7759 \cdot 10^8$ |
| 22.           | 20 | 158,9 | 60  | 314          | 2544690             | $2,2223 \cdot 10^8$ |
| 23.           | 20 | 257,9 | 60  | 314          | 2544690             | $1,7301 \cdot 10^8$ |
| 24.           | 20 | 356,8 | 60  | 314          | 2544690             | $1,2995 \cdot 10^8$ |
| 25.           | 20 | 455,8 | 60  | 314          | 2544690             | $9,3043 \cdot 10^7$ |
| 26.           | 20 | 554,7 | 60  | 314          | 2544690             | $6,2285 \cdot 10^7$ |
| 27.           | 20 | 653,7 | 60  | 314          | 2544690             | $3,7679 \cdot 10^7$ |
| 28.           | 20 | 752,6 | 60  | 314          | 2544690             | $1,9224 \cdot 10^7$ |
| 29.           | 20 | 851,6 | 60  | 314          | 2544690             | 6920554             |
| 30.           | 20 | 950,5 | 60  | 314          | 2544690             | 768949              |
| 31.           | 20 | 1049  | 60  | 314          | 2544690             | 768953              |
| 32.           | 20 | 1148  | 60  | 314          | 2544690             | 6920554             |
| 33.           | 20 | 1247  | 60  | 314          | 2544690             | $1,9224 \cdot 10^7$ |
| 34.           | 20 | 1346  | 60  | 314          | 2544690             | $3,7679 \cdot 10^7$ |
| 35.           | 20 | 1445  | 60  | 314          | 2544690             | $6,2285 \cdot 10^7$ |
| 36.           | 20 | 1544  | 60  | 314          | 2544690             | $9,3043 \cdot 10^7$ |
| 37.           | 20 | 1643  | 60  | 314          | 2544690             | $1,2995 \cdot 10^8$ |
| 38.           | 20 | 1742  | 60  | 314          | 2544690             | $1,7301 \cdot 10^8$ |
| 39.           | 20 | 1841  | 60  | 314          | 2544690             | $2,2223 \cdot 10^8$ |
| 40.           | 20 | 1940  | 60  | 314          | 2544690             | $2,7759 \cdot 10^8$ |
| <b>Gesamt</b> |    |       |     | <b>12566</b> | $1,0179 \cdot 10^8$ | $4,0908 \cdot 10^9$ |

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{2000,0}{2} = 1000 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{300,0}{2} = 150 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{300,0^3 \cdot 2000,0}{12} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{2000,0^3 \cdot 300,0}{12} = 2 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 3

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{4,5 \cdot 10^9}{6 \cdot 10^5}} = 86,6 \text{ mm} = 0,086603 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11}}{6 \cdot 10^5}} = 577,4 \text{ mm} = 0,57735 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 1,0179 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 4,0908 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,0179 \cdot 10^8}{12566}} = 90 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{4,0908 \cdot 10^9}{12566}} = 570,6 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$  : [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 2000 \text{ mm} > 4 \cdot b = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ mm} \quad \times$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Kran 1} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*0,6\*Wind parallel 1+1,5\*1\*Installationslasten+1,5\*0,5\*Schneelast)**

$$N_{Ed} = 942,85 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |942,85|}{434,78} = 3,3 \text{ cm}^2 < A_s = 12566 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 6 \cdot 10^5 = 540,0 \text{ cm}^2 > A_s = 12566 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 20 ; 300 ; 300) = 240 \text{ mm} > s_{w,max} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 2000 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ mm} < s_w = 150 \text{ mm} \quad !!$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 14167 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Kran 1+1,5\*Puffer 1} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*0,6\*Wind parallel 1+1,5\*1\*Installationslasten+1,5\*0,6\*Wind senkrecht 1+1,5\*0,5\*Schneelast)**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 942,85 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = -223,06 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 942,85 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = 112,7 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 0 \text{ kNm}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 4

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{0}{942,85} = 0 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-223,06)}{942,85} = 0,23658 \text{ m}$$

## Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

*Die Berechnung zusätzlicher Exzentrizitäten ist in y Richtung deaktiviert.*

Die äquivalente Schiefstellung: DIN EN 1992-1-1 5.2. (5)

$$\Theta_i = 0,0027951 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = 0 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0027951 \cdot 12,800}{2} = 0,017889 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Gelenkig - Gelenkig                | Gelenkig - Gelenkig                       |
|---------------------------------|------------------------------------|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$  |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,2z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$  |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$ |

## Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,11092 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,11092}} = 48,041 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: DIN EN 1992-1-1 (5.14)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{12,800}{0,087} = 147,8 > \lambda_{limy} = 48,041 \quad \text{!!} \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{12,800}{0,577} = 22,17 < \lambda_{limz} = 48,041 \quad \checkmark$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur z-Achse können vernachlässigt werden.

## Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

*Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.*

Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen von Imperfektionen:

$$M_{0Edy} = M_{Ed01y} + N_{Ed} \cdot e_{iz} = 112,7 + 942,85 \cdot 0,017889 = 129,6 \text{ kNm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2. (1)}$$

## Verfahren mit Nennkrümmung DIN EN 1992-1-1 5.8.8.

Der Beiwert in Abhängigkeit von der Normalkraft:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,5914 - 0,11092}{1,5914 - 0,4} = 1,2426 > 1 \rightarrow K_r = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.36)}$$

Der Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens: DIN EN 1992-1-1 (5.37)

$$K_{\phi y} = \max(1 + \beta_y \cdot \phi_{efy} ; 1) = \max(1 + (-0,51034) \cdot 2 ; 1) = 1$$

Der Bewehrungsdehnung bei Bemessungsstreckgrenze:

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435000}{2 \cdot 10^8} = 0,002175$$

Krümmung:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 5

$$\kappa_y = K_r \cdot K_{\phi y} \cdot \kappa_{0y} = 1 \cdot 1 \cdot 0,020139 = 0,020139 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.34)}$$

wobei:

$$\kappa_{0y} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_z} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,24} = 0,020139$$

### Bestimmung des Koeffizienten in Abhängigkeit der Krümmungsverteilung

Die Nennsteifigkeit:

$$EI_y = K_{cy} \cdot E_{cd} \cdot I_{cy} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sy} = 0,035941 \cdot 2,0984 \cdot 10^7 \cdot 0,0045 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,00010179 = 23751 \text{ kNm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.21)}$$

Die Knicklast basiert auf der Nennsteifigkeit:

$$N_{by} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{0y}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 23751}{12,800^2} = 1430,8 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.17)}$$

Der Faktor, der von der Verteilung der Momente 1. Ordnung abhängt: [DIN EN 1992-1-1 5.8.7.3 \(1\)](#)

$$r_M = \frac{M_{02y}}{M_{01y}} = \frac{16,866}{129,57} = 0,13017$$

$$c_{0y} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (0,13017 - (-1)) = 9,7397$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf aus Effekten zweiter Ordnung abhängt.:

$$c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf abhängt:

$$c_y = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{by}} + c_{0y} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{by}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 942,85}{1430,8} + 9,7397 \cdot \left(1 - \frac{942,85}{1430,8}\right) = 9,8253 < c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Interpolationsfaktor:

$$k_{1y} = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 NA Zu 5.8.8.2 (3)}$$

Die Exzentrizität zweiter Ordnung:

$$e_{2,z} = \frac{k_{1y} \cdot \kappa_y \cdot l_{0y}^2}{c_y} = \frac{1 \cdot 0,020139 \cdot 12,800^2}{9,8253} = 0,33582 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2 (3)}$$

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 6,8 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m}$$

$$e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,23658 + 0,017889 = 0,25447 \text{ m}$$

$$e_{2,x,z} = \sin \frac{\pi \cdot x}{l} \cdot e_{2,z} = \sin \frac{3,1416 \cdot 6,8}{12,8} \cdot 0,33582 = 0,33421 \text{ m} \quad \text{Gelenkig - Gelenkig}$$

Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} + e_{2,x,z} = 0,25447 + 0,33421 = 0,58868 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: [1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Kran 1+1,5\*Puffer 1} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*0,6\*Wind parallel 1+1,5\*1\*Installationslasten+1,5\*0,6\*Wind senkrecht 1+1,5\*0,5\*Schneelast)

$$N_{Ed} = 942,85 \text{ kN}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand, Randzone als Stütze

29.02.2024

Seite 6

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-942,85) \cdot 0,58868 = -555,03 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 942,85 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-555,03)^2 + 0^2} = 555,03 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 1171 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-689,32)^2 + 0^2} = 689,32 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{942,85}{1171} = 0,80519 < 1 \text{ erfüllt}$$

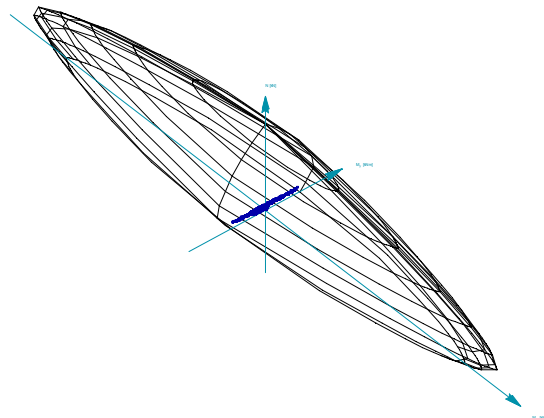
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 942,85 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-669,25)^2 + 0^2} = 669,25 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{555,03}{669,25} = 0,82934 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 1

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 4

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C25/30**  $f_{ck} = 25$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 12,800$  m (Benutzerdefinierter Wert)

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Gelenkig - Gelenkig

$$\beta_{yy} = 1$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 1 \cdot 12,800 = 12,800 \text{ m}$$

Gelenkig - Gelenkig

$$\beta_{zz} = 1$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 1 \cdot 12,800 = 12,800 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 1000,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 300,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_y \cdot h_z = 1000,0 \cdot 300,0 = 3 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm



#### Bewehrungsparameter

Name: **10#16**

10 $\phi$ 16 ( $A_s = 2011$  mm<sup>2</sup>)

#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |      | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                    |
|-----|----------------------|----------------|------|-----------------------------|--|--------------------|
|     |                      | y              | z    |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$          |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm] | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 16                   | 58             | 242  | 201                         | 1701788  | $3,928 \cdot 10^7$ |
| 2.  | 16                   | 279            | 242  | 201                         | 1701788  | 9820067            |
| 3.  | 16                   | 500            | 242  | 201                         | 1701788  | 0                  |
| 4.  | 16                   | 721            | 242  | 201                         | 1701788  | 9820062            |
| 5.  | 16                   | 942            | 242  | 201                         | 1701788  | $3,928 \cdot 10^7$ |
| 6.  | 16                   | 58             | 58   | 201                         | 1701788  | $3,928 \cdot 10^7$ |
| 7.  | 16                   | 279            | 58   | 201                         | 1701788  | 9820067            |
| 8.  | 16                   | 500            | 58   | 201                         | 1701788  | 0                  |
| 9.  | 16                   | 721            | 58   | 201                         | 1701788  | 9820062            |
| 10. | 16                   | 942            | 58   | 201                         | 1701788  | $3,928 \cdot 10^7$ |



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 2

| Gesamt | 2011 | $1,7018 \cdot 10^7$ | $1,964 \cdot 10^8$ |
|--------|------|---------------------|--------------------|
|--------|------|---------------------|--------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{1000,0}{2} = 500 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{300,0}{2} = 150 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{300,0^3 \cdot 1000,0}{12} = 2,25 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{1000,0^3 \cdot 300,0}{12} = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{2,25 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^5}} = 86,6 \text{ mm} = 0,086603 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^5}} = 288,7 \text{ mm} = 0,28868 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 1,7018 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 1,964 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,7018 \cdot 10^7}{2011}} = 92 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,964 \cdot 10^8}{2011}} = 312,5 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 1000 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 300 = 1200 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Installationslasten)**

$$N_{Ed} = 270,68 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |270,68|}{434,78} = 0,9 \text{ cm}^2 < A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 3 \cdot 10^5 = 270,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 16 ; 300 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,max} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 1000 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} < s_w = 150 \text{ mm} \quad \text{!!}$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 14167 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

 Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 3

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

 Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Installationslasten)**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 270,68 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 270,68 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 0 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität am oberen und unteren Rand der Zone:

$$e_{e,B,y} = \frac{M_{Ed,0,Bz}}{N_{Ed,0,B}} = \frac{0}{270,68} = 0 \text{ m} \quad e_{e,B,z} = \frac{-M_{Ed,0,By}}{N_{Ed,0,B}} = \frac{-0}{270,68} = 0 \text{ m}$$

$$e_{e,T,y} = \frac{M_{Ed,0,Tz}}{N_{Ed,0,T}} = \frac{0}{270,68} = 0 \text{ m} \quad e_{e,T,z} = \frac{-M_{Ed,0,Ty}}{N_{Ed,0,T}} = \frac{-0}{270,68} = 0 \text{ m}$$

Äquivalente Anfangsexzentrizität in der Mitte der Zone:

$$|e_{e,B,y}| \geq |e_{e,T,y}| \rightarrow e_{02} = e_{e,B,y} = \frac{M_{Ed,0,Bz}}{N_{Ed,0,B}} = \frac{0}{270,68} = 0 \text{ m} \quad e_{01} = e_{e,T,y} = \frac{M_{Ed,0,Tz}}{N_{Ed,0,T}} = \frac{0}{270,68} = 0 \text{ m}$$

$$e_{0e,a} = 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} = 0,6 \cdot 0 + 0,4 \cdot 0 = 0 \text{ m}$$

$$e_{0e,b} = 0,4 \cdot e_{02} = 0,4 \cdot 0 = 0 \text{ m}$$

$$|e_{0e,a}| \geq |e_{0e,b}| \rightarrow e_{e,x,y} = e_{0e,a} = 0 \text{ m}$$

$$|e_{e,B,z}| \geq |e_{e,T,z}| \rightarrow e_{02} = e_{e,B,z} = \frac{-M_{Ed,0,By}}{N_{Ed,0,B}} = \frac{-0}{270,68} = 0 \text{ m} \quad e_{01} = e_{e,T,z} = \frac{-M_{Ed,0,Ty}}{N_{Ed,0,T}} = \frac{-0}{270,68} = 0 \text{ m}$$

$$e_{0e,a} = 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} = 0,6 \cdot 0 + 0,4 \cdot 0 = 0 \text{ m}$$

$$e_{0e,b} = 0,4 \cdot e_{02} = 0,4 \cdot 0 = 0 \text{ m}$$

$$|e_{0e,a}| \geq |e_{0e,b}| \rightarrow e_{e,x,z} = e_{0e,a} = 0 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die Berechnung zusätzlicher Exzentrizitäten ist in y Richtung deaktiviert.

Die äquivalente Schiefstellung: DIN EN 1992-1-1 5.2. (5)

$$\Theta_i = 0,0027951 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = 0 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0027951 \cdot 12,800}{2} = 0,017889 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Gelenkig - Gelenkig                | Gelenkig - Gelenkig                       |
|---------------------------------|------------------------------------|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$  |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,2z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$  |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{iz} = 0,017889 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,063689 < 0,41$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 4

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,063689}} = 63,4 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: DIN EN 1992-1-1 (5.14)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{12,800}{0,087} = 147,8 > \lambda_{limy} = 63,4 \quad \text{!!} \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{12,800}{0,289} = 44,341 < \lambda_{limz} = 63,4 \quad \checkmark$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur z-Achse können vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.

Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen von Imperfektionen:

$$M_{0Edy} = M_{Ed01y} + N_{Ed} \cdot e_{iz} = 0 + 270,68 \cdot 0,017889 = 4,8 \text{ kNm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2. (1)}$$

### Verfahren mit Nennkrümmung DIN EN 1992-1-1 5.8.8.

Der Beiwert in Abhängigkeit von der Normalkraft:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,1892 - 0,063689}{1,1892 - 0,4} = 1,4261 > 1 \rightarrow K_r = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.36)}$$

Der Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens: DIN EN 1992-1-1 (5.37)

$$K_{\phi y} = \max(1 + \beta_y \cdot \phi_{efy}; 1) = \max(1 + (-0,51034) \cdot 2; 1) = 1$$

Der Bewehrungsdehnung bei Bemessungsstreckgrenze:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435000}{2 \cdot 10^8} = 0,002175$$

Krümmung:

$$\kappa_y = K_r \cdot K_{\phi y} \cdot \kappa_{0y} = 1 \cdot 1 \cdot 0,019972 = 0,019972 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.34)}$$

wobei:

$$\kappa_{0y} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_z} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,242} = 0,019972$$

### Bestimmung des Koeffizienten in Abhängigkeit der Krümmungsverteilung

Die Nennsteifigkeit:

$$EI_y = K_{cy} \cdot E_{cd} \cdot I_{cy} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sy} = 0,020636 \cdot 2,0984 \cdot 10^7 \cdot 0,00225 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 1,7018 \cdot 10^{-5} = 4377,9 \text{ kNm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.21)}$$

Die Knicklast basiert auf der Nennsteifigkeit:

$$N_{by} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{0,y}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 4377,9}{12,800^2} = 263,72 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.17)}$$

Der Faktor, der von der Verteilung der Momente 1. Ordnung abhängt: DIN EN 1992-1-1 5.8.7.3 (1)

$$r_M = \frac{M_{01y}}{M_{02y}} = \frac{4,842}{4,842} = 1$$

$$c_{0y} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (1 - (-1)) = 8$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf aus Effekten zweiter Ordnung abhängt.:

$$c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf abhängt:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 5

$$c_y = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{by}} + c_{0y} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{by}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 270,68}{263,72} + 8 \cdot \left(1 - \frac{270,68}{263,72}\right) = 9,9189 > c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696 \rightarrow c_y = c_2 = 9,8696$$

Die Exzentrizität zweiter Ordnung:

$$e_{2,z} = \frac{k_{ly} \cdot \kappa_y \cdot l_{0,y}^2}{c_y} = \frac{1 \cdot 0,019972 \cdot 12,800^2}{9,8696} = 0,33155 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2 (3)}$$

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 5,15 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m}$$

$$e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0 + 0,017889 = 0,017889 \text{ m}$$

$$e_{2,x,z} = \sin \frac{\pi \cdot x}{l} \cdot e_{2,z} = \sin \frac{3,1416 \cdot 5,15}{12,8} \cdot 0,33155 = 0,31607 \text{ m} \quad \text{Gelenkig - Gelenkig}$$

Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} + e_{2,x,z} = 0,017889 + 0,31607 = 0,33396 \text{ m}$$

## Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Installationslasten)**

$$N_{Ed} = 270,68 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-270,68) \cdot 0,33396 = -90,396 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 270,68 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-90,396)^2 + 0^2} = 90,396 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 375,9 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-125,54)^2 + 0^2} = 125,54 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{270,68}{375,9} = 0,72008 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 270,68 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-116,43)^2 + 0^2} = 116,43 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{90,396}{116,43} = 0,77641 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

**Projekt:**

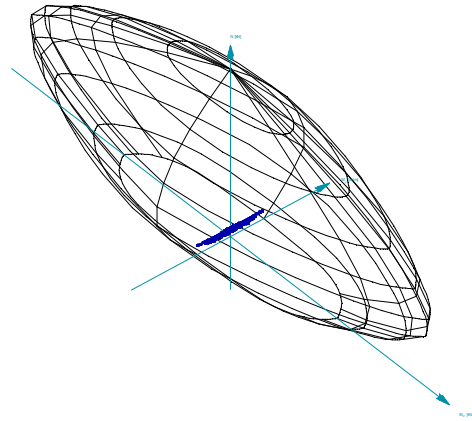
Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Wand.axs**

Bemessung der Innenwand - mittlere Zone als Säule

29.02.2024

Seite 6



**Anlage 5: Berechnung der Wandkonsole**





## Bewehrungsangaben

### HSC-Anker

|             | Anzahl | HSC Typ   | L [mm] | Ausrichtung |
|-------------|--------|-----------|--------|-------------|
| 1. HSC-Lage | 3      | HSC-SD-16 | 300    | V           |
|             | 6      | HSC-A-16  | 488    | V           |

### Bügelbewehrungen

Die angegebenen Bügelmaße dienen der Veranschaulichung der Konstruktion. Die exakten Bügelmaße sind im Rahmen der Bauausführungsplanung zu bestimmen.

#### vertikale Bügel je HSC-Ankerlage im Bereich der Ankerköpfe

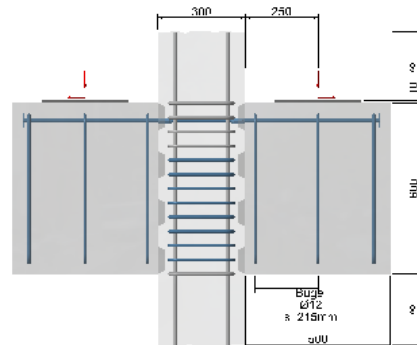
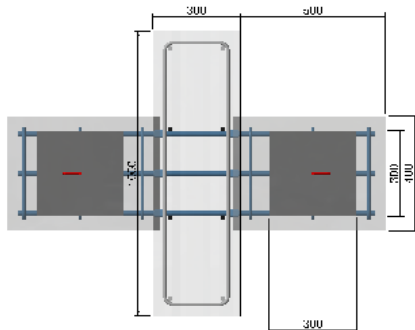
|             | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
|-------------|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
| 1. HSC-Lage | 2      | 12    | 318                 | 524                 | -      |

#### geschlossene vertikale Bügel in der Konsole

|          | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
|----------|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
| Vertikal | 4      | 12    | 318                 | 524                 | 215    |

#### erforderliche Verbügelung der Stütze über die Konsolhöhe

|                         | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
|-------------------------|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
| gemäß Bewehrung Stütze  | 5      | 12    | 930                 | 230                 | 50     |
| gemäß Bewehrung Konsole | 0      | 12    | 930                 | 230                 | 50     |
| zusätzliche Bügel       | 8      | 12    | 930                 | 230                 | 50     |





Die Bügelbewehrung der Stütze außerhalb des Konsolanschlusses ist nicht dargestellt

Zweiseitige Anschlusskonfiguration: Konsolen paarweise herstellen





|   |  |   |                         |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
|---|--|---|-------------------------|----------|------------|--|----------------------|--------------|---|--|-----------------------|-----|------------------------------------|----------------------------------|----------|-----|-----------------|---------------------|----------------------|-----|---------------|--------------|--------------------|-------|--|--|---------------------|-----------------------|--|--------------------|-------------|----------|---|---|----------------------|----------------------|--|---------------|-------------------|-------|---|--|--------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|-----------------|---------|-------------|--|--|-----------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|--------------|------------------------------------|-----------------|-------------|------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|------------------|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------|--|--|-------|------------------|--|--|-------|------------------|--|--|-------|--|--------------------------|--|----------------|----------|------------|--|----------------------|-----------|---------------------------------|--|----------------------|-----------|--|---|----------------------|---------------|---|---|-----------------------|-------|---------------------|-------------------------|----------------------|-------|---------------|--|----------------------|-------------|---------|--|----------------------|-------|--------------------|--|------------------------|-----------|-----------------------------|---------------|------------------------|--------------------|--|-------------------|-------------|
|    | Bauvorhaben<br>VDS Achim-West<br>Verdichterhalle Wandkonsole                                       | Projekt Nr.<br>15825<br>Position<br>1   | Seite<br>4              |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| <p><b>Bemessung von HSC Anker in Konsole nach EC2-1-1 mit EC2-1-1/NA und allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Nr. Z-21.8-1973</b></p> <p><b>Nachweis der Querkrafttragfähigkeit der Konsole (Anlage 4, Abschnitt 3)</b></p> <table> <tr> <td><math>V_{Ed}</math></td><td><math>= F_{Ed}</math></td><td></td><td><math>= 250.0 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Rd,max}</math></td><td><math>= 0.5 \cdot v \cdot b_c \cdot z \cdot f_{ck} / \gamma_c</math></td><td><math>= 0.5 \cdot 0.55 \cdot 400 \cdot 485 \cdot 3.0 / 1.5</math></td><td><math>= 1066.2 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>v</math></td><td><math>= \max [0.7 - f_{ck} / 200; 0.5]</math></td><td><math>= \max [0.7 - 30.0 / 200; 0.5]</math></td><td><math>= 0.55</math></td></tr> <tr> <td><math>z</math></td><td><math>= 0.9 \cdot d</math></td><td><math>= 0.9 \cdot 538.5</math></td><td><math>= 484.7 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>d</math></td><td><math>= h_c - d_1</math></td><td><math>= 600 - 62</math></td><td><math>= 539 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>d_1</math></td><td></td><td></td><td><math>= 61.5 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Ed} / V_{Rd,max}</math></td><td></td><td><math>= 250.0 / 1066.2</math></td><td><math>= 23.4 \%</math></td></tr> </table> <p><b>Ermittlung der Zuggurkraft (Anlage 4, Abschnitt 4)</b></p> <table> <tr> <td><math>Z_{Ed}</math></td><td><math>= F_{Ed} \cdot a_c / z_0 + H_{Ed} \cdot (a_H + z_0) / z_0</math></td><td><math>= 250.0 \cdot 0.5 + 50.0 \cdot (72 + 488) / 488</math></td><td><math>= 185.4 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>a_c / z_0 \geq 0.4</math></td><td></td><td><math>= 250 / 488</math></td><td><math>= 0.51 \geq 0.4</math></td></tr> <tr> <td><math>z_0</math></td><td><math>= d \cdot (1 - 0.4 \cdot F_{Ed} / V_{Rd,max})</math></td><td><math>= 539 \cdot (1 - 0.4 \cdot 250.0 / 1066.2)</math></td><td><math>= 488 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>a_H</math></td><td><math>= d_1 + d_L</math></td><td><math>= 61.5 + 10</math></td><td><math>= 71.5 \text{ mm}</math></td></tr> </table> <p><b>Ermittlung der erforderlichen Bewehrungsmenge der HSC-Anker (Anlage 4, Abschnitt 5)</b></p> <table> <tr> <td><math>A_{s,HSC,rqd}</math></td><td><math>= Z_{Ed} / f_{yd} \geq A_{s,min}</math></td><td><math>= 185.4 / 43.48 \geq 3.98</math></td><td><math>= 4.26 \text{ cm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>\eta_{HSC,rqd}</math></td><td><math>= A_{HSC,rqd} / A</math></td><td><math>= 4.26 / 2.01</math></td><td><math>= 2.1</math></td></tr> <tr> <td><math>A_{s,min}</math></td><td><math>= (f_{ctm} \cdot W_c + Z_{Ed} \cdot (z_0 - z_{s1} - W_c / (h_c \cdot b_c))) / (z_0 \cdot f_{yk})</math></td><td></td><td><math>= 3.98 \text{ cm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>A_{s,max}</math></td><td><math>= 0.08 \cdot h_c \cdot b_c</math></td><td><math>= 0.08 \cdot 60.0 \cdot 40.0</math></td><td><math>= 192.00 \text{ cm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>A_{s,HSC,prov}</math></td><td><math>= \eta_{HSC,rqd} \cdot A</math></td><td><math>= 3 \cdot 2.01</math></td><td><math>= 6.03 \text{ cm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>\beta_{As}</math></td><td><math>= A_{s,HSC,rqd} / A_{s,HSC,prov}</math></td><td><math>= 4.26 / 6.03</math></td><td><math>= 70.7 \%</math></td></tr> <tr> <td><math>\beta_{As,min}</math></td><td><math>= A_{s,min} / A_{s,HSC,prov}</math></td><td><math>= 3.98 / 6.03</math></td><td><math>= 66.1 \%</math></td></tr> <tr> <td><math>\beta_{As,max}</math></td><td><math>= A_{s,HSC,prov} / A_{s,max}</math></td><td><math>= 6.03 / 192.00</math></td><td><math>= 3.1 \%</math></td></tr> <tr> <td><math>\eta_{HSC,prov}</math></td><td></td><td></td><td><math>= 3</math></td></tr> <tr> <td><math>\eta_{HSC,La1}</math></td><td></td><td></td><td><math>= 3</math></td></tr> <tr> <td><math>\eta_{HSC,La2}</math></td><td></td><td></td><td><math>= 0</math></td></tr> </table> <p><b>Nachweis der Schubfuge (Anlage 5)</b></p> <table> <tr> <td></td><td>Ausführung der Schubfuge</td><td></td><td>Verzahnte Fuge</td></tr> <tr> <td><math>V_{Ed}</math></td><td><math>= F_{Ed}</math></td><td></td><td><math>= 250.0 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Rdi}</math></td><td><math>= \min [V_{Rdi}, V_{Rdi,max}]</math></td><td></td><td><math>= 418.4 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Rdi}</math></td><td><math>= c \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot x_i + 1.2 \cdot \mu \cdot A_s \cdot f_{yd}</math></td><td><math>= 0.5 \cdot 0.11 \cdot 40.0 \cdot 60.0 + 1.2 \cdot 0.9 \cdot 6.0 \cdot 43.5</math></td><td><math>= 418.4 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Rdi,max}</math></td><td><math>= 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot h_{c,eff}</math></td><td><math>= 0.5 \cdot 0.7 \cdot 1.7 \cdot 40.0 \cdot 60.0</math></td><td><math>= 1428.0 \text{ kN}</math></td></tr> <tr> <td><math>b_i</math></td><td><math>= b_c - 2 \cdot r</math></td><td><math>= 400.0 - 2 \cdot 0.0</math></td><td><math>= 400.0 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>x_i</math></td><td><math>= h_{c,eff}</math></td><td></td><td><math>= 600.0 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>h_{c,eff}</math></td><td><math>= h_c</math></td><td></td><td><math>= 600.0 \text{ mm}</math></td></tr> <tr> <td><math>A_s</math></td><td><math>= A_{s,HSC,prov}</math></td><td></td><td><math>= 603.2 \text{ mm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>f_{ctd}</math></td><td><math>= f_{ctk,0.05} / \gamma_c</math></td><td><math>= 2.0 / 1.8</math></td><td><math>= 1.1 \text{ N/mm}^2</math></td></tr> <tr> <td><math>V_{Ed} / V_{Rdi}</math></td><td></td><td><math>= 250.0 / 418.4</math></td><td><math>= 59.8 \%</math></td></tr> </table> |  |   |                         | $V_{Ed}$ | $= F_{Ed}$ |  | $= 250.0 \text{ kN}$ | $V_{Rd,max}$ | $= 0.5 \cdot v \cdot b_c \cdot z \cdot f_{ck} / \gamma_c$ | $= 0.5 \cdot 0.55 \cdot 400 \cdot 485 \cdot 3.0 / 1.5$ | $= 1066.2 \text{ kN}$ | $v$ | $= \max [0.7 - f_{ck} / 200; 0.5]$ | $= \max [0.7 - 30.0 / 200; 0.5]$ | $= 0.55$ | $z$ | $= 0.9 \cdot d$ | $= 0.9 \cdot 538.5$ | $= 484.7 \text{ mm}$ | $d$ | $= h_c - d_1$ | $= 600 - 62$ | $= 539 \text{ mm}$ | $d_1$ |  |  | $= 61.5 \text{ mm}$ | $V_{Ed} / V_{Rd,max}$ |  | $= 250.0 / 1066.2$ | $= 23.4 \%$ | $Z_{Ed}$ | $= F_{Ed} \cdot a_c / z_0 + H_{Ed} \cdot (a_H + z_0) / z_0$ | $= 250.0 \cdot 0.5 + 50.0 \cdot (72 + 488) / 488$ | $= 185.4 \text{ kN}$ | $a_c / z_0 \geq 0.4$ |  | $= 250 / 488$ | $= 0.51 \geq 0.4$ | $z_0$ | $= d \cdot (1 - 0.4 \cdot F_{Ed} / V_{Rd,max})$ | $= 539 \cdot (1 - 0.4 \cdot 250.0 / 1066.2)$ | $= 488 \text{ mm}$ | $a_H$ | $= d_1 + d_L$ | $= 61.5 + 10$ | $= 71.5 \text{ mm}$ | $A_{s,HSC,rqd}$ | $= Z_{Ed} / f_{yd} \geq A_{s,min}$ | $= 185.4 / 43.48 \geq 3.98$ | $= 4.26 \text{ cm}^2$ | $\eta_{HSC,rqd}$ | $= A_{HSC,rqd} / A$ | $= 4.26 / 2.01$ | $= 2.1$ | $A_{s,min}$ | $= (f_{ctm} \cdot W_c + Z_{Ed} \cdot (z_0 - z_{s1} - W_c / (h_c \cdot b_c))) / (z_0 \cdot f_{yk})$ |  | $= 3.98 \text{ cm}^2$ | $A_{s,max}$ | $= 0.08 \cdot h_c \cdot b_c$ | $= 0.08 \cdot 60.0 \cdot 40.0$ | $= 192.00 \text{ cm}^2$ | $A_{s,HSC,prov}$ | $= \eta_{HSC,rqd} \cdot A$ | $= 3 \cdot 2.01$ | $= 6.03 \text{ cm}^2$ | $\beta_{As}$ | $= A_{s,HSC,rqd} / A_{s,HSC,prov}$ | $= 4.26 / 6.03$ | $= 70.7 \%$ | $\beta_{As,min}$ | $= A_{s,min} / A_{s,HSC,prov}$ | $= 3.98 / 6.03$ | $= 66.1 \%$ | $\beta_{As,max}$ | $= A_{s,HSC,prov} / A_{s,max}$ | $= 6.03 / 192.00$ | $= 3.1 \%$ | $\eta_{HSC,prov}$ |  |  | $= 3$ | $\eta_{HSC,La1}$ |  |  | $= 3$ | $\eta_{HSC,La2}$ |  |  | $= 0$ |  | Ausführung der Schubfuge |  | Verzahnte Fuge | $V_{Ed}$ | $= F_{Ed}$ |  | $= 250.0 \text{ kN}$ | $V_{Rdi}$ | $= \min [V_{Rdi}, V_{Rdi,max}]$ |  | $= 418.4 \text{ kN}$ | $V_{Rdi}$ | $= c \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot x_i + 1.2 \cdot \mu \cdot A_s \cdot f_{yd}$ | $= 0.5 \cdot 0.11 \cdot 40.0 \cdot 60.0 + 1.2 \cdot 0.9 \cdot 6.0 \cdot 43.5$ | $= 418.4 \text{ kN}$ | $V_{Rdi,max}$ | $= 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot h_{c,eff}$ | $= 0.5 \cdot 0.7 \cdot 1.7 \cdot 40.0 \cdot 60.0$ | $= 1428.0 \text{ kN}$ | $b_i$ | $= b_c - 2 \cdot r$ | $= 400.0 - 2 \cdot 0.0$ | $= 400.0 \text{ mm}$ | $x_i$ | $= h_{c,eff}$ |  | $= 600.0 \text{ mm}$ | $h_{c,eff}$ | $= h_c$ |  | $= 600.0 \text{ mm}$ | $A_s$ | $= A_{s,HSC,prov}$ |  | $= 603.2 \text{ mm}^2$ | $f_{ctd}$ | $= f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ | $= 2.0 / 1.8$ | $= 1.1 \text{ N/mm}^2$ | $V_{Ed} / V_{Rdi}$ |  | $= 250.0 / 418.4$ | $= 59.8 \%$ |
| $V_{Ed}$  | $= F_{Ed}$   |   | $= 250.0 \text{ kN}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Rd,max}$  | $= 0.5 \cdot v \cdot b_c \cdot z \cdot f_{ck} / \gamma_c$  | $= 0.5 \cdot 0.55 \cdot 400 \cdot 485 \cdot 3.0 / 1.5$                        | $= 1066.2 \text{ kN}$   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $v$   | $= \max [0.7 - f_{ck} / 200; 0.5]$   | $= \max [0.7 - 30.0 / 200; 0.5]$  | $= 0.55$                |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $z$   | $= 0.9 \cdot d$  | $= 0.9 \cdot 538.5$   | $= 484.7 \text{ mm}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $d$   | $= h_c - d_1$  | $= 600 - 62$  | $= 539 \text{ mm}$      |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $d_1$   |  |   | $= 61.5 \text{ mm}$     |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Ed} / V_{Rd,max}$   |  | $= 250.0 / 1066.2$  | $= 23.4 \%$             |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $Z_{Ed}$  | $= F_{Ed} \cdot a_c / z_0 + H_{Ed} \cdot (a_H + z_0) / z_0$  | $= 250.0 \cdot 0.5 + 50.0 \cdot (72 + 488) / 488$                             | $= 185.4 \text{ kN}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $a_c / z_0 \geq 0.4$  |  | $= 250 / 488$   | $= 0.51 \geq 0.4$       |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $z_0$   | $= d \cdot (1 - 0.4 \cdot F_{Ed} / V_{Rd,max})$  | $= 539 \cdot (1 - 0.4 \cdot 250.0 / 1066.2)$                                  | $= 488 \text{ mm}$      |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $a_H$   | $= d_1 + d_L$  | $= 61.5 + 10$   | $= 71.5 \text{ mm}$     |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $A_{s,HSC,rqd}$   | $= Z_{Ed} / f_{yd} \geq A_{s,min}$   | $= 185.4 / 43.48 \geq 3.98$   | $= 4.26 \text{ cm}^2$   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\eta_{HSC,rqd}$  | $= A_{HSC,rqd} / A$  | $= 4.26 / 2.01$   | $= 2.1$                 |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $A_{s,min}$   | $= (f_{ctm} \cdot W_c + Z_{Ed} \cdot (z_0 - z_{s1} - W_c / (h_c \cdot b_c))) / (z_0 \cdot f_{yk})$ |   | $= 3.98 \text{ cm}^2$   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $A_{s,max}$   | $= 0.08 \cdot h_c \cdot b_c$   | $= 0.08 \cdot 60.0 \cdot 40.0$  | $= 192.00 \text{ cm}^2$ |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $A_{s,HSC,prov}$  | $= \eta_{HSC,rqd} \cdot A$   | $= 3 \cdot 2.01$  | $= 6.03 \text{ cm}^2$   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\beta_{As}$  | $= A_{s,HSC,rqd} / A_{s,HSC,prov}$   | $= 4.26 / 6.03$   | $= 70.7 \%$             |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\beta_{As,min}$  | $= A_{s,min} / A_{s,HSC,prov}$   | $= 3.98 / 6.03$   | $= 66.1 \%$             |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\beta_{As,max}$  | $= A_{s,HSC,prov} / A_{s,max}$   | $= 6.03 / 192.00$   | $= 3.1 \%$              |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\eta_{HSC,prov}$   |  |   | $= 3$                   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\eta_{HSC,La1}$  |  |   | $= 3$                   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $\eta_{HSC,La2}$  |  |   | $= 0$                   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
|   | Ausführung der Schubfuge   |   | Verzahnte Fuge          |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Ed}$  | $= F_{Ed}$   |   | $= 250.0 \text{ kN}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Rdi}$   | $= \min [V_{Rdi}, V_{Rdi,max}]$  |   | $= 418.4 \text{ kN}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Rdi}$   | $= c \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot x_i + 1.2 \cdot \mu \cdot A_s \cdot f_{yd}$                     | $= 0.5 \cdot 0.11 \cdot 40.0 \cdot 60.0 + 1.2 \cdot 0.9 \cdot 6.0 \cdot 43.5$ | $= 418.4 \text{ kN}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Rdi,max}$   | $= 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot b_i \cdot h_{c,eff}$  | $= 0.5 \cdot 0.7 \cdot 1.7 \cdot 40.0 \cdot 60.0$                             | $= 1428.0 \text{ kN}$   |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $b_i$   | $= b_c - 2 \cdot r$  | $= 400.0 - 2 \cdot 0.0$   | $= 400.0 \text{ mm}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $x_i$   | $= h_{c,eff}$  |   | $= 600.0 \text{ mm}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $h_{c,eff}$   | $= h_c$  |   | $= 600.0 \text{ mm}$    |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $A_s$   | $= A_{s,HSC,prov}$   |   | $= 603.2 \text{ mm}^2$  |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $f_{ctd}$   | $= f_{ctk,0.05} / \gamma_c$  | $= 2.0 / 1.8$   | $= 1.1 \text{ N/mm}^2$  |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
| $V_{Ed} / V_{Rdi}$  |  | $= 250.0 / 418.4$   | $= 59.8 \%$             |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |
|    | Bearbeiter:  | HSC 3.0.0<br>28.03.2024   |                         |          |            |  |                      |              |   |  |                       |     |                                    |                                  |          |     |                 |                     |                      |     |               |              |                    |       |  |  |                     |                       |  |                    |             |          |   |   |                      |                      |  |               |                   |       |   |  |                    |       |               |               |                     |                 |                                    |                             |                       |                  |                     |                 |         |             |  |  |                       |             |                              |                                |                         |                  |                            |                  |                       |              |                                    |                 |             |                  |                                |                 |             |                  |                                |                   |            |                   |  |  |       |                  |  |  |       |                  |  |  |       |  |                          |  |                |          |            |  |                      |           |                                 |  |                      |           |  |   |                      |               |   |   |                       |       |                     |                         |                      |       |               |  |                      |             |         |  |                      |       |                    |  |                        |           |                             |               |                        |                    |  |                   |             |

Leviat GmbH, Liebigstr. 14, 40764 Langenfeld, Tel.: +49 2173 970 0, Fax: +49 2173 970 123 © Leviat GmbH, Langenfeld, Germany

|  |  |   |                         |
|--|--|---|-------------------------|
| eviat  | Bauvorhaben<br>VDS Achim-West<br>Verdichterhalle Wandkonsole   | Projekt Nr.<br>15825                            | Seite<br>5              |
|  |  | Position<br>1                                   |                         |
|  |  |   |                         |
| Nachweis der Betonpressung unter der Lastplatte (Anlage 4, Abschnitt 7)  |  |   |                         |
| $F_{Rd,LP}$  | $= A_{c0,LP} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1,LP} / A_{c0,LP})^{0.5} \leq A_{c0,LP} \cdot f_{cd} \cdot 3.0$ |   | = 2280.8 kN             |
| $f_{cd}$   |  |   | = 1.70 kN/cm²           |
| $A_{c0,LP}$  |  |   | = 900.0 cm²             |
| $A_{c1,LP}$  |  |   | = 2000.0 cm²            |
| $F_{Ed} / F_{Rd,LP}$   | = 250.0 / 2280.8   |   | = 11.0 %                |
| Nachweis der Verankerung von HSC-Ankern in der Konsole (Anlage 4, Abschnitt 8)   |  |   |                         |
| Der Nachweis der Verankerung von HSC-Ankern in der Konsole bei einer einlagigen HSC Ankerlage ist erbracht, wenn die Konstruktionsregeln a) - c) nach Anlage 4, Abschnitt 1 eingehalten sind.  |  |   |                         |
| $\bar{u}_{min}$  | = max [ $c_1 / 2 + h_{HSC}$ ; $d_1 / 2 + h_{HSC} - a_L / 2$ ]  | = max [3.5 / 2 + 1.0; 6.2 / 2 + 1.0 - 30.0 / 2] | = 2.8 cm                |
| $\bar{u}_{prov}$   | = $a_{d2} - c_v$   | = 10.0 - 3.5                                    | = 6.5 cm                |
| $\bar{u}_{min} / \bar{u}_{prov}$   |  | = 2.8 / 6.5                                     | = 42.3 %                |
| Anordnung von geschlossenen Bügeln in der Konsole (Anlage 4, Abschnitt 9)  |  |   |                         |
| $a_c / h_c$  | = 250.0 / 600.0  | = 0.42  | ≤ 0.5                   |
| $V_{Ed} / V_{Rd,max}$  | = 250.0 / 1066.2   | = 0.23  | ≤ 0.3                   |
| 1) Konstruktiv erforderlicher Vertikalbügel je HSC-Ankerlage im Bereich der Ankerköpfe   |  |   |                         |
| $n_{sw/v,La1}$   |  |   | = 1                     |
| Verankerung der HSC Ankerstäbe in der Stütze bei zweiseitiger Anschlusskonfiguration   |  |   |                         |
| Der Nachweis der Verankerung von Ankerstäben mit Muffen an beiden Enden ist erbracht, wenn die folgenden Konstruktionsregeln in Anlehnung an Zulassung Z-21.8-1973, Anlage 3, Abschnitt 1, Abbildung 1 und Tabelle 2 eingehalten sind: |  |   |                         |
| a) Konsolen bei zweiseitiger Anschlusskonfiguration paarweise herstellen   |  |   |                         |
| b) Mindeststabdurchmesser der Stützenlängsbewehrung  |  |   |                         |
| c) Anordnung von mindestens einem Längsstab zwischen Ankerschaft und seitlichem Bauteilrand und  |  |   |                         |
| d) Mindestbewehrung asw in Form von geschlossenen Bügeln Ø8 mm müssen die Stützenlängsbewehrung umschließen und sind mit Höchstabstand $s \leq 10$ cm gleichmäßig über die Konsolhöhe $h_c$ zu verteilen                               |  |   |                         |
| Querbewehrung in der Stütze über die Konsolhöhe  |  |   |                         |
| $\varnothing_{sw,col}$   | = 12 mm  |   | ≥ 8 mm                  |
| $n_{sw,col,rqd}$   | = $h_c / s_{sw,shear} + 1$   | = 600 / 50 + 1                                  | = 13                    |
| $n_{sw,col,prov}$  | = $h_c / s_{sw,col} + 1$   | = 600 / 150 + 1                                 | = 5                     |
| $n_{sw,c/h}$   | = (gemäß Bewehrung Konsole)  |   | = 0                     |
| $n_{sw,col,extra}$   | = max [ $n_{sw,col,rqd} - n_{sw,col,prov} - n_{sw,c,h}; 0$ ]   |   | = 8                     |
| FENHAI   |  | Bearbeiter:                                     | HSC 3.0.0<br>28.03.2024 |

|   |                             |              |                  |            |
|---|-----------------------------|--------------|------------------|------------|
| <div>eviat</div>                          | Bauvorhaben                 | Projekt Nr.  |                  | Seite      |
|   |                             | 15825        |                  | 6          |
|   |                             | Position     |                  |            |
|   | VDS Achim-West              | 1            |                  |            |
|   | Verdichterhalle Wandkonsole |              |                  |            |
| Übersicht über Nachweise und Ausnutzung   |                             |              |                  |            |
|   |                             | $F_{Ed}[kN]$ | $V_{Rd,max}[kN]$ | Ausnutzung |
| Querkrafttragfähigkeit der Konsole        |                             | 250,0        | 1066,2           | 23.4 %     |
|   |                             | $Z_{Ed}[kN]$ | $Z_{Rd}[kN]$     | Ausnutzung |
| Zuggurttragfähigkeit                      |                             | 185,4        | 262,3            | 70.7 %     |
|   |                             | $V_{Ed}[kN]$ | $V_{Rd}[kN]$     | Ausnutzung |
| Schubfuge                                 |                             | 250,0        | 418,4            | 59,75 %    |
|   |                             | $F_{Ed}[kN]$ | $F_{Rd,LP}[kN]$  | Ausnutzung |
| Betonpressung unter Lasteinleitungsplatte |                             | 250,0        | 2280,8           | 11.0 %     |
| Verankerung HSC in Konsole                |                             | nachgewiesen |                  |            |
| Verankerung HSC in Stütze                 |                             | nachgewiesen |                  |            |
| Nachweise erbracht.                       |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |
|   |                             |              |                  |            |

**Anlage 6: Bemessung der Giebelbalken**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: **1, 2, 3, 4**

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C25/30** ( $f_{ck} = 25$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 20$  mm ( $A_{\phi,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 20$  mm ( $A_{\phi,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 20$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 3,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 12$  mm ( $A_{\phi,T} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 12$  mm ( $A_{\phi_w} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 12 + \frac{20}{2} = 57 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,167 \text{ MPa} = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,4167 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{1,7955}{1,5} = 1,0174 \text{ MPa} = 1,0174 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 8,332 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

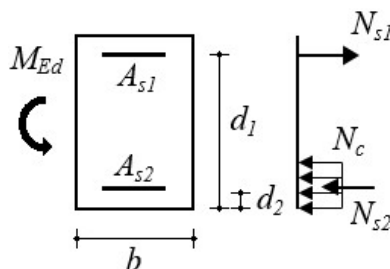
Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 300,6 \text{ kNm}$$

### Bemessung der Biegebewehrung



Gleichgewichtsbedingungen für den Querschnitt

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 743 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 743 = 458,2 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 458,2 = 366,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(743 - \frac{366,6}{2}\right) \cdot 366,6 \cdot 650,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,8894 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 301 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 45,32 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

$$A_{s,1} = 969 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,4 \text{ cm}^2)$$

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c s_{pos} = 1,599 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

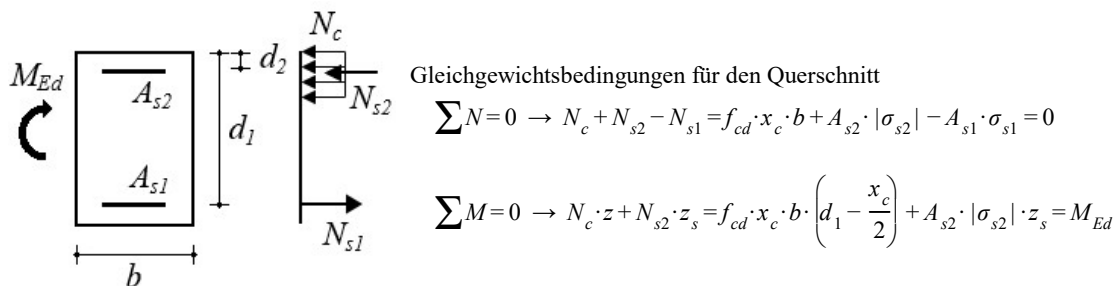
Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 201 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 743 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 743 = 458,2 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 458,2 = 366,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 743 - \frac{366,6}{2} \right) \cdot 366,6 \cdot 650,0 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 = 1,8894 \cdot 10^3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 201 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 30,04 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 644 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,4 \text{ cm}^2)$$

## 1.2. Abscheren-Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $8,670 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

## Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

## Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 301 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 314,5 \text{ kN} \quad V_{Ed,red} = 235,1 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 24,1 \text{ kNm}$$

$$v_{min} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (d - 600)}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \right) \cdot \sqrt{f_{ck}} = \left( \frac{0,0525 + \frac{0,0375 - 0,0525}{800 - 600} \cdot (743 - 600)}{1,5} \cdot 1,5188^{1,5} \right) \cdot \sqrt{25} =$$

$$= 0,26065 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE), (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,26065 + 0,12 \cdot 0) \cdot 650 \cdot 743 = 125881 \text{ N} = 125,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,5188 \cdot (100 \cdot 0,0020071 \cdot 25)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 650 \cdot 743 = 125578 \text{ N}$$

$$= 125,6 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 125,6 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 125,9 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 125,9 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 24,1 \text{ kNm} < \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} = \frac{314,5 \cdot 650,0}{4,5} = 45,43 \quad \checkmark \quad \text{DIN EN 1992-1-1 6.3.2 (5) (NA.6.31.1)}$$

$$V_{Ed} \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w} \right) = 314,5 \cdot \left( 1 + \frac{4,5 \cdot 24,1}{314,5 \cdot 650,0} \right) = 481,0 \text{ kNm} > V_{Rd,c} = 125,9 \text{ kN} \quad \text{!!}$$

Schub-/Torsionsbewehrung erforderlich.

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

Berechneter Bügelabstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.8\) \(6.26\) \(6.27\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed,red} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{2,3}{235,1 + 2 \cdot 686 \cdot \frac{24,1}{2 \cdot 2,9215 \cdot 10^5}} \cdot 668,7 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 225,6 \text{ mm} \rightarrow s =$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}} = \frac{0,16 \cdot 2,565}{500} = 0,00082079 = 0,821 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) \quad DIN EN 1992-1-1}$$

9.2.2. (5) (9.4)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2,3}{200 \cdot 650,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,00174 = 1,740 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 0,821 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w; 0,016 + k_2; k_3) = \max(0 \cdot 12; 0,016 + 5; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 200 - 12 = 188 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 800,0 = 200 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{DIN}$$

EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) Tabelle NA.9.1

$$s = 200 \text{ mm} = s_{l,max} = 200 \text{ mm} \quad \text{X}$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.9.\)](#)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 650,0 \cdot 668,7 \cdot 0,75 \cdot 1,4167 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 2309,1 \text{ kN}$$

Der Bemessungswert des Torsionswiderstandsmoments begrenzt durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{efi} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,525 \cdot 1 \cdot 1,4167 \cdot 10^4 \cdot 2,9215 \cdot 10^5 \cdot 179,3 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 389,6 \text{ kNm}$$

[DIN EN 1992-1-1 \(6.30\)](#)

Ausnutzung der Betondruckstrebe: [DIN EN 1992-1-16.3.2 \(4\) \(NA 6.29.1\)](#)

$$\frac{T_{Ed}^2}{T_{Rd,max}^2} + \frac{V_{Ed}^2}{V_{Rd,max}^2} = \frac{24,1^2}{389,6^2} + \frac{314,5^2}{2309,1^2} = 0,022364 < 1 \text{ erfüllt}$$

Die Tragfähigkeit der Betondruckstreben ist ausreichend.

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 8,670 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 300,6 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 24,1 \text{ kNm}$$

### Berechnen der Bewehrung

Die erforderliche Querschnittsfläche der Torsionslängsbewehrung:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{|24|}{2 \cdot 0,29} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{2,2}{4,35 \cdot 10^5} = 0,00021 \text{ m}^2 = 2,1 \text{ cm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.28)}$$

Abstand zwischen den Längseisen an den Ecken des Querschnitts:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,65 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,012 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,55 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,8 - 2 \cdot 0,035 - 2 \cdot 0,012 - \frac{0,02 + 0,02}{2 \cdot 2} = 0,7 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad \text{!!}$$

#### Seitliche Bewehrung gegen Torsion

Längsstäbe sind in der Regel gleichmässig über den Umfang innerhalb der Bügel mit einem Abstand von höchstens 350 mm zu verteilen. [EN 1992-1-1 9.2.3. \(4\)](#)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,7}{0,35} - 1 = 0,989 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ St.}$$

Die erforderliche spezifische Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,00021}{2 \cdot (0,55 + 0,7)} = 8,316 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$2,894 \cdot 10^{-5} < A_{\phi,T} = 0,00011 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Seitliche Bewehrung gegen Torsion (gesamt):  $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 1 = 2 \quad \varnothing 12 \text{ mm} \quad (0,00023 \text{ m}^2)$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

Querschnittsfläche der Torsionsbewehrung in den auf Zug- und Druck beanspruchten Gurten getrennt:

$$\Delta A_{s,l,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,00021 - \frac{2 \cdot 8,316 \cdot 10^{-5} \cdot 0,7}{1 + 1}}{2} = 7,4345 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,7 \text{ cm}^2$$

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion (gesamt):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi T} + 2 \cdot \Delta A_{s,l,T} = 2 \cdot 1 \cdot 0,00011 + 2 \cdot 7,4345 \cdot 10^{-5} = 0,00037 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,00021 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{25}{1} = 21,25 \text{ MPa} = 2,125 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

Parameter [DIN EN 1992-1-1 7.3.4. \(2\)](#)

#### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 8,670 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 197 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 200 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $5\phi 20 \quad (15,7 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $3\phi 20 \quad (9,4 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 650,0 \cdot 800,0 = 520,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{2,08 \cdot 10^8}{520,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{2,08 \cdot 10^8 + 987403 \cdot (6,3541 - 1)}{520,0 + 2199 \cdot (6,3541 - 1)} = 401,1 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 2,7734 \cdot 10^{10} + 2,5849 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 2,9118 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,029}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 187,2 \text{ kNm} < M_{Ed} = 197 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist gerissen.}$$

## Elastisch-gerissener Querschnitt (Zustand II)

Höhe der Druckzone des elastisch-gerissenen Querschnitts von oben:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{II1} = 119,7 \text{ mm} ; x_{II2} = -159,8 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des elastisch-gerissenen Querschnitts:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 3,72 \cdot 10^8 + 4,8814 \cdot 10^8 \cdot 6,3541 + 3710221 \cdot (6,3541 - 1) = 3,4935 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Momentenwiderstand im elastisch-gerissenen Zustand:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0035}{0,12} \cdot 3,1476 \cdot 10^7 \cdot 0,00048031 = 441,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 197 \text{ kNm} \quad \text{Der Querschnitt ist}$$

elastisch.

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:

$$c_\phi = c + \phi_w = 35 + 12 = 47 \text{ mm}$$

Der Stababstand der Bewehrung innerhalb der Zugzone:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - 2 \cdot \left( c + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} \right)}{n_1 - 1} = \frac{650,0 - 2 \cdot \left( 35 + 12,0 + \frac{20,0}{2} \right)}{4 - 1} = 178,7 \text{ mm}$$

$$s_{br,tz} = 178,7 \text{ mm} < 5 \cdot \left( c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left( 47 + \frac{20}{2} \right) = 285 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

$$S_{r,max} = \frac{\sigma_s \cdot \phi}{3,6 \cdot f_{ct,eff}} = \frac{2,2326 \cdot 10^5 \cdot 20}{3,6 \cdot 2,565 \cdot 10^3} = 483,6 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 NDP Zu 7.3.4. (3)}$$

Die Zugspannung in der Bewehrung unter Annahme eines gerissenen Querschnitts:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,3541 \cdot 197}{3,4935 \cdot 10^9} \cdot (743,0 - 119,7) = 2,2326 \cdot 10^5 \text{ kPa}$$

Mittlere Zugeisen-Dehnung:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{E_s} = \frac{2,2326 \cdot 10^5 - \frac{0,4 \cdot 2,565 \cdot 10^3}{0,016959}}{2 \cdot 10^8} = 0,00081381$$

Mittlere Betondehnung:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,565 \cdot 10^3}{3,1476 \cdot 10^7} = 3,2596 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00081381 - 3,2596 \cdot 10^{-5} = 0,00078121 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{E_s} = \frac{0,6 \cdot 2,2326 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8} = 0,00066978 = 0,781$$

%o DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

Die charakteristische Rissbreite: [DIN EN 1992-1-1 7.3.4. \(7.8\)](#)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 483,57 \cdot 0,00078121 = 0,38 \text{ mm} > w_{max} = 0,30 \text{ mm} \text{ nicht erfüllt}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 1,950 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 132 \text{ kNm}$$

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 800,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 650,0 \text{ mm}$

Bügelabstand:  $s = 300 \text{ mm}$

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $2\phi 20 \quad (6,3 \text{ cm}^2)$

Untere Bewehrung:  $3\phi 20 \quad (9,4 \text{ cm}^2)$

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 650,0 \cdot 800,0 = 520,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{2,08 \cdot 10^8}{520,0} = 400 \text{ mm}$$

### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{2,08 \cdot 10^8 + 736075 \cdot (6,3541 - 1)}{520,0 + 1571 \cdot (6,3541 - 1)} = 401,1 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 2,7734 \cdot 10^{10} + 1,8457 \cdot 10^8 \cdot (6,3541 - 1) = 2,8722 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,029}{0,8 - 0,4} \cdot 2,565 \cdot 10^3 = 184,7 \text{ kNm} > M_{Ed} = 132 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 3,900 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

|                             | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 0                      | 0                  | 1,950                  | 3,881              | 3,900                  |
| $l_0$ [m]                   | 3,900                  |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben         | 3 $\phi$ 20            |                    | 2 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten        | 3 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |                    | $3,1064 \cdot 10^{10}$ |                    | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $7,1733 \cdot 10^9$    |                    | $7,107 \cdot 10^9$     |                    | $7,1733 \cdot 10^9$    |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 203,5                  |                    | 201,0                  |                    | 203,5                  |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 324,3                  |                    | 323,8                  |                    | 324,3                  |
| $M$ [kNm]                   | 0                      |                    | - 131,9                |                    | 0                      |
| $\zeta$                     | 0                      |                    | 0                      |                    | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,6214                 |                    | 2,6783                 |                    | 2,6214                 |
| $\alpha_{II}$               | 11,599                 |                    | 11,707                 |                    | 11,599                 |
| $\alpha$                    | 2,6214                 |                    | 2,6783                 |                    | 2,6214                 |
| $e_0$ [mm]                  | 0 (↓)                  | 0 (↓)              | 0,2 (↓)                | 0 (↓)              | 0 (↓)                  |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                  | 0,2 (↓)                | 0                  | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 0 (↓)                  | 0 (↓)              | 0,6 (↓)                | 0 (↓)              | 0 (↓)                  |
| $e_{rel}$ [mm]              | 0<br>✓                 | 0<br>✓             | 0,6 (↓)<br>✓           | 0 (↓)<br>✓         | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}$ [mm]              | 13,0                   |                    |                        |                    |                        |

Feld 2 :

Spannweite:  $l_0 = 4,770$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                             | linkes Auflager        | Feld               |                        |                    | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-nullpunkt | max                    | Momenten-nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 3,900                  | 3,920              | 5,808                  | 7,458              | 8,670                  |
| $l_0$ [m]                   | 4,770                  |                    |                        |                    |                        |
| Längsbewehrung oben         | 3 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |                    | 5 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung unten        | 3 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |                    | 3 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |                    | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |                    | $3,3047 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $7,1733 \cdot 10^9$    |                    | $7,1733 \cdot 10^9$    |                    | $1,0906 \cdot 10^{10}$ |

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

|                   |        |            |              |              |        |
|-------------------|--------|------------|--------------|--------------|--------|
| $M_{cr} [kNm]$    | 203,5  |            | 203,5        |              | 215,6  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$ | 324,3  |            | 324,3        |              | 531,4  |
| $M [kNm]$         | 0      |            | - 110,2      |              | 197,0  |
| $\zeta$           | 0      |            | 0            |              | 0      |
| $\alpha_I$        | 2,6214 |            | 2,6214       |              | 2,5176 |
| $\alpha_{II}$     | 11,599 |            | 11,599       |              | 7,6286 |
| $\alpha$          | 2,6214 |            | 2,6214       |              | 2,5176 |
| $e_0 [mm]$        | 0 (↓)  | 0 (↓)      | 0,2 (↓)      | 0,1 (↓)      | 0 (↓)  |
| $e_{0,rel} [mm]$  | 0      | 0          | 0,2 (↓)      | 0            | 0      |
| $e_{abs} [mm]$    | 0 (↓)  | 0 (↓)      | 0,6 (↓)      | 0,3 (↓)      | 0 (↓)  |
| $e_{rel} [mm]$    | 0<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0,6 (↓)<br>✓ | 0,3 (↓)<br>✓ | 0<br>✓ |
| $e_{lim} [mm]$    | 15,9   |            |              |              |        |

Feld 3 :

Spannweite:  $l_0 = 4,770$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                         | linkes Auflager        | Feld                   |                        |                        | rechtes Auflager       |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                         | rechter Rand           | Momenten-<br>nullpunkt | max                    | Momenten-<br>nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]               | 8,670                  | 9,882                  | 11,532                 | 13,420                 | 13,440                 |
| $l_0 [m]$               | 4,770                  |                        |                        |                        |                        |
| Längsbewehrung<br>oben  | 5 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung<br>unten | 3 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |
| $I_c [mm^4]$            | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                        | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                        | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |
| $I_I [mm^4]$            | $3,3047 \cdot 10^{10}$ |                        | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |                        | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II} [mm^4]$         | $1,0906 \cdot 10^{10}$ |                        | $7,1733 \cdot 10^9$    |                        | $7,1733 \cdot 10^9$    |
| $M_{cr} [kNm]$          | 215,6                  |                        | 203,5                  |                        | 203,5                  |
| $M_{Rd,II} [kNm]$       | 531,4                  |                        | 324,3                  |                        | 324,3                  |
| $M [kNm]$               | 197,0                  |                        | - 110,2                |                        | 0                      |
| $\zeta$                 | 0                      |                        | 0                      |                        | 0                      |
| $\alpha_I$              | 2,5176                 |                        | 2,6214                 |                        | 2,6214                 |
| $\alpha_{II}$           | 7,6286                 |                        | 11,599                 |                        | 11,599                 |
| $\alpha$                | 2,5176                 |                        | 2,6214                 |                        | 2,6214                 |
| $e_0 [mm]$              | 0 (↓)                  | 0,1 (↓)                | 0,2 (↓)                | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  |
| $e_{0,rel} [mm]$        | 0                      | 0                      | 0,2 (↓)                | 0                      | 0                      |
| $e_{abs} [mm]$          | 0 (↓)                  | 0,3 (↓)                | 0,6 (↓)                | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken.axs**

Bemessung des Giebelbalkens in Achsen 1 und 10

28.01.2025

|               |        |              |              |            |        |
|---------------|--------|--------------|--------------|------------|--------|
| $e_{rel}[mm]$ | 0<br>✓ | 0,3 (↓)<br>✓ | 0,6 (↓)<br>✓ | 0 (↓)<br>✓ | 0<br>✓ |
| $e_{lim}[mm]$ | 15,9   |              |              |            |        |

Feld 4 :

Spannweite:  $l_0 = 3,900$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                             | linkes Auflager        | Feld                   |                        |                        | rechtes Auflager       |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                             | rechter Rand           | Momenten-<br>nullpunkt | max                    | Momenten-<br>nullpunkt | linker Rand            |
| Abst. [m]                   | 13,440                 | 13,460                 | 15,390                 | 17,340                 | 17,340                 |
| $l_0$ [m]                   | 3,900                  |                        |                        |                        |                        |
| Längsbewehrung<br>oben      | 3 $\phi$ 20            |                        | 2 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |
| Längsbewehrung<br>unten     | 3 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |                        | 3 $\phi$ 20            |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                        | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |                        | $2,7733 \cdot 10^{10}$ |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |                        | $3,1064 \cdot 10^{10}$ |                        | $3,1739 \cdot 10^{10}$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $7,1733 \cdot 10^9$    |                        | $7,107 \cdot 10^9$     |                        | $7,1733 \cdot 10^9$    |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 203,5                  |                        | 201,0                  |                        | 203,5                  |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 324,3                  |                        | 323,8                  |                        | 324,3                  |
| $M$ [kNm]                   | 0                      |                        | - 131,9                |                        | 0                      |
| $\zeta$                     | 0                      |                        | 0                      |                        | 0                      |
| $\alpha_I$                  | 2,6214                 |                        | 2,6783                 |                        | 2,6214                 |
| $\alpha_{II}$               | 11,599                 |                        | 11,707                 |                        | 11,599                 |
| $\alpha$                    | 2,6214                 |                        | 2,6783                 |                        | 2,6214                 |
| $e_0$ [mm]                  | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  | 0,2 (↓)                | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                      | 0                      | 0,2 (↓)                | 0                      | 0                      |
| $e_{abs}$ [mm]              | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  | 0,6 (↓)                | 0 (↓)                  | 0 (↓)                  |
| $e_{rel}$ [mm]              | 0<br>✓                 | 0 (↓)<br>✓             | 0,6 (↓)<br>✓           | 0<br>✓                 | 0<br>✓                 |
| $e_{lim}$ [mm]              | 13,0                   |                        |                        |                        |                        |



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken A und E.axs**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

## Stahlbetonbalken

Konstruktionselemente: **1, 2, 3**

Norm: **Eurocode-D**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

### Materialien

Beton: **C30/37** ( $f_{ck} = 30$  MPa)

Betonstahl:

Längsbewehrung: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Bügel: **B500B** ( $f_{yk} = 500$  MPa)

Kriechfaktor:  $\varphi(\infty, t_0) = 2$  [DIN EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

### Bewehrungsparameter definieren

Betonüberdeckungen:  $c = 35$  mm

Obere Längsstäbe:  $\phi_T = 12$  mm ( $A_{\phi,T} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Längsstäbe:  $\phi_B = 12$  mm ( $A_{\phi,B} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Obere Eckstäbe:  $\phi_{c,T} = 12$  mm ( $A_{\phi,c,T} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Untere Eckstäbe:  $\phi_{c,B} = 12$  mm ( $A_{\phi,c,B} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Seitliche Bewehrung gegen Torsion:  $\phi_T = 12$  mm ( $A_{\phi,T} = 1,1$  cm<sup>2</sup>)

Bügeldurchmesser:  $\phi_w = 8$  mm ( $A_{\phi_w} = 0,5$  cm<sup>2</sup>)

Bügel Schenkel:  $n_{\phi,w} = 2$  St.

Winkel der Betondruckstrebe:  $\Theta = 45,00^\circ$  ( $\cot\Theta = 1$ )

Betonstahllage:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 35 + 8 + \frac{12}{2} = 49 \text{ mm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 35 + 8 + \frac{12}{2} = 49 \text{ mm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 35 + 8 + \frac{12}{2} = 49 \text{ mm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 35 + 8 + \frac{12}{2} = 49 \text{ mm}$$

## 1. ULS Lastkombination (Tragfähigkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **Ständige oder vorübergehende**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 1,7 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,7 \cdot 10^4 = 1,7 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{2,0275}{1,5} = 1,1489 \text{ MPa} = 1,1489 \cdot 10^3 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E. ax**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## 1.1. Biegung

### Maximale Zugbewehrung oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 9,274 \text{ m}$ 

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {1,5\*Windlast Zug} (1,5\*1\*NL Dach)**

### Geometrie

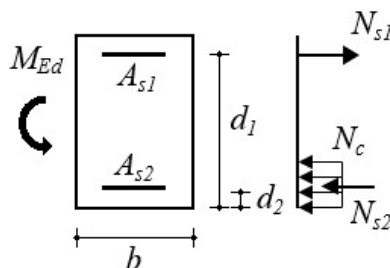
Dicke des Querschnitts:  $h = 400,0 \text{ mm}$ 

Breite des Querschnitts:  $b_w = 600,0 \text{ mm}$ 

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

### Bemessung der Biegebewehrung



Gleichgewichtsbedingungen für den Querschnitt

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left( d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 351 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 351 = 216,5 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 216,5 = 173,2 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 351 - \frac{173,2}{2} \right) \cdot 173,2 \cdot 600,0 \cdot 1,7 \cdot 10^4 = 467 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0,009 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 0,00253 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 317 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 3,2 \text{ cm}^2)$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelbalken A und E.ans**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

## Maximale Zugbewehrung unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $c s_{pos} = 1,853 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdeckel] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

### Geometrie

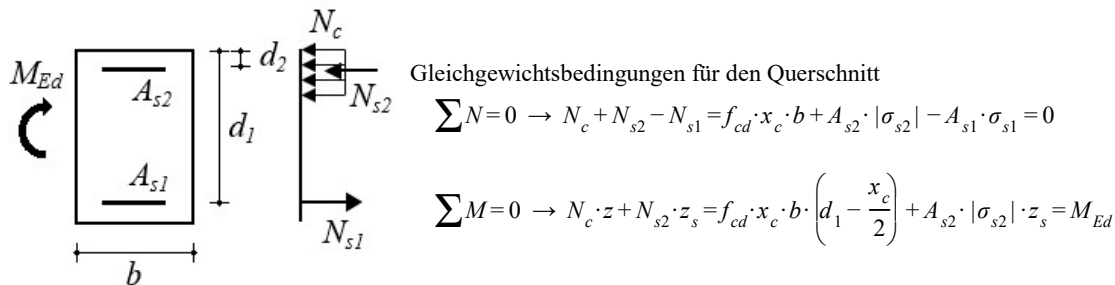
Dicke des Querschnitts:  $h = 400,0 \text{ mm}$

Breite des Querschnitts:  $b_w = 600,0 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 30 \text{ kNm}$$

## Bemessung der Biegebewehrung



### Teil-Resultate

Statische Nutzhöhe:

$$d = 351 \text{ mm}$$

Der reine maximale Momentenwiderstand ohne Druckbewehrung:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 351 = 216,5 \text{ mm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 216,5 = 173,2 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-13.1.7. (3) Figur 3.5.}$$

$$M_{Rd,x0} = \left( d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left( 351 - \frac{173,2}{2} \right) \cdot 173,2 \cdot 600,0 \cdot 1,7 \cdot 10^4 = 467 \text{ kNm} > M_{Ed} = 30 \text{ kNm}$$

Betondruckzonenhöhe:

$$x_c = 8,475 \text{ mm}$$

Berechnete Fläche der Biegebewehrung unter Zug:

$$A_{s,1} = 317 \text{ mm}^2 \quad (A_{s,min} = 3,2 \text{ cm}^2)$$

## 1.2. Schub

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $4,700 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdeckel] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 400,0 \text{ mm}$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E. axes**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

Breite des Querschnitts:  $b_w = 600,0 \text{ mm}$

### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 29 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 42,3 \text{ kN}$$

### Schubbewehrung

$$v_{min} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot k^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} = \frac{0,0525}{1,5} \cdot 1,7549^{1,5} \cdot \sqrt{30} = 0,44565 \text{ MPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-16.2.2 (1) (6.3aDE)}$$

Bemessungswert des Querkraftwiderstands eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 6.2.2. \(1\)](#)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,44565 + 0,12 \cdot 0) \cdot 600 \cdot 351 = 93853 \text{ N} = 93,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,1 \cdot 1,7549 \cdot (100 \cdot 0,0015062 \cdot 30)^{1/3} + 0,12 \cdot 0) \cdot 600 \cdot 351 = 61098 \text{ N} = 61,1 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 61,1 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 93,9 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 93,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 93,9 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 42,3 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Keine Schubbewehrung nötig

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2 = 0,75 \cdot 1 = 0,75$$

Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand: [DIN EN 1992-1-1 \(6.9.\)](#)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 600,0 \cdot 315,9 \cdot 0,75 \cdot 1,7 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 1208,3 \text{ kN} > V_{Ed} = 42,3 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Kontrolle der konstruktiven Durchbildung für Bügel:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,16 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} = \frac{0,16 \cdot 2,8965}{500} = 0,00092687 = 0,927 \text{ ‰} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) \quad DIN EN 1992-1-1}$$

[9.2.2. \(5\) \(9.4\) \(9.5N\)](#)

$$s = \frac{A_{s,w}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,0}{0,00092687 \cdot 600,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 180,8 \text{ mm} \rightarrow s = 150 \text{ mm}$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w; 0,016 + k_2; k_3) = \max(0 \cdot 8; 0,016 + 5; 0) = 21 \text{ mm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 150 - 8 = 142 \text{ mm} > s_{clear,min} = 21 \text{ mm} \quad \checkmark \quad s_{l,max} = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 400,0 = 280 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \text{DIN EN}$$

[1992-1-1 9.2.2.1. \(6\) Tabelle NA.9.1](#)

$$s = 150 \text{ mm} < s_{l,max} = 280 \text{ mm} \quad \checkmark$$

### 1.3. Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Für Torsion ist keine zusätzliche Längsbewehrung erforderlich

## 2. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

### Bemessungsparameter

Bemessungssituation: **SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{30}{1} = 25,5 \text{ MPa} = 2,55 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### 2.1. Rissnachweis Kontrolle

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.  
Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E. axes**  
Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

**Parameter** DIN EN 1992-1-1 7.3.4. (2)

### 2.1.1 Begrenzende Rissbreite oben

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 5,070$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 31 \text{ kNm}$$

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 400,0$  mm

Breite des Querschnitts:  $b_w = 600,0$  mm

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $3\phi 12$  ( $3,4 \text{ cm}^2$ )

Untere Bewehrung:  $3\phi 12$  ( $3,4 \text{ cm}^2$ )

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 600,0 \cdot 400,0 = 240,0 \text{ mm}^2$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{4,8 \cdot 10^7}{240,0} = 200 \text{ mm}$$

#### Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{4,8 \cdot 10^7 + 135717 \cdot (6,0908 - 1)}{240,0 + 679 \cdot (6,0908 - 1)} = 200 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 3,2 \cdot 10^9 + 1,5472 \cdot 10^7 \cdot (6,0908 - 1) = 3,2788 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,0033}{0,4 - 0,2} \cdot 2,8965 \cdot 10^3 = 47,5 \text{ kNm} > M_{Ed} = 31 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

### 2.1.2 Begrenzende Rissbreite unten

Lage des Querschnittes vom linken Ende des Stabes:  $cs_{pos} = 2,028$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

#### Schnittkräfte

$$M_{Ed} = 21 \text{ kNm}$$

#### Geometrie

Dicke des Querschnitts:  $h = 400,0$  mm

Breite des Querschnitts:  $b_w = 600,0$  mm

Längsbewehrung:

Obere Bewehrung:  $2\phi 12$  ( $2,3 \text{ cm}^2$ )

Untere Bewehrung:  $3\phi 12$  ( $3,4 \text{ cm}^2$ )

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E.ans**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

Die Betonquerschnittsfläche:

$$A_c = b_w \cdot h = 600,0 \cdot 400,0 = 240,0 \text{ mm}$$

Abstand des Schwerpunkts des Betonquerschnitts von oben:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{4,8 \cdot 10^7}{240,0} = 200 \text{ mm}$$

## Ungerissener Querschnitt (Zustand I)

Höhe der Druckzone des ungerissenen Querschnitts von oben:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{4,8 \cdot 10^7 + 130175 \cdot (6,0908 - 1)}{240,0 + 565 \cdot (6,0908 - 1)} = 200,4 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 3,2 \cdot 10^9 + 1,2882 \cdot 10^7 \cdot (6,0908 - 1) = 3,2656 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Rissmoment:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,0033}{0,4 - 0,2} \cdot 2,8965 \cdot 10^3 = 47,4 \text{ kNm} > M_{Ed} = 21 \text{ kNm} \quad \text{Der Träger ist ungerissen.}$$

## 2.2. Durchbiegung

### Parameter

### Resultatzusammenstellung

Feld 1 :

Spannweite:  $l_0 = 5,070 \text{ m}$

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                      | linkes Auflager     | Feld               |                     |                    | rechtes Auflager    |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                      | rechter Rand        | Momenten-nullpunkt | max                 | Momenten-nullpunkt | linker Rand         |
| Abst. [m]            | 0                   | 0                  | 2,028               | 3,900              | 5,070               |
| $l_0 [m]$            | 5,070               |                    |                     |                    |                     |
| Längsbewehrung oben  | 3 $\phi$ 12         |                    | 2 $\phi$ 12         |                    | 3 $\phi$ 12         |
| Längsbewehrung unten | 3 $\phi$ 12         |                    | 3 $\phi$ 12         |                    | 3 $\phi$ 12         |
| $I_c [mm^4]$         | $3,2 \cdot 10^9$    |                    | $3,2 \cdot 10^9$    |                    | $3,2 \cdot 10^9$    |
| $I_I [mm^4]$         | $3,4672 \cdot 10^9$ |                    | $3,4224 \cdot 10^9$ |                    | $3,4672 \cdot 10^9$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $5,6031 \cdot 10^8$ |                    | $5,5917 \cdot 10^8$ |                    | $5,6031 \cdot 10^8$ |
| $M_{cr} [kNm]$       | 50,2                |                    | 49,9                |                    | 50,2                |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 55,1                |                    | 55,2                |                    | 55,1                |
| $M [kNm]$            | 0                   |                    | -20,6               |                    | 31,1                |
| $\zeta$              | 0                   |                    | 0                   |                    | 0                   |
| $\alpha_I$           | 2,7688              |                    | 2,8051              |                    | 2,7688              |

### Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E. axes**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

|                  |               |               |                     |                     |               |
|------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|
| $\alpha_{II}$    | 17,133        |               | 17,168              | 17,133              |               |
| $\alpha$         | 2,7688        |               | 2,8051              | 2,7688              |               |
| $e_0 [mm]$       | 0 (↓)         | 0 (↓)         | 0,4 (↓)             | 0,2 (↓)             | 0 (↓)         |
| $e_{0,rel} [mm]$ | 0             | 0             | 0,3 (↓)             | 0                   | 0             |
| $e_{abs} [mm]$   | 0 (↓)         | 0 (↓)         | 1,1 (↓)             | 0,5 (↓)             | 0 (↓)         |
| $e_{rel} [mm]$   | <b>0</b><br>✓ | <b>0</b><br>✓ | <b>1,1</b> (↓)<br>✓ | <b>0,5</b> (↓)<br>✓ | <b>0</b><br>✓ |
| $e_{lim} [mm]$   | 16,9          |               |                     |                     |               |

Feld 2 :

Spannweite:  $l_0 = 5,500$  m

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                      | linkes Auflager     | Feld                |                     |                     | rechtes Auflager    |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                      | rechter Rand        | Momenten-nullpunkt  | max                 | Momenten-nullpunkt  | linker Rand         |
| Abst. [m]            | 5,070               | 6,425               | 7,820               | 9,450               | 10,570              |
| $l_0 [m]$            | 5,500               |                     |                     |                     |                     |
| Längsbewehrung oben  | 3φ12                |                     | 2φ12                |                     | 3φ12                |
| Längsbewehrung unten | 3φ12                |                     | 3φ12                |                     | 3φ12                |
| $I_c [mm^4]$         | $3,2 \cdot 10^9$    |                     | $3,2 \cdot 10^9$    |                     | $3,2 \cdot 10^9$    |
| $I_I [mm^4]$         | $3,4672 \cdot 10^9$ |                     | $3,4224 \cdot 10^9$ |                     | $3,4672 \cdot 10^9$ |
| $I_{II} [mm^4]$      | $5,6031 \cdot 10^8$ |                     | $5,5917 \cdot 10^8$ |                     | $5,6031 \cdot 10^8$ |
| $M_{cr} [kNm]$       | 50,2                |                     | 49,9                |                     | 50,2                |
| $M_{Rd,II} [kNm]$    | 55,1                |                     | 55,2                |                     | 55,1                |
| $M [kNm]$            | 31,1                |                     | -12,8               |                     | 24,6                |
| $\zeta$              | 0                   |                     | 0                   | 0                   |                     |
| $\alpha_I$           | 2,7688              |                     | 2,8051              | 2,7688              |                     |
| $\alpha_{II}$        | 17,133              |                     | 17,168              | 17,133              |                     |
| $\alpha$             | 2,7688              |                     | 2,8051              | 2,7688              |                     |
| $e_0 [mm]$           | 0 (↓)               | 0,1 (↓)             | 0,2 (↓)             | 0,1 (↓)             | 0 (↓)               |
| $e_{0,rel} [mm]$     | 0                   | 0                   | 0,1 (↓)             | 0                   | 0                   |
| $e_{abs} [mm]$       | 0 (↓)               | 0,3 (↓)             | 0,6 (↓)             | 0,3 (↓)             | 0 (↓)               |
| $e_{rel} [mm]$       | <b>0</b><br>✓       | <b>0,3</b> (↓)<br>✓ | <b>0,6</b> (↓)<br>✓ | <b>0,3</b> (↓)<br>✓ | <b>0</b><br>✓       |
| $e_{lim} [mm]$       | 18,3                |                     |                     |                     |                     |

Feld 3 :

Spannweite:  $l_0 = 4,250$  m

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Giebelbalken A und E. axx**

Bemessung der Giebelbalken in Achsen A und E

28.01.2025

Lastfall/Lastkombination: **[Eigenlast+Dachdecke] {0,8\*NL Dach+0,8\*Leitungen}**

|                             | linkes Auflager     | Feld                   |                     |                        | rechtes Auflager    |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|                             | rechter Rand        | Momenten-<br>nullpunkt | max                 | Momenten-<br>nullpunkt | linker Rand         |
| Abst. [m]                   | 10,570              | 11,671                 | 13,120              | 14,801                 | 14,820              |
| $l_0$ [m]                   | 4,250               |                        |                     |                        |                     |
| Längsbewehrung<br>oben      | 3 $\phi$ 12         |                        | 2 $\phi$ 12         |                        | 3 $\phi$ 12         |
| Längsbewehrung<br>unten     | 3 $\phi$ 12         |                        | 3 $\phi$ 12         |                        | 3 $\phi$ 12         |
| $I_c$ [mm <sup>4</sup> ]    | $3,2 \cdot 10^9$    |                        | $3,2 \cdot 10^9$    |                        | $3,2 \cdot 10^9$    |
| $I_I$ [mm <sup>4</sup> ]    | $3,4672 \cdot 10^9$ |                        | $3,4224 \cdot 10^9$ |                        | $3,4672 \cdot 10^9$ |
| $I_{II}$ [mm <sup>4</sup> ] | $5,6031 \cdot 10^8$ |                        | $5,5917 \cdot 10^8$ |                        | $5,6031 \cdot 10^8$ |
| $M_{cr}$ [kNm]              | 50,2                |                        | 49,9                |                        | 50,2                |
| $M_{Rd,II}$ [kNm]           | 55,1                |                        | 55,2                |                        | 55,1                |
| $M$ [kNm]                   | 24,6                |                        | -13,5               |                        | 0                   |
| $\zeta$                     | 0                   |                        | 0                   |                        | 0                   |
| $\alpha_I$                  | 2,7688              |                        | 2,8051              |                        | 2,7688              |
| $\alpha_{II}$               | 17,133              |                        | 17,168              |                        | 17,133              |
| $\alpha$                    | 2,7688              |                        | 2,8051              |                        | 2,7688              |
| $e_0$ [mm]                  | 0 (↓)               | 0,1 (↓)                | 0,2 (↓)             | 0 (↓)                  | 0 (↓)               |
| $e_{0,rel}$ [mm]            | 0                   | 0                      | 0,1 (↓)             | 0                      | 0                   |
| $e_{abs}$ [mm]              | 0 (↓)               | 0,2 (↓)                | 0,5 (↓)             | 0 (↓)                  | 0 (↓)               |
| $e_{rel}$ [mm]              | <b>0</b><br>✓       | <b>0,2</b> (↓)<br>✓    | <b>0,5</b> (↓)<br>✓ | <b>0</b> (↓)<br>✓      | <b>0</b><br>✓       |
| $e_{lim}$ [mm]              | 14,2                |                        |                     |                        |                     |



**Anlage 7: Bemessung der Stützen**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Stuetze Achsen A\_E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 1

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Kragarm

$$\beta_{yy} = 2$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

Kragarm

$$\beta_{zz} = 2$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

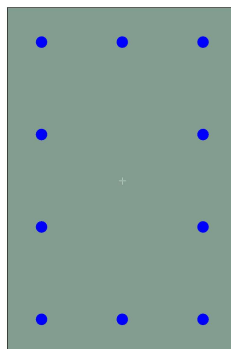
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#20**

$$10\phi 20 \quad (A_s = 3142 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |           | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                                 |
|-----|----------------------|----------------|-----------|-----------------------------|--|---------------------------------|
|     | $\phi$<br>[mm]       | y<br>[mm]      | z<br>[mm] | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | $I_{s,y}$<br>[mm <sup>4</sup> ]  | $I_{s,z}$<br>[mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 20                   | 60             | 540       | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 2.  | 20                   | 200            | 540       | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 3.  | 20                   | 340            | 540       | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 4.  | 20                   | 60             | 60        | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 5.  | 20                   | 200            | 60        | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 6.  | 20                   | 340            | 60        | 314                         | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 7.  | 20                   | 60             | 380       | 314                         | 2010620  | 6157522                         |
| 8.  | 20                   | 60             | 220       | 314                         | 2010620  | 6157522                         |
| 9.  | 20                   | 340            | 380       | 314                         | 2010620  | 6157522                         |
| 10. | 20                   | 340            | 220       | 314                         | 2010620  | 6157522                         |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 2

|               |             |                     |                    |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|
| <b>Gesamt</b> | <b>3142</b> | $1,1662 \cdot 10^8$ | $4,926 \cdot 10^7$ |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 1,1662 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 4,926 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,1662 \cdot 10^8}{3142}} = 192,7 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{4,926 \cdot 10^7}{3142}} = 125,2 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln DIN EN 1992-1-1 9.5

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$  : DIN EN 1992-1-1 9.5.1 (1)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 78,569 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (2) (9.12N)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |78,569|}{434,78} = 0,3 \text{ cm}^2 < A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (3)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: DIN EN 1992-1-1 9.5.3 (3)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 20 ; 400 ; 300) = 240 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 3

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast wz+1,5\*Windlast wy}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 78,569 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 78,569 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -27,521 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = -32,461 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{(-32,461)}{78,569} = -0,41315 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-27,521)}{78,569} = 0,35028 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,031145 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,031145 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,031145 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,031145 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,019257 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,019257}} = 115,3 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{19,400}{0,173} = 112,01 < \lambda_{limy} = 115,3 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{19,400}{0,115} = 168,01 > \lambda_{limz} = 115,3 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur y-Achse können vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

**Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.**

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} - e_{i,x,y} = (-0,41315) - 0,031145 = -0,4443 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,35028 + 0,031145 = 0,38143 \text{ m}$$

Die kritische Exzentrizität :

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 4

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = (-0,4443) = -0,4443 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = 0,38143 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast wz+1,5\*Windlast wy}**

$$N_{Ed} = 78,569 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-78,569) \cdot 0,38143 = -29,968 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 78,569 \cdot (-0,4443) = -34,908$$

kNm

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-29,968)^2 + (-34,908)^2} = 46,007 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 501,85 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-191,42)^2 + (-222,97)^2} = 293,87 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{78,569}{501,85} = 0,15656 < 1 \text{ erfüllt}$$

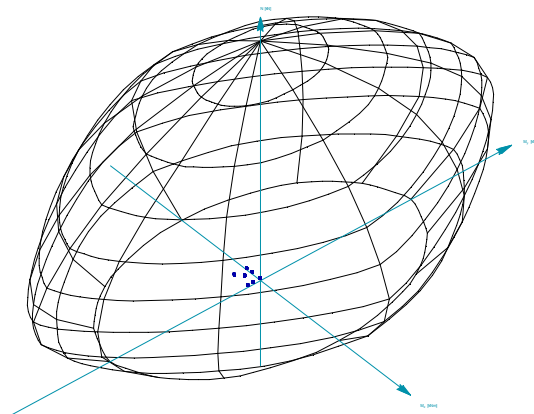
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 78,569 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-163,03)^2 + (-189,91)^2} = 250,29 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{46,007}{250,29} = 0,18382 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Stuetze Achsen A\_E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 5

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 2

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Kragarm

$$\beta_{yy} = 2$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

Kragarm

$$\beta_{zz} = 2$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

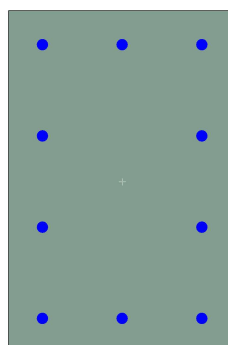
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#20**

$$10\phi 20 \quad (A_s = 3142 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |           | Querschnittsfläche | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                                 |
|-----|----------------------|----------------|-----------|--------------------|--|---------------------------------|
|     |                      | y<br>[mm]      | z<br>[mm] |                    | $I_{s,y}$<br>[mm <sup>4</sup> ]  | $I_{s,z}$<br>[mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 20                   | 60             | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 2.  | 20                   | 200            | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 3.  | 20                   | 340            | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 4.  | 20                   | 60             | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 5.  | 20                   | 200            | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 6.  | 20                   | 340            | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 7.  | 20                   | 60             | 380       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 8.  | 20                   | 60             | 220       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 9.  | 20                   | 340            | 380       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 10. | 20                   | 340            | 220       | 314                | 2010620  | 6157522                         |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A, E Montage.ans**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 6

|               |             |                     |                    |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|
| <b>Gesamt</b> | <b>3142</b> | $1,1662 \cdot 10^8$ | $4,926 \cdot 10^7$ |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 1,1662 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 4,926 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,1662 \cdot 10^8}{3142}} = 192,7 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{4,926 \cdot 10^7}{3142}} = 125,2 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln DIN EN 1992-1-1 9.5

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: DIN EN 1992-1-1 9.5.1 (1)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 78,569 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (2) (9.12N)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |78,569|}{434,78} = 0,3 \text{ cm}^2 < A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (3)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: DIN EN 1992-1-1 9.5.3 (3)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 20 ; 400 ; 300) = 240 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

 Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A, E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 7

## Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

 Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast wz}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 58,2 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 58,2 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -282,27 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 0 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{0}{58,2} = 0 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-282,27)}{58,2} = 4,85 \text{ m}$$

## Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

 Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,031145 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,031145 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,031145 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,031145 \text{ m}$ |

## Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,014265 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,014265}} = 133,96 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

 Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{19,400}{0,173} = 112,01 < \lambda_{limy} = 133,96 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{19,400}{0,115} = 168,01 > \lambda_{limz} = 133,96 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur y-Achse können vernachlässigt werden.

## Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

**Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.**

 Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$ 

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} + e_{i,x,y} = 0 + 0,031145 = 0,031145 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 4,85 + 0,031145 = 4,8812 \text{ m}$$

**Die kritische Exzentrizität :**



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen A-E Montage.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A und E, Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 8

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = 0,031145 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = 4,8812 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast wz}**

$$N_{Ed} = 58,2 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-58,2) \cdot 4,8812 = -284,08 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 58,2 \cdot 0,031145 = 1,8126 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-284,08)^2 + 1,8126^2} = 284,09 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 71,666 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-349,82)^2 + 2,232^2} = 349,82 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{58,2}{71,666} = 0,81209 < 1 \text{ erfüllt}$$

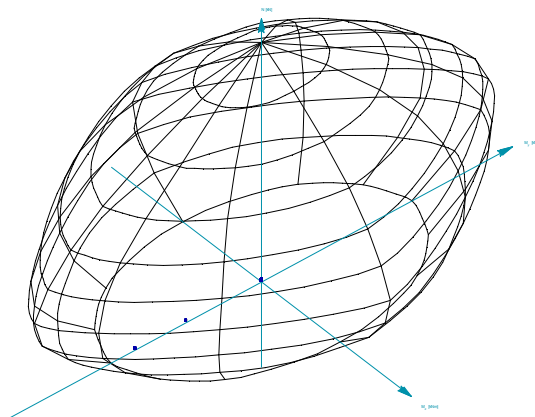
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 58,2 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-347,11)^2 + 2,2147^2} = 347,11 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{284,09}{347,11} = 0,81843 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Stuetze Achsen 20t A\_E.ans**

Bemessung der Stütze Achsen A&E, Nutzungsphase

28.01.2025

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

|                     |                    |  |
|---------------------|--------------------|--|
| Fest - Gelenkig     | $\beta_{yy} = 0,7$ | $l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 0,7 \cdot 9,700 = 6,790$ m |
| Gelenkig - Gelenkig | $\beta_{zz} = 1$   | $l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 1 \cdot 9,700 = 9,700$ m   |

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

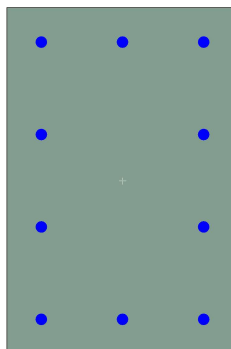
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#20**

$$10\phi 20 \quad (A_s = 3142 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |           | Querschnittsfläche | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                                 |
|-----|----------------------|----------------|-----------|--------------------|--|---------------------------------|
|     |                      | y<br>[mm]      | z<br>[mm] |                    | $I_{s,y}$<br>[mm <sup>4</sup> ]  | $I_{s,z}$<br>[mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 20                   | 60             | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 2.  | 20                   | 200            | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 3.  | 20                   | 340            | 540       | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 4.  | 20                   | 60             | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 5.  | 20                   | 200            | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 0                               |
| 6.  | 20                   | 340            | 60        | 314                | $1,8096 \cdot 10^7$  | 6157522                         |
| 7.  | 20                   | 60             | 380       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 8.  | 20                   | 60             | 220       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 9.  | 20                   | 340            | 380       | 314                | 2010620  | 6157522                         |
| 10. | 20                   | 340            | 220       | 314                | 2010620  | 6157522                         |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen 20t A\_E.axes**

Bemessung der Stütze Achsen A&E, Nutzungsphase

28.01.2025

|               |             |                     |                    |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|
| <b>Gesamt</b> | <b>3142</b> | $1,1662 \cdot 10^8$ | $4,926 \cdot 10^7$ |
|---------------|-------------|---------------------|--------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 1,1662 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 4,926 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,1662 \cdot 10^8}{3142}} = 192,7 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{4,926 \cdot 10^7}{3142}} = 125,2 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln DIN EN 1992-1-1 9.5

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: DIN EN 1992-1-1 9.5.1 (1)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,35\*Kran G+1,35\*Kran Q1} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck+1,5\*0,5\*Schneelast)**

$$N_{Ed} = 886,69 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (2) (9.12N)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |886,69|}{435} = 3,1 \text{ cm}^2 < A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (3)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 3142 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: DIN EN 1992-1-1 9.5.3 (3)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 20 ; 400 ; 300) = 240 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen 20t A\_E.axes**

Bemessung der Stütze Achsen A&E, Nutzungsphase

28.01.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {1,35\*Kran G+1,35\*Kran Q2} (1,5\*0,6\*Windlast Wand Zug)**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 473,22 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = -6,5835 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = -8,6085 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 473,22 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -175,87 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = -8,6085 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{(-8,6085)}{473,22} = -0,018191 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-175,87)}{473,22} = 0,37165 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

*Die Berechnung zusätzlicher Exzentrizitäten ist in y Richtung deaktiviert.*

Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = 0 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 6,790}{2} = 0,010901 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Gelenkig - Gelenkig                | Fest - Gelenkig                           |
|---------------------------------|------------------------------------|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,010901 \text{ m}$  |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,2z} = e_{iz} = 0,010901 \text{ m}$  |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{iz} = 0,010901 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,18128 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,18128}} = 37,579 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{6,790}{0,173} = 39,202 > \lambda_{limy} = 37,579 \quad \text{!!} \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{9,700}{0,115} = 84,004 > \lambda_{limz} = 37,579 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung können in beide Richtungen nicht vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

*Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.*

Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen von Imperfektionen:

$$M_{0Edy} = M_{Ed01y} + N_{Ed} \cdot e_{iz} = 149,14 + 473,22 \cdot 0,010901 = 154,3 \text{ kNm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2. (1)}$$

**Verfahren mit Nennkrümmung** [DIN EN 1992-1-1 5.8.8.](#)

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen 20t A\_E.axs**

Bemessung der Stütze Achsen A&E, Nutzungsphase

28.01.2025

Der Beiwert in Abhängigkeit von der Normalkraft:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,308 - 0,18128}{1,308 - 0,4} = 1,2409 > 1 \rightarrow K_r = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.36)}$$

Der Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens: DIN EN 1992-1-1 (5.37)

$$K_{\phi y} = \max(1 + \beta_y \cdot \phi_{efy}; 1) = \max(1 + 0,23865 \cdot 2; 1) = 1,4773$$

Der Bewehrungsdehnung bei Bemessungsstreckgrenze:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435000}{2 \cdot 10^8} = 0,002175$$

Krümmung:

$$\kappa_y = K_r \cdot K_{\phi y} \cdot \kappa_{0y} = 1 \cdot 1,4773 \cdot 0,0098106 = 0,014493 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.34)}$$

wobei:

$$\kappa_{0y} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_z} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,49267} = 0,0098106$$

### Bestimmung des Koeffizienten in Abhängigkeit der Krümmungsverteilung

Die Nennsteifigkeit:

$$EI_y = K_{cy} \cdot E_{cd} \cdot I_{cy} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sy} = 0,017066 \cdot 2,1891 \cdot 10^7 \cdot 0,0072 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,00011662 = 26013 \text{ kNm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.21)}$$

Die Knicklast basiert auf der Nennsteifigkeit:

$$N_{by} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{0,y}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 26013}{6,790^2} = 5568,7 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.17)}$$

Der Faktor, der von der Verteilung der Momente 1. Ordnung abhängt: DIN EN 1992-1-1 5.8.7.3 (1)

$$r_M = \frac{M_{02y}}{M_{01y}} = \frac{8,0622}{157,21} = 0,051285$$

$$c_{0y} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (0,051285 - (-1)) = 9,8974$$

$$r_M = \frac{M_{02z}}{M_{01z}} = \frac{??M_{02z}}{??M_{01z}} = 0$$

$$c_{0z} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (0 - (-1)) = 10$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf aus Effekten zweiter Ordnung abhängt.:

$$c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf abhängt:

$$c_y = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{by}} + c_{0y} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{by}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 473,22}{5568,7} + 9,8974 \cdot \left(1 - \frac{473,22}{5568,7}\right) = 9,8951 > c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696 \rightarrow c_y =$$

$$c_2 = 9,8696$$

Die Exzentrizität zweiter Ordnung:

$$e_{2,z} = \frac{k_{ly} \cdot \kappa_y \cdot l_{0,y}^2}{c_y} = \frac{??k_{ly} \cdot 0,014493 \cdot 6,790^2}{9,8696} = 0,067702 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2 (3)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle, Stuetze Achsen 20t A\_E.axes**

Bemessung der Stütze Achsen A&E, Nutzungsphase

28.01.2025

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 6,82$  m

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} = (-0,018191) = -0,018191 \text{ m}$$

$$e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,37165 + 0,010901 = 0,38256 \text{ m}$$

$$e_{2,x,z} = \cos \frac{3 \cdot \pi \cdot x_{e2}}{2 \cdot l} \cdot e_{2,z} = \cos \frac{3 \cdot 3,1416 \cdot 6,82}{2 \cdot 9,7} \cdot 0,067702 = -0,066708 \text{ m} \quad \text{Fest - Gelenkig}$$

**Die kritische Exzentrizität :**

$$e_{d,x,y} = e_{e,x,y} = (-0,018191) = -0,018191 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} - e_{2,x,z} = 0,38256 - (-0,066708) = 0,44926 \text{ m}$$

**Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt**

Lastfall: **[Eigenlast+Dachdecke+Wandplatten] {1,35\*Kran G+1,35\*Kran Q2} (1,5\*0,6\*Windlast Wand Zug)**

$$N_{Ed} = 473,22 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-473,22) \cdot 0,44926 = -212,6 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 473,22 \cdot (-0,018191) = -8,6085$$

kNm

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-212,6)^2 + (-8,6085)^2} = 212,77 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 1114,9 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-500,88)^2 + (-20,282)^2} = 501,29 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{473,22}{1114,9} = 0,42445 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

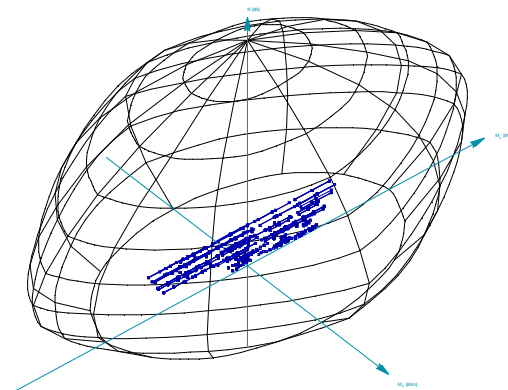
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 473,22 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-428,55)^2 + (-17,353)^2} = 428,9 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{212,77}{428,9} = 0,49609 < 1 \quad \text{erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 1

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 2

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,400$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Kragarm

$$\beta_{yy} = 2$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,400 = 18,800 \text{ m}$$

Kragarm

$$\beta_{zz} = 2$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,400 = 18,800 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

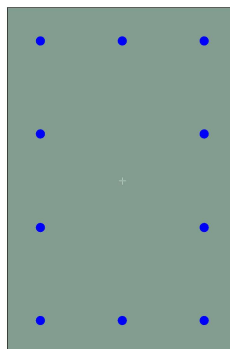
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#16**

$$10\phi 16 \quad (A_s = 2011 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                    |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|--------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$          |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 16                   | 58             | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4054213            |
| 2.  | 16                   | 58             | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4054213            |
| 3.  | 16                   | 342            | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4054213            |
| 4.  | 16                   | 342            | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4054213            |
| 5.  | 16                   | 58             | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 6.  | 16                   | 200            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 0                  |
| 7.  | 16                   | 342            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 8.  | 16                   | 58             | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 9.  | 16                   | 200            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 0                  |
| 10. | 16                   | 342            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 2

| Gesamt | 2011 | $7,5883 \cdot 10^7$ | $3,2434 \cdot 10^7$ |
|--------|------|---------------------|---------------------|
|--------|------|---------------------|---------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 7,5883 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 3,2434 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{7,5883 \cdot 10^7}{2011}} = 194,3 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{3,2434 \cdot 10^7}{2011}} = 127 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$  : [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 76,139 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |76,139|}{434,78} = 0,3 \text{ cm}^2 < A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 16 ; 400 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

 Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 3

### Die Stützkkräfte im kritischen Querschnitt

 Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast Montage 1y+1,5\*Windlast Montage 1z}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 76,139 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 76,139 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -25,845 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = -30,484 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{(-30,484)}{76,139} = -0,40037 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-25,845)}{76,139} = 0,33945 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

 Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032616 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032616 \cdot 18,800}{2} = 0,030659 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032616 \cdot 18,800}{2} = 0,030659 \text{ m} \quad \text{DIN EN}$$

[1992-1-1 \(5.1\)](#)

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,030659 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,030659 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,030659 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,030659 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,018662 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,018662}} = 117,12 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

 Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{18,800}{0,173} = 108,54 < \lambda_{limy} = 117,12 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{18,800}{0,115} = 162,81 > \lambda_{limz} = 117,12 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur y-Achse können vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.

 Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$ 

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} - e_{i,x,y} = (-0,40037) - 0,030659 = -0,43103 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,33945 + 0,030659 = 0,37011 \text{ m}$$

Die kritische Exzentrizität :

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 4

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = (-0,43103) = -0,43103 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = 0,37011 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast Montage 1y+1,5\*Windlast Montage 1z}**

$$N_{Ed} = 76,139 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-76,139) \cdot 0,37011 = -28,18 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 76,139 \cdot (-0,43103) = -32,819 \text{ kNm}$$

kNm

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-28,18)^2 + (-32,819)^2} = 43,257 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 386,78 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-143,15)^2 + (-166,72)^2} = 219,74 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{76,139}{386,78} = 0,19685 < 1 \text{ erfüllt}$$

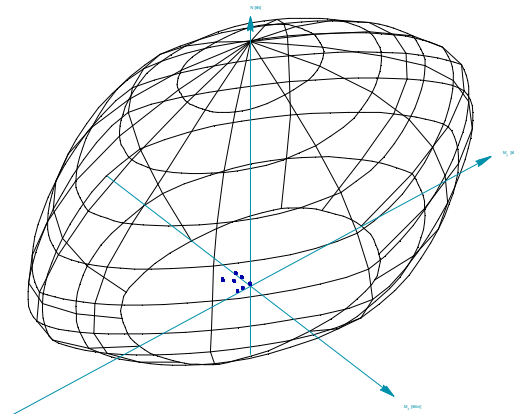
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 76,139 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-116,28)^2 + (-135,42)^2} = 178,49 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{43,257}{178,49} = 0,24235 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 5

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,400$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

$$\text{Kragarm} \quad \beta_{yy} = 2 \quad l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,400 = 18,800 \text{ m}$$

$$\text{Kragarm} \quad \beta_{zz} = 2 \quad l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,400 = 18,800 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

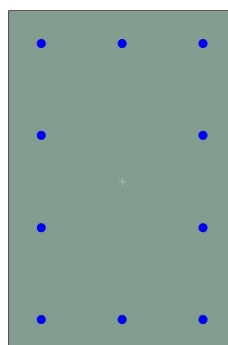
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#16**

$$10\phi 16 \quad (A_s = 2011 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                    |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|--------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$          |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 16                   | 58             | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4054213            |
| 2.  | 16                   | 58             | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4054213            |
| 3.  | 16                   | 342            | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4054213            |
| 4.  | 16                   | 342            | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4054213            |
| 5.  | 16                   | 58             | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 6.  | 16                   | 200            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 0                  |
| 7.  | 16                   | 342            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 8.  | 16                   | 58             | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |
| 9.  | 16                   | 200            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 0                  |
| 10. | 16                   | 342            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 4054213            |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 6

| Gesamt | 2011 | $7,5883 \cdot 10^7$ | $3,2434 \cdot 10^7$ |
|--------|------|---------------------|---------------------|
|--------|------|---------------------|---------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 7,5883 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 3,2434 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{7,5883 \cdot 10^7}{2011}} = 194,3 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{3,2434 \cdot 10^7}{2011}} = 127 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$  : [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 76,139 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |76,139|}{434,78} = 0,3 \text{ cm}^2 < A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 16 ; 400 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 7

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast Montage 1z}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 56,4 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 56,4 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -196,16 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 0 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{0}{56,4} = 0 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-196,16)}{56,4} = 3,478 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032616 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032616 \cdot 18,800}{2} = 0,030659 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032616 \cdot 18,800}{2} = 0,030659 \text{ m} \quad \text{DIN EN}$$

[1992-1-1 \(5.1\)](#)

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,030659 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,030659 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,030659 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,030659 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,013823 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,013823}} = 136,09 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{18,800}{0,173} = 108,54 < \lambda_{limy} = 136,09 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{18,800}{0,115} = 162,81 > \lambda_{limz} = 136,09 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung senkrecht zur y-Achse können vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

**Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.**

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} + e_{i,x,y} = 0 + 0,030659 = 0,030659 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 3,478 + 0,030659 = 3,5087 \text{ m}$$

Die kritische Exzentrizität :

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze Montage.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 8

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = 0,030659 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = 3,5087 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast Montage 1z}**

$$N_{Ed} = 56,4 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-56,4) \cdot 3,5087 = -197,89 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 56,4 \cdot 0,030659 = 1,7292 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-197,89)^2 + 1,7292^2} = 197,9 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 67,697 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-237,53)^2 + 2,0755^2} = 237,54 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{56,4}{67,697} = 0,83312 < 1 \text{ erfüllt}$$

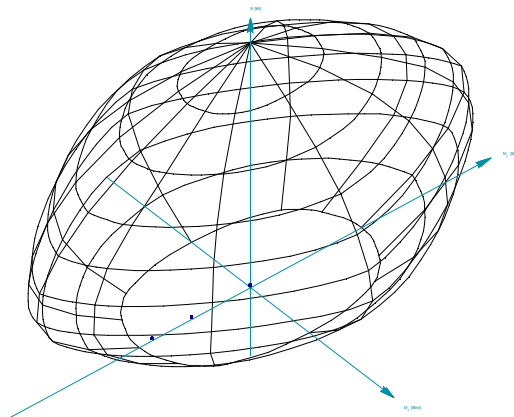
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 56,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-234,97)^2 + 2,0532^2} = 234,98 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{197,9}{234,98} = 0,84218 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Nutzungsphase

28.01.2025

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,400$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

|                     |                    |  |
|---------------------|--------------------|--|
| Fest - Gelenkig     | $\beta_{yy} = 0,7$ | $l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 0,7 \cdot 9,400 = 6,580$ m |
| Gelenkig - Gelenkig | $\beta_{zz} = 1$   | $l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 1 \cdot 9,400 = 9,400$ m   |

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 400,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

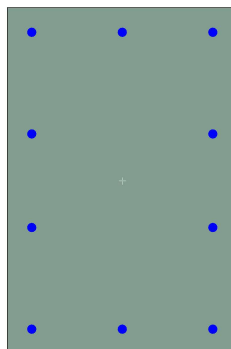
$$A_c = b_y \cdot h_z = 400,0 \cdot 600,0 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 35$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **10#16**

10#16 ( $A_s = 2011 \text{ mm}^2$ )



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                    |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|--------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$          |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ] |
| 1.  | 16                   | 43             | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4955976            |
| 2.  | 16                   | 43             | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4955976            |
| 3.  | 16                   | 357            | 380,7 | 201                         | 1308332  | 4955975            |
| 4.  | 16                   | 357            | 219,3 | 201                         | 1308333  | 4955975            |
| 5.  | 16                   | 43             | 557   | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 4955976            |
| 6.  | 16                   | 200            | 557   | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 0                  |
| 7.  | 16                   | 357            | 557   | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 4955977            |
| 8.  | 16                   | 43             | 43    | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 4955976            |
| 9.  | 16                   | 200            | 43    | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 0                  |
| 10. | 16                   | 357            | 43    | 201                         | $1,328 \cdot 10^7$   | 4955975            |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Nutzungsphase

28.01.2025

| Gesamt | 2011 | 8,4913 · 10 <sup>7</sup> | 3,9648 · 10 <sup>7</sup> |
|--------|------|--------------------------|--------------------------|
|--------|------|--------------------------|--------------------------|

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{400,0}{2} = 200 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 400,0}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{400,0^3 \cdot 600,0}{12} = 3,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^5}} = 115,5 \text{ mm} = 0,11547 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 8,4913 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 3,9648 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{8,4913 \cdot 10^7}{2011}} = 205,5 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{3,9648 \cdot 10^7}{2011}} = 140,4 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln DIN EN 1992-1-1 9.5

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: DIN EN 1992-1-1 9.5.1 (1)

$$h = 600 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Schneelast} (1,5\*1\*NL**

**Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck)**

$$N_{Ed} = 983,77 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (2) (9.12N)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |983,77|}{435} = 3,4 \text{ cm}^2 < A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: DIN EN 1992-1-1 9.5.2 (3)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 2,4 \cdot 10^5 = 216,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2011 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: DIN EN 1992-1-1 9.5.3 (3)

$$s_{cl,max} = \min (12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min (12 \cdot 16 ; 400 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,II} = 150 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 600 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Nutzungsphase

28.01.2025

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Windlast Wand Druck} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck+1,5\*0,5\*Schneelast)**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 962,85 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 36,74 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 962,85 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -65,607 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 0 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{0}{962,85} = 0 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-65,607)}{962,85} = 0,068138 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

*Die Berechnung zusätzlicher Exzentrizitäten ist in y Richtung deaktiviert.*

Die äquivalente Schiefstellung: **DIN EN 1992-1-1 5.2. (5)**

$$\Theta_i = 0,0032616 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = 0 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032616 \cdot 6,580}{2} = 0,010731 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Gelenkig - Gelenkig                | Fest - Gelenkig                           |
|---------------------------------|------------------------------------|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,010731 \text{ m}$  |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$  | $e_{i,2z} = e_{iz} = 0,010731 \text{ m}$  |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{iy} = 0 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{iz} = 0,010731 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,23599 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,23599}} = 32,936 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: **DIN EN 1992-1-1 (5.14)**

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{6,580}{0,173} = 37,99 > \lambda_{limy} = 32,936 \quad \text{!!} \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{9,400}{0,115} = 81,406 > \lambda_{limz} = 32,936 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung können in beide Richtungen nicht vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

*Die Berechnung von Exzentrizitäten 2. Ordnung ist in y Richtung deaktiviert.*

Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen von Imperfektionen:

$$M_{0Edy} = M_{Ed01y} - N_{Ed} \cdot e_{iz} = (-65,607) - 962,85 \cdot 0,010731 = -75,9 \text{ kNm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2. (1)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Nutzungsphase

28.01.2025

### Verfahren mit Nennkrümmung DIN EN 1992-1-1 5.8.8.

Der Beiwert in Abhängigkeit von der Normalkraft:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,1971 - 0,23599}{1,1971 - 0,4} = 1,2058 > 1 \rightarrow K_r = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.36)}$$

Der Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens: DIN EN 1992-1-1 (5.37)

$$K_{\phi y} = \max(1 + \beta_y \cdot \phi_{efy}; 1) = \max(1 + 0,24674 \cdot 2; 1) = 1,4935$$

Der Bewehrungsdehnung bei Bemessungsstreckgrenze:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435000}{2 \cdot 10^8} = 0,002175$$

Krümmung:

$$\kappa_y = K_r \cdot K_{\phi y} \cdot \kappa_{0y} = 1 \cdot 1,4935 \cdot 0,0095614 = 0,01428 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.34)}$$

wobei:

$$\kappa_{0y} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_z} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,5055} = 0,0095614$$

### Bestimmung des Koeffizienten in Abhängigkeit der Krümmungsverteilung

Die Nennsteifigkeit:

$$EI_y = K_{cy} \cdot E_{cd} \cdot I_{cy} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sy} = 0,02153 \cdot 2,1891 \cdot 10^7 \cdot 0,0072 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 8,4913 \cdot 10^{-5} = 20376 \text{ kNm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.21)}$$

Die Knicklast basiert auf der Nennsteifigkeit:

$$N_{by} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{0,y}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 20376}{6,580^2} = 4644,8 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.17)}$$

Der Faktor, der von der Verteilung der Momente 1. Ordnung abhängt: DIN EN 1992-1-1 5.8.7.3 (1)

$$r_M = \frac{M_{02y}}{M_{01y}} = \frac{10,332}{(-75,939)} = -0,13606$$

$$c_{0y} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot ((-0,13606) - (-1)) = 10,272$$

$$M_{01z} = ?? \quad M_{02z} = ?? \rightarrow$$

$$c_{0z} = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf aus Effekten zweiter Ordnung abhängt.:

$$c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf abhängt:

$$c_y = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{by}} + c_{0y} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{by}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 962,85}{4644,8} + 10,272 \cdot \left(1 - \frac{962,85}{4644,8}\right) = 10,189 > c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696 \rightarrow c_y =$$

$$c_2 = 9,8696$$

Die Exzentrizität zweiter Ordnung:

$$e_{2,z} = \frac{k_{1y} \cdot \kappa_y \cdot l_{0,y}^2}{c_y} = \frac{??k_{1y} \cdot 0,01428 \cdot 6,580^2}{9,8696} = 0,062643 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2 (3)}$$

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Giebelstuetze.axs**

Bemessung der Giebelstütze Achsen 1 und 10 in Nutzungsphase

28.01.2025

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m}$$

$$e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,068138 + 0,010731 = 0,078869 \text{ m}$$

$$e_{2,x,z} = \cos \frac{3 \cdot \pi \cdot x_{e2}}{2 \cdot l} \cdot e_{2,z} = \cos \frac{3 \cdot 3,1416 \cdot 0}{2 \cdot 9,4} \cdot 0,062643 = 0,062643 \text{ m} \quad \text{Fest - Gelenkig}$$

Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{e,x,y} = 0 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} + e_{2,x,z} = 0,078869 + 0,062643 = 0,14151 \text{ m}$$

Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten] {1,5\*Windlast Wand Druck} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck+1,5\*0,5\*Schneelast)**

$$N_{Ed} = 962,85 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-962,85) \cdot 0,14151 = -136,25 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 962,85 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-136,25)^2 + 0^2} = 136,25 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 2988,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-422,9)^2 + 0^2} = 422,9 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{962,85}{2988,4} = 0,32219 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

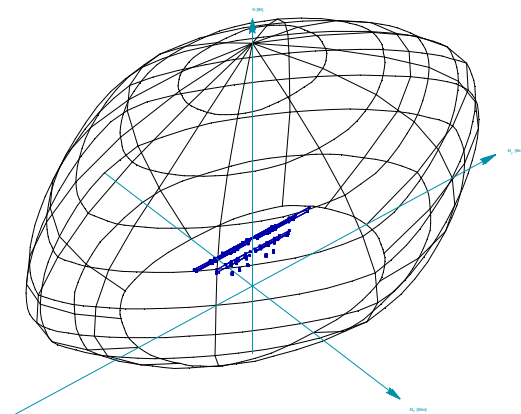
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 962,85 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-457,98)^2 + 0^2} = 457,98 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{136,25}{457,98} = 0,29751 < 1 \quad \text{erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 5

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Kragarm

$$\beta_{yy} = 2$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

Kragarm

$$\beta_{zz} = 2$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 650,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

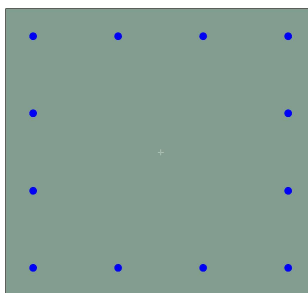
$$A_c = b_y \cdot h_z = 650,0 \cdot 600,0 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **12#16**

$$12\phi 16 \quad (A_s = 2413 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                     |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|---------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$           |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ]  |
| 1.  | 16                   | 58             | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 2.  | 16                   | 236            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 3.  | 16                   | 414            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 4.  | 16                   | 592            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 5.  | 16                   | 58             | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 6.  | 16                   | 236            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 7.  | 16                   | 414            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 8.  | 16                   | 592            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 9.  | 16                   | 58             | 380,7 | 201                         | 1308332  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 10. | 16                   | 58             | 219,3 | 201                         | 1308333  | $1,4334 \cdot 10^7$ |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 6

|               |    |     |       |             |                     |                     |
|---------------|----|-----|-------|-------------|---------------------|---------------------|
| 11.           | 16 | 592 | 380,7 | 201         | 1308332             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 12.           | 16 | 592 | 219,3 | 201         | 1308333             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| <b>Gesamt</b> |    |     |       | <b>2413</b> | $9,9433 \cdot 10^7$ | $1,2104 \cdot 10^8$ |

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{650,0}{2} = 325 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 650,0}{12} = 1,17 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{650,0^3 \cdot 600,0}{12} = 1,3731 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,17 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,3731 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 187,6 \text{ mm} = 0,18764 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 9,9433 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 1,2104 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{9,9433 \cdot 10^7}{2413}} = 203 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,2104 \cdot 10^8}{2413}} = 224 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 650 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 600 = 2400 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 127,68 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |127,68|}{434,78} = 0,4 \text{ cm}^2 < A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 3,9 \cdot 10^5 = 351,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min(12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min(12 \cdot 16 ; 600 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,max} = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 650 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 7

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast y+1,5\*Windlast z}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 127,68 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 127,68 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = -35,989 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = -38,107 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{(-38,107)}{127,68} = -0,29846 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-(-35,989)}{127,68} = 0,28188 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die äquivalente Schiefstellung: **DIN EN 1992-1-1 5.2. (5)**

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,031145 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,031145 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,031145 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,031145 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,019257 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,019257}} = 115,3 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: **DIN EN 1992-1-1 (5.14)**

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{19,400}{0,173} = 112,01 < \lambda_{limy} = 115,3 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{19,400}{0,188} = 103,39 < \lambda_{limz} = 115,3 \quad \checkmark$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung können in beide Richtungen vernachlässigt werden.

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} - e_{i,x,y} = (-0,29846) - 0,031145 = -0,32961 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} + e_{i,x,z} = 0,28188 + 0,031145 = 0,31303 \text{ m}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1a

21.03.2024

Seite 8

### Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = (-0,32961) = -0,32961 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = 0,31303 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast] {1,5\*Windlast y+1,5\*Windlast z}**

$$N_{Ed} = 127,68 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-127,68) \cdot 0,31303 = -39,966 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 127,68 \cdot (-0,32961) = -42,083$$

kNm

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{(-39,966)^2 + (-42,083)^2} = 58,037 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 1079,9 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{(-338,05)^2 + (-355,96)^2} = 490,9 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{127,68}{1079,9} = 0,11822 < 1 \text{ erfüllt}$$

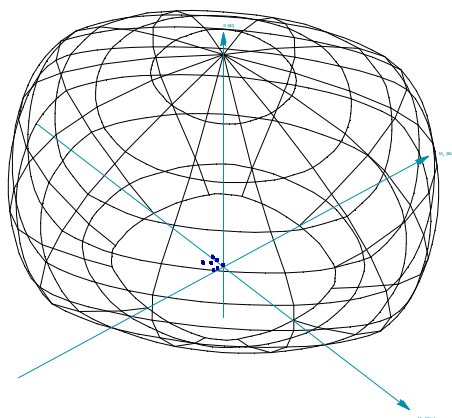
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 127,68 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{(-231,2)^2 + (-243,44)^2} = 335,73 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{58,037}{335,73} = 0,17287 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 1

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 2

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Kragarm

$$\beta_{yy} = 2$$

$$l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

Kragarm

$$\beta_{zz} = 2$$

$$l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 2 \cdot 9,700 = 19,400 \text{ m}$$

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$$h_y = b_y = 650,0 \text{ mm} \quad h_z = b_z = 600,0 \text{ mm}$$

Die Betonquerschnittsfläche:

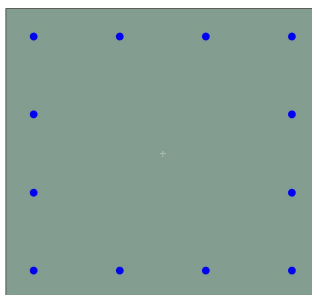
$$A_c = b_y \cdot h_z = 650,0 \cdot 600,0 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **12#16**

$$12\phi 16 \quad (A_s = 2413 \text{ mm}^2)$$



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                     |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|---------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$           |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ]  |
| 1.  | 16                   | 58             | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 2.  | 16                   | 236            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 3.  | 16                   | 414            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 4.  | 16                   | 592            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 5.  | 16                   | 58             | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 6.  | 16                   | 236            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 7.  | 16                   | 414            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 8.  | 16                   | 592            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 9.  | 16                   | 58             | 380,7 | 201                         | 1308332  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 10. | 16                   | 58             | 219,3 | 201                         | 1308333  | $1,4334 \cdot 10^7$ |



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 2

|               |    |     |       |             |                     |                     |
|---------------|----|-----|-------|-------------|---------------------|---------------------|
| 11.           | 16 | 592 | 380,7 | 201         | 1308332             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 12.           | 16 | 592 | 219,3 | 201         | 1308333             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| <b>Gesamt</b> |    |     |       | <b>2413</b> | $9,9433 \cdot 10^7$ | $1,2104 \cdot 10^8$ |

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{650,0}{2} = 325 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 650,0}{12} = 1,17 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{650,0^3 \cdot 600,0}{12} = 1,3731 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,17 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,3731 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 187,6 \text{ mm} = 0,18764 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 9,9433 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 1,2104 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{9,9433 \cdot 10^7}{2413}} = 203 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,2104 \cdot 10^8}{2413}} = 224 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 650 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 600 = 2400 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast]**

$$N_{Ed} = 127,68 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |127,68|}{434,78} = 0,4 \text{ cm}^2 < A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 3,9 \cdot 10^5 = 351,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min(12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min(12 \cdot 16 ; 600 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,max} = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 650 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 3

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast y+1,5\*Windlast z}**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 94,574 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 94,574 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = 230,05 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = -149,6 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{(-149,6)}{94,574} = -1,5819 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-230,05}{94,574} = -2,4325 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die äquivalente Schiefstellung: **DIN EN 1992-1-1 5.2. (5)**

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 19,400}{2} = 0,031145 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Kragarm                                     | Kragarm                                     |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,031145 \text{ m}$    | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,031145 \text{ m}$    |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = 0 \text{ m}$                    | $e_{i,2z} = 0 \text{ m}$                    |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{i,1y} = 0,031145 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{i,1z} = 0,031145 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,014265 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,014265}} = 133,96 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: **DIN EN 1992-1-1 (5.14)**

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{19,400}{0,173} = 112,01 < \lambda_{limy} = 133,96 \quad \checkmark \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{19,400}{0,188} = 103,39 < \lambda_{limz} = 133,96 \quad \checkmark$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung können in beide Richtungen vernachlässigt werden.

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 0 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} - e_{i,x,y} = (-1,5819) - 0,031145 = -1,613 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} - e_{i,x,z} = (-2,4325) - 0,031145 = -2,4636 \text{ m}$$

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze Montage.axs**

Bemessung der Eckstütze in Montagephase 1b

21.03.2024

Seite 4

### Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} = (-1,613) = -1,613 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} = (-2,4636) = -2,4636 \text{ m}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[Eigenlast] {1,5\*Windlast y+1,5\*Windlast z}**

$$N_{Ed} = 94,574 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-94,574) \cdot (-2,4636) = 233 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 94,574 \cdot (-1,613) = -152,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{233^2 + (-152,55)^2} = 278,49 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 108,15 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{266,43^2 + (-174,44)^2} = 318,46 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{94,574}{108,15} = 0,87451 < 1 \text{ erfüllt}$$

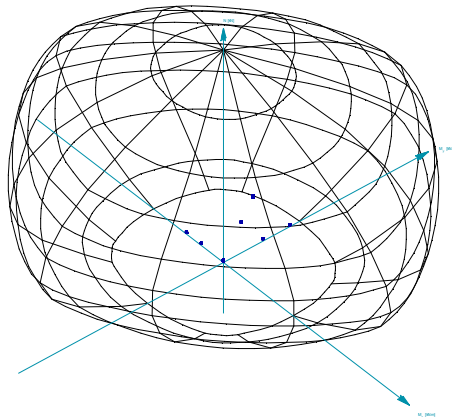
Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 94,574 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{263,95^2 + (-172,82)^2} = 315,49 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{278,49}{315,49} = 0,88272 < 1 \text{ erfüllt}$$



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase

28.01.2025

## Stützenbemessung

Konstruktionselement: Stab 1

### Nachweis für exzentrische Normalkraft

#### Materialien

Beton **C30/37**  $f_{ck} = 30$  MPa

Betonstahl **B500B**  $f_{yk} = 500$  MPa

#### Knickparameter

Elementlänge:  $l = 9,700$  m

Der Beiwert abhängig von den Unterstützungsbedingungen

Die Knicklänge

Gelenkig - Gelenkig  $\beta_{yy} = 1$   $l_{0,y} = \beta_{yy} \cdot l = 1 \cdot 9,700 = 9,700$  m

Gelenkig - Gelenkig  $\beta_{zz} = 1$   $l_{0,z} = \beta_{zz} \cdot l = 1 \cdot 9,700 = 9,700$  m

#### Querschnittsparameter der Stütze

Querschnittsgrößen:

$h_y = b_y = 650,0$  mm  $h_z = b_z = 600,0$  mm

Die Betonquerschnittsfläche:

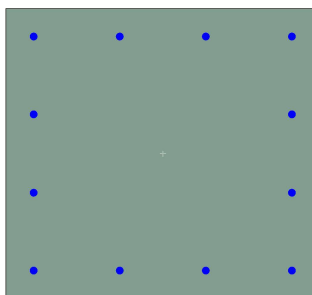
$A_c = b_y \cdot h_z = 650,0 \cdot 600,0 = 3,9 \cdot 10^5$  mm<sup>2</sup>

Betonüberdeckung der Längsbewehrung:  $c = 50$  mm

#### Bewehrungsparameter

Name: **12#16**

12φ16 ( $A_s = 2413$  mm<sup>2</sup>)



#### Längsbewehrung

|     | Stabstahldurchmesser | Betonstahllage |       | Querschnittsfläche          | Der Flächenträgheitsmoment der Bewehrung um den geometrischen Schwerpunkt des Betons |                     |
|-----|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|--|---------------------|
|     |                      | y              | z     |                             | $I_{s,y}$  | $I_{s,z}$           |
|     | $\phi$<br>[mm]       | [mm]           | [mm]  | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>4</sup> ]   | [mm <sup>4</sup> ]  |
| 1.  | 16                   | 58             | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 2.  | 16                   | 236            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 3.  | 16                   | 414            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 4.  | 16                   | 592            | 542   | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 5.  | 16                   | 58             | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 6.  | 16                   | 236            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592611             |
| 7.  | 16                   | 414            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | 1592612             |
| 8.  | 16                   | 592            | 58    | 201                         | $1,1775 \cdot 10^7$  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 9.  | 16                   | 58             | 380,7 | 201                         | 1308332  | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 10. | 16                   | 58             | 219,3 | 201                         | 1308333  | $1,4334 \cdot 10^7$ |

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase

28.01.2025

|               |    |     |       |             |                     |                     |
|---------------|----|-----|-------|-------------|---------------------|---------------------|
| 11.           | 16 | 592 | 380,7 | 201         | 1308332             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| 12.           | 16 | 592 | 219,3 | 201         | 1308333             | $1,4334 \cdot 10^7$ |
| <b>Gesamt</b> |    |     |       | <b>2413</b> | $9,9433 \cdot 10^7$ | $1,2104 \cdot 10^8$ |

Der Schwerpunkt des Betonquerschnitts:

$$y_{CG,c} = \frac{h_y}{2} = \frac{650,0}{2} = 325 \text{ mm} \quad z_{CG,c} = \frac{h_z}{2} = \frac{600,0}{2} = 300 \text{ mm}$$

Die Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts:

$$I_{cy} = \frac{h_z^3 \cdot b_y}{12} = \frac{600,0^3 \cdot 650,0}{12} = 1,17 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4 \quad I_{cz} = \frac{h_y^3 \cdot b_z}{12} = \frac{650,0^3 \cdot 600,0}{12} = 1,3731 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius des ungerissenen Betonquerschnitts:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,17 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 173,2 \text{ mm} = 0,17321 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1,3731 \cdot 10^{10}}{3,9 \cdot 10^5}} = 187,6 \text{ mm} = 0,18764 \text{ m}$$

Die Flächenträgheitsmoment der Betonstahlbewehrung:

$$I_{sy} = \sum (A_{s,i} \cdot (z_{s,i} - z_{CG,c})^2) = 9,9433 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{sz} = \sum (A_{s,i} \cdot (y_{s,i} - y_{CG,c})^2) = 1,2104 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Der Trägheitsradius der gesamten Bewehrungsfläche:

$$i_{sy} = \sqrt{\frac{I_{sy}}{A_s}} = \sqrt{\frac{9,9433 \cdot 10^7}{2413}} = 203 \text{ mm} \quad i_{sz} = \sqrt{\frac{I_{sz}}{A_s}} = \sqrt{\frac{1,2104 \cdot 10^8}{2413}} = 224 \text{ mm}$$

## Überprüfung der Konstruktionsregeln [DIN EN 1992-1-1 9.5](#)

Überprüfung des Verhältnisses der Stützenquerschnittsabmessungen  $h$  und  $b$ .: [DIN EN 1992-1-1 9.5.1 \(1\)](#)

$$h = 650 \text{ mm} < 4 \cdot b = 4 \cdot 600 = 2400 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten+1,35\*Kran G] {1,5\*Kran Q} (1,5\*1\*NL Dach+1,5\*1\*Leitungen+1,5\*0,6\*Windlast Druck+1,5\*0,5\*Schneelast)**

$$N_{Ed} = 1152,1 \text{ kN}$$

Die Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(2\) \(9.12N\)](#)

$$A_{s,min} = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot |1152,1|}{435} = 4,0 \text{ cm}^2 < A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die Höchstquerschnittsfläche der Längsbewehrung: [DIN EN 1992-1-1 9.5.2 \(3\)](#)

$$A_{s,max} = 0,09 \cdot A_c = 0,09 \cdot 3,9 \cdot 10^5 = 351,0 \text{ cm}^2 > A_s = 2413 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

Die maximale Abstände der Querbewehrung entlang der Stütze: [DIN EN 1992-1-1 9.5.3 \(3\)](#)

$$s_{cl,max} = \min(12 \cdot \phi_{sl,min} ; b ; 300) = \min(12 \cdot 16 ; 600 ; 300) = 192 \text{ mm} > s_{w,max} = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

In einer Höhe von  $h = 650 \text{ mm}$  über oder unter einem Balken oder einer Platte sollte der Bügelabstand den folgenden Wert nicht überschreiten

$$0,6 \cdot s_{cl,max} = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ mm} > s_w = 100 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## Bemessungswerte der Materialeigenschaften

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase

28.01.2025

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 30}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 17000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Figur 3.8}$$

### Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten+1,35\*Kran G] {1,5\*Kran Q} (1,5\*0,6\*Wind Y+P.S.)**

Schnittkräfte am oberen Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,T} = 340,81 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,Ty} = 0 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Tz} = 0 \text{ kNm}$$

Schnittkräfte am unteren Ende des Stützensegmentes:

$$N_{Ed,0,B} = 340,81 \text{ kN} \quad M_{Ed,0,By} = 143 \text{ kNm} \quad M_{Ed,0,Bz} = 7,337 \text{ kNm}$$

Anfangsexzentrizität:

$$e_{e,x,y} = \frac{M_{Ed,0z}}{N_{Ed,0}} = \frac{7,337}{340,81} = 0,021528 \text{ m} \quad e_{e,x,z} = \frac{-M_{Ed,0y}}{N_{Ed,0}} = \frac{-143}{340,81} = -0,41959 \text{ m}$$

### Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

Die äquivalente Schiefstellung: [DIN EN 1992-1-1 5.2. \(5\)](#)

$$\Theta_i = 0,0032108 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Die äquivalente Ausmitte, die Imperfektionen repräsentiert:

$$e_{iy} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,z}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 9,700}{2} = 0,015572 \text{ m} \quad e_{iz} = \frac{\Theta_i \cdot l_{0,y}}{2} = \frac{0,0032108 \cdot 9,700}{2} = 0,015572 \text{ m} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.1)}$$

Exzentrizität infolge geometrischer Imperfektionen

|                                 | Gelenkig - Gelenkig                       | Gelenkig - Gelenkig                       |
|---------------------------------|---|---|
| am unteren Ende                 | $e_{i,1y} = e_{iy} = 0,015572 \text{ m}$  | $e_{i,1z} = e_{iz} = 0,015572 \text{ m}$  |
| am oberen Ende                  | $e_{i,2y} = e_{iy} = 0,015572 \text{ m}$  | $e_{i,2z} = e_{iz} = 0,015572 \text{ m}$  |
| an der Position der Überprüfung | $e_{i,x,y} = e_{iy} = 0,015572 \text{ m}$ | $e_{i,x,z} = e_{iz} = 0,015572 \text{ m}$ |

### Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder

Schlankheitsgrenze:

$$n = 0,1697 < 0,41$$

$$\lambda_{limy} = \lambda_{limz} = \frac{16}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{0,1697}} = 38,84 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.13.bDE)}$$

Die Schlankheit: [DIN EN 1992-1-1 \(5.14\)](#)

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} = \frac{9,700}{0,173} = 56,003 > \lambda_{limy} = 38,84 \quad \text{!!} \quad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{9,700}{0,188} = 51,695 > \lambda_{limz} = 38,84 \quad \text{!!}$$

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung können in beide Richtungen nicht vernachlässigt werden.

### Exzentrizität infolge von Effekten zweiter Ordnung.

Das Moment nach Theorie I. Ordnung, einschließlich der Auswirkungen von Imperfektionen:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase

28.01.2025

$$M_{0Edy} = M_{Ed01y} + N_{Ed} \cdot e_{iz} = 30,548 + 340,81 \cdot 0,015572 = 35,9 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = M_{Ed01z} + N_{Ed} \cdot e_{iy} = 4,146 + 340,81 \cdot 0,015572 = 9,5 \text{ kNm} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2. (1)}$$

### Verfahren mit Nennkrümmung DIN EN 1992-1-1 5.8.8.

Der Beiwert in Abhängigkeit von der Normalkraft:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,1456 - 0,1697}{1,1456 - 0,4} = 1,3089 > 1 \rightarrow K_r = 1 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.36)}$$

Der Beiwert zur Berücksichtigung des Kriechens: DIN EN 1992-1-1 (5.37)

$$K_{\phi y} = \max(1 + \beta_y \cdot \phi_{efy}; 1) = \max(1 + 0,12665 \cdot 2; 1) = 1,2533 \quad K_{\phi z} = \max(1 + \beta_z \cdot \phi_{efz}; 1) = \max(1 + 0,15537 \cdot 2; 1) = 1,3107$$

Der Bewehrungsdehnung bei Bemessungsstreckgrenze:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435000}{2 \cdot 10^8} = 0,002175$$

Krümmung:

$$\kappa_y = K_r \cdot K_{\phi y} \cdot \kappa_{0y} = 1 \cdot 1,2533 \cdot 0,0096089 = 0,012043 \quad \kappa_z = K_r \cdot K_{\phi z} \cdot \kappa_{0z} = 1 \cdot 1,3107 \cdot 0,0088042 = 0,01154 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.34)}$$

wobei:

$$\kappa_{0y} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_z} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,50301} = 0,0096089 \quad \kappa_{0z} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d_y} = \frac{0,002175}{0,45 \cdot 0,54898} = 0,0088042$$

### Bestimmung des Koeffizienten in Abhängigkeit der Krümmungsverteilung

Die Nennsteifigkeit:

$$EI_y = K_{cy} \cdot E_{cd} \cdot I_{cy} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sy} = 0,022823 \cdot 2,1891 \cdot 10^7 \cdot 0,0117 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 9,9433 \cdot 10^{-5} = 25732 \text{ kNm}^2$$

$$EI_z = K_{cz} \cdot E_{cd} \cdot I_{cz} + K_s \cdot E_s \cdot I_{sz} = 0,021067 \cdot 2,1891 \cdot 10^7 \cdot 0,013731 + 1 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,00012104 = 30540 \text{ kNm}^2 \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.21)}$$

Die Knicklast basiert auf der Nennsteifigkeit:

$$N_{by} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{0,y}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 25732}{9,700^2} = 2699,2 \text{ kN} \quad N_{bz} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{l_{0,z}^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 30540}{9,700^2} = 3203,5 \text{ kN} \quad \text{DIN EN 1992-1-1 (5.17)}$$

Der Faktor, der von der Verteilung der Momente 1. Ordnung abhängt: DIN EN 1992-1-1 5.8.7.3 (1)

$$r_M = \frac{M_{02y}}{M_{01y}} = \frac{17,521}{48,069} = 0,3645$$

$$c_{0y} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (0,3645 - (-1)) = 9,271$$

$$r_M = \frac{M_{02z}}{M_{01z}} = \frac{17,521}{21,667} = 0,80865$$

$$c_{0z} = c_{0,min} + \frac{c_{0,max} - c_{0,min}}{r_{M,max} - r_{M,min}} \cdot (r_M - r_{M,min}) = 12 + \frac{8 - 12}{1 - (-1)} \cdot (0,80865 - (-1)) = 8,3827$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf aus Effekten zweiter Ordnung abhängt.:

$$c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Der Beiwert, der vom Krümmungsverlauf abhängt:

## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase

28.01.2025

$$c_y = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{by}} + c_{0y} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{by}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 340,81}{2699,2} + 9,271 \cdot \left(1 - \frac{340,81}{2699,2}\right) = 9,3466 < c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

$$c_z = \frac{c_2 \cdot N_{Ed}}{N_{bz}} + c_{0z} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{bz}}\right) = \frac{9,8696 \cdot 340,81}{3203,5} + 8,3827 \cdot \left(1 - \frac{340,81}{3203,5}\right) = 8,5409 < c_2 = \pi^2 = 3,1416^2 = 9,8696$$

Die Exzentrizität zweiter Ordnung:

$$e_{2,y} = \frac{k_{1z} \cdot \kappa_z \cdot l_{0,z}^2}{c_z} = \frac{0,01154 \cdot 9,700^2}{8,5409} = 0,12713 \text{ m} \quad e_{2,z} = \frac{k_{1y} \cdot \kappa_y \cdot l_{0,y}^2}{c_y} = \frac{0,012043 \cdot 9,700^2}{9,3466} = 0,12123$$

m DIN EN 1992-1-1 5.8.8.2 (3)

Position des Abschnitts mit maximaler Ausnutzung:  $x = 6,82 \text{ m}$

Exzentrizität I. Ordnung, einschließlich der Imperfektionen:

$$e_{0,x,y} = e_{e,x,y} + e_{i,x,y} = 0,021528 + 0,015572 = 0,0371 \text{ m} \quad e_{0,x,z} = e_{e,x,z} - e_{i,x,z} = (-0,41959) - 0,015572 = -0,43516 \text{ m}$$

$$e_{2,x,y} = \sin \frac{\pi \cdot x}{l} \cdot e_{2,y} = \sin \frac{3,1416 \cdot 6,82}{9,7} \cdot 0,12713 = 0,10212 \text{ m} \quad \text{Gelenkig - Gelenkig}$$

$$e_{2,x,z} = \sin \frac{\pi \cdot x}{l} \cdot e_{2,z} = \sin \frac{3,1416 \cdot 6,82}{9,7} \cdot 0,12123 = 0,097382 \text{ m} \quad \text{Gelenkig - Gelenkig}$$

Die kritische Exzentrizität :

$$e_{d,x,y} = e_{0,x,y} + e_{2,x,y} = 0,0371 + 0,10212 = 0,1391 \text{ m} \quad e_{d,x,z} = e_{0,x,z} - e_{2,x,z} = (-0,43516) - 0,097382 = -0,53254 \text{ m}$$

Die Stützkräfte im kritischen Querschnitt

Lastfall: **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Dachdecke+1,35\*Wandplatten+1,35\*Kran G] {1,5\*Kran Q} (1,5\*0,6\*Wind Y+P.S.)**

$$N_{Ed} = 340,81 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = (-N_{Ed}) \cdot e_{d,x,z} = (-340,81) \cdot (-0,53254) = 181,5 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = N_{Ed} \cdot e_{d,x,y} = 340,81 \cdot 0,1391 = 47,407 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2} = \sqrt{181,5^2 + 47,407^2} = 187,59 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Widerstands bei kritischer Exzentrizität:

$$N_{Rd(e)} = 911,28 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(e)} = \sqrt{M_{Rd(e)y}^2 + M_{Rd(e)z}^2} = \sqrt{485,29^2 + 126,76^2} = 501,58 \text{ kNm}$$

Ausnutzung für konstante Exzentrizität:

$$\eta_{(e)m} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd(e)}} = \frac{340,81}{911,28} = 0,37399 < 1 \quad \text{erfüllt}$$

Bemessungswert des Widerstands bei die kritische Normalkraft:

$$N_{Rd(N)} = N_{Ed} = 340,81 \text{ kN}$$

$$M_{Rd(N)} = \sqrt{M_{Rd(N)y}^2 + M_{Rd(N)z}^2} = \sqrt{366,66^2 + 95,771^2} = 378,96 \text{ kNm}$$

Momentenausnutzung:

$$\eta_{(N)m} = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd(N)}} = \frac{187,59}{378,96} = 0,495 < 1 \quad \text{erfüllt}$$



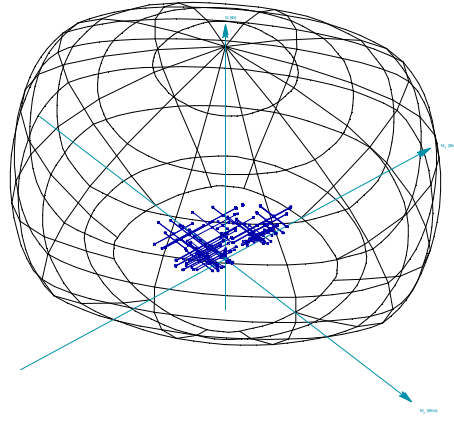
**Projekt:**

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: **Verdichterhalle\_Eckstuetze.axs**

*Bemessung der Eckstütze in Nutzungsphase*

28.01.2025



**Anlage 8: Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen**





Tel.:

Auftragsnummer:

Bezeichnung:

VDS Achim West Verdichterhalle

Lage:

**Statische Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen**

Auftraggeber:

28.01.2025

**Aufsteller:**

Firma:  
Adresse:  
Tel.:  
E-Mail:  
Name:

**Projekt:**

Bezeichnung: VDS Achim West Verdichterhalle  
Lage:  
Ansprechpartner:  
Anmerkungen:  
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany  
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

**Zusammenfassung**

| Name                            | Bemes-<br>sungssi-<br>tuation | # | Lastfall:                                       | Seite<br>Nr. | Maximale<br>Ausnutzung | Status |
|---------------------------------|-------------------------------|---|---|--------------|------------------------|--------|
| Giebelstütze Achsen 1<br>und 10 | Endzusta-<br>nd               | 1 | Nd=-983,8, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=0,0, Vyd=0,0   | 6            | 32%                    | OK     |
|                                 | Endzusta-<br>nd               | 2 | Nd=-666,1, Mxd=0,0, Myd=65,6, Vxd=34,9, Vyd=0,0 | 7            | 32%                    | OK     |
|                                 | Endzusta-<br>nd               | 3 | Nd=-899,2, Mxd=0,0, Myd=63,5, Vxd=33,8, Vyd=0,0 | 8            | 32%                    | OK     |
|                                 | Endzusta-<br>nd               | 4 | Nd=-56,4, Mxd=0,0, Myd=176,9, Vxd=37,6, Vyd=0,0 | 9            | 70%                    | OK     |

# Giebelstütze Achsen 1 und 10

Anmerkung:

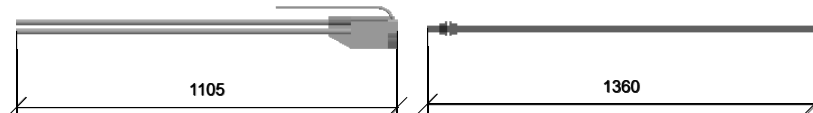
Anzahl der Stützen: 1

## Peikko Produkte

Stützenschuhe: 10 x HPKM24

Bolzen: 10 x HPM24P-1360

| Summe Produkt | Anzahl |
|---------------|--------|
| HPKM24        | 10     |
| HPM24P-1360   | 10     |



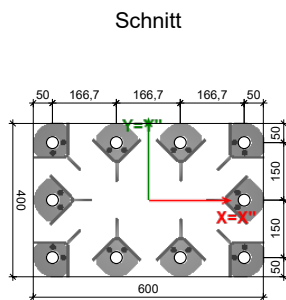
Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{min} = 200 \text{ Nm}$

Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{max} = 380 \text{ Nm}$

Einbauschablone: PPL24-10 (167+167+167)x(150+150) oder PPK24-10 (167+167+167)x(150+150)

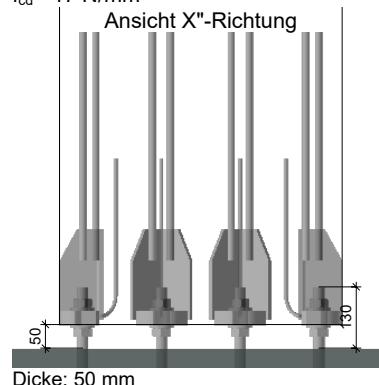
## Material und Geometrie

Stütze: 600x400



Schnitt

Beton: C30/37  
 $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$



Ansicht X"-Richtung

Ansicht Y"-Richtung

Festigkeit C30/37  $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$

Fuge:

Dicke: 50 mm

X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils

X"; Y" = lokales System der Anker

## Stützenbewehrung

Bewehrung

Betondeckung

Bügeldurchmesser (  $\emptyset$  )

$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$

Querschnittsfläche der Hauptbewehrung

Bewehrung/Bewehrungsgrad

B500B

45 mm

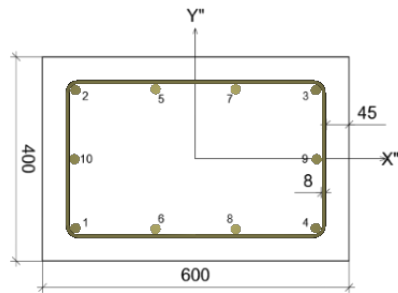
8 mm

3142 mm<sup>2</sup>

1,31 %

Schnitt

| Hauptbewehrung # | $\emptyset$ | $A_s$ [mm <sup>2</sup> ] | $X_k$ [mm] | $Y_k$ [mm] |
|------------------|-------------|--------------------------|------------|------------|
| 1                | 20          | 314                      | -235       | -135       |
| 2                | 20          | 314                      | -235       | 135        |
| 3                | 20          | 314                      | 235        | 135        |
| 4                | 20          | 314                      | 235        | -135       |
| 5                | 20          | 314                      | -78        | 137        |
| 6                | 20          | 314                      | -78        | -137       |
| 7                | 20          | 314                      | 78         | 137        |
| 8                | 20          | 314                      | 78         | -137       |
| 9                | 20          | 314                      | 237        | 0          |
| 10               | 20          | 314                      | -237       | 0          |



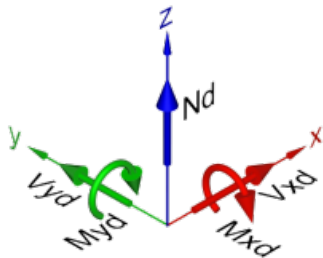
### Lastfälle

Beachte: Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)

### Endzustand

| # | Name | $N_d$<br>[kN] | $M_{xd}$<br>[kNm] | $M_{yd}$<br>[kNm] | $V_{xd}$<br>[kN] | $V_{yd}$<br>[kN] |
|---|------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 |      | -983,8        | 0,0               | 0,0               | 0,0              | 0,0              |
| 2 |      | -666,1        | 0,0               | 65,6              | 34,9             | 0,0              |
| 3 |      | -899,2        | 0,0               | 63,5              | 33,8             | 0,0              |
| 4 |      | -56,4         | 0,0               | 176,9             | 37,6             | 0,0              |



### Montagezustand

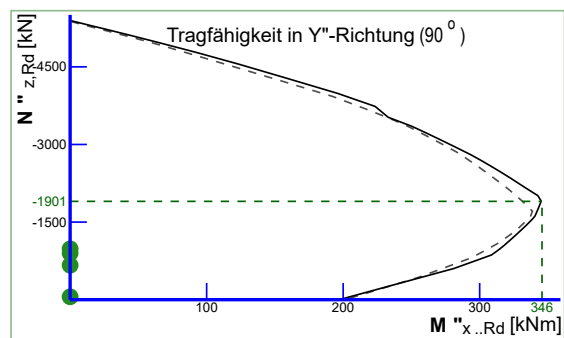
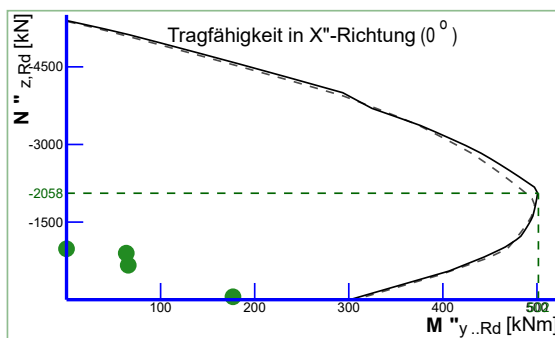
Kein Lastfall definiert

### Lasten im Brandfall

Kein Lastfall definiert

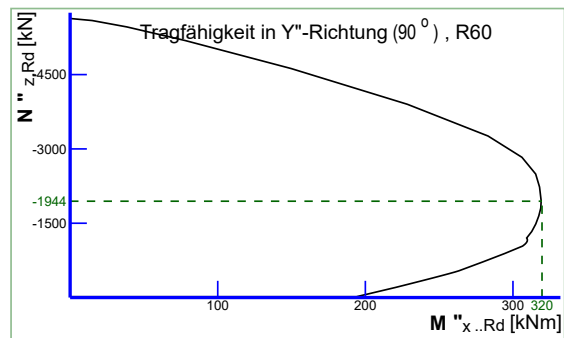
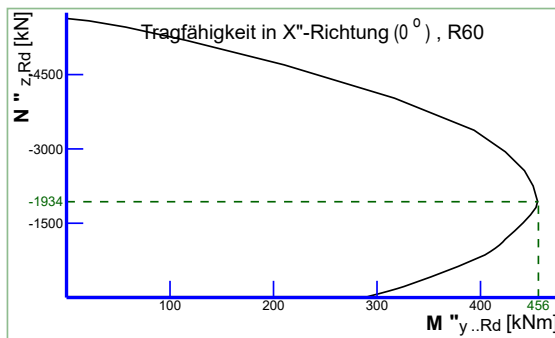
### Tragfähigkeitsdiagramm

Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes  
 - - - - - Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes



### Feuerwiderstand Tragfähigkeitsdiagramm

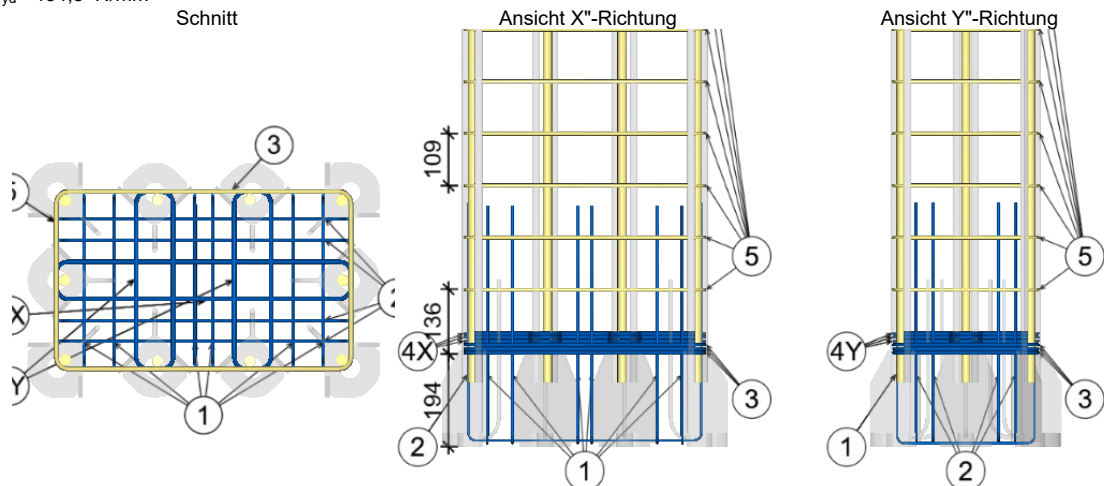
Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes



### Zulagebewehrung der Stützenschuhe

Betondeckung 45 mm  
Bewehrung B500B  
 $f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$

Schnitt



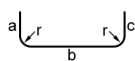
### Bewehrungsangaben

| Pos | Biegeform | Ø<br>[mm] | a<br>[mm] | b<br>[mm] | c<br>[mm] | d<br>[mm] | r<br>[mm] | L<br>[mm] | pcs | [kg]/<br>pcs | [kg] |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--------------|------|
| 1   | B         | 6         | 502       | 294       | 502       | 0         | 12        | 1 274     | 6   | 0,28         | 1,7  |
| 2   | B         | 6         | 502       | 494       | 502       | 0         | 12        | 1 474     | 4   | 0,33         | 1,31 |
| 3   | C         | 8         | 96        | 510       | 310       | 96        | 16        | 1 752     | 3   | 0,69         | 2,08 |
| 4X  | C         | 8         | 96        | 510       | 71        | 96        | 16        | 1 274     | 3   | 0,50         | 1,51 |
| 4Y  | C         | 8         | 96        | 71        | 310       | 96        | 16        | 874       | 6   | 0,35         | 2,07 |
| 5   | C         | 8         | 96        | 510       | 310       | 96        | 16        | 1 752     | 8   | 0,69         | 5,54 |

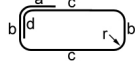
Gesamtgewicht :14,2

\* Pos. 5 wurde unter Annahme mäßiger Verbundbedingungen ermittelt

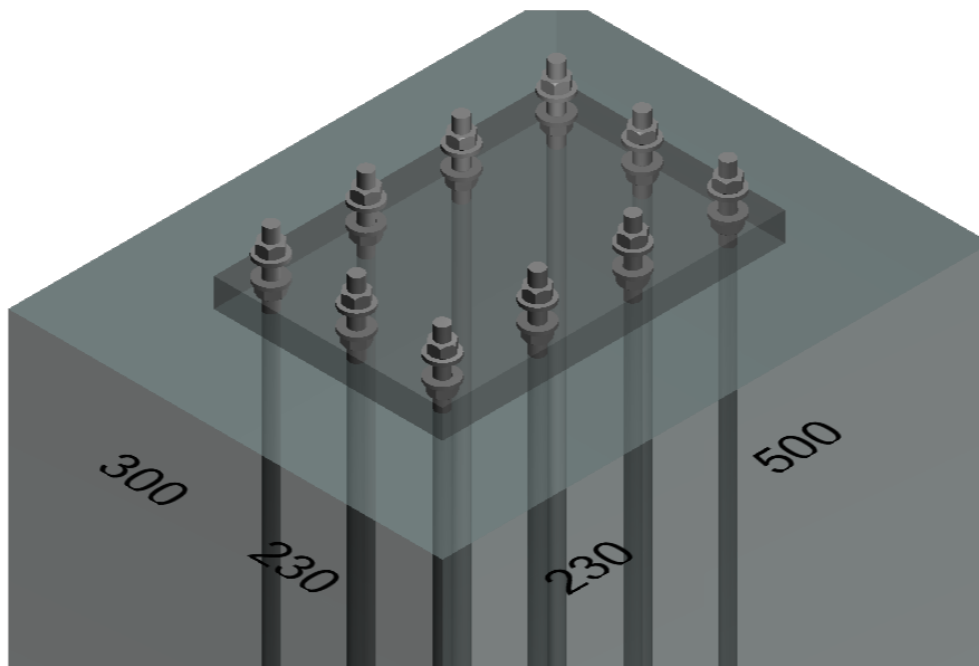
Biegeform B



Biegeform C



### Betonkörper



|  |         |
|--|---------|
| Beton  | C30/37  |
| Ungerissen   | Nein    |
| Größtkorndurchmesser                                       | 16 mm   |
| Fundamentabmessung in Richtung X-Achse ( b )               | 960 mm  |
| Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse ( h )               | 760 mm  |
| Höhe des Fundamentes                                       | 2500 mm |
| Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e <sub>x</sub> ) | 0 mm    |
| Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e <sub>y</sub> ) | 0 mm    |

#### Nachweis der Bolzentragfähigkeit

#### Endzustand Bolzen

Lastfall: #1 : Nd=-983,8, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=0,0, Vyd=0,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend

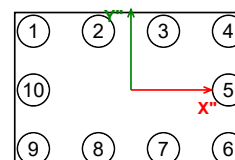
Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge

Betonkantenbruch: Nicht berechnet

#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |                   |        |    |
|--|-------------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normaldruckkraft in der Stütze        | N <sub>c,Ed</sub> | -983,8 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | C <sub>fd</sub>   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | F <sub>f,Rd</sub> | 196,76 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | V <sub>sd</sub>   | 0      | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | V <sub>sd,f</sub> | 0      | kN |

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F<sub>cc</sub>(0,0/0,0)





| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -15,4                        | 138,7                       | 11,1                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 2           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 3           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 9           | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 10          | -15,4                        | 35   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #2 : Nd=-666,1, Mxd=0,0, Myd=65,6, Vxd=34,9, Vyd=0,0**

**Stahlversagen:** Tragfähigkeit ausreichend

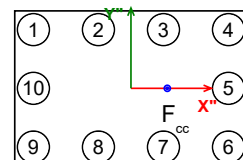
**Betonversagen:** Ausreichende Übergreifungslänge

**Betonkantenbruch:** Nicht berechnet

#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -666,1 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 133,22 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 34,9   | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0      | kN |

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(93,2/0,0)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | -2,00                        | 138,7                       | 1,4                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -7,58                        | 138,7                       | 5,5                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -13,2                        | 138,7                       | 9,5                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -18,8                        | 138,7                       | 13,5                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -18,8                        | 138,7                       | 13,5                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -18,7                        | 138,7                       | 13,5                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -13,2                        | 138,7                       | 9,5                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -7,58                        | 138,7                       | 5,5                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -1,99                        | 138,7                       | 1,4                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -2,00                        | 138,7                       | 1,4                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -2,00                        | 5  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 2           | -7,58                        | 17   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 3           | -13,2                        | 30   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -18,8                        | 43   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -18,8                        | 43   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -18,7                        | 43   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | -13,2                        | 30   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | -7,58                        | 17   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 9           | -1,99                        | 5  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 10          | -2,00                        | 5  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #3 : Nd=-899,2, Mxd=0,0, Myd=63,5, Vxd=33,8, Vyd=0,0**

**Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

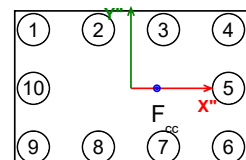
**Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge**

**Betonkantenbruch: Nicht berechnet**

#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -899,2 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 179,84 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 33,8   | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0      | kN |

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(66,5/0,1)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | -5,85                        | 138,7                       | 4,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -11,4                        | 138,7                       | 8,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -16,9                        | 138,7                       | 12,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -22,4                        | 138,7                       | 16,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -22,4                        | 138,7                       | 16,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -22,4                        | 138,7                       | 16,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -16,9                        | 138,7                       | 12,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -11,4                        | 138,7                       | 8,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -5,83                        | 138,7                       | 4,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -5,84                        | 138,7                       | 4,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -5,85                        | 13   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 2           | -11,4                        | 26   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 3           | -16,9                        | 39   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -22,4                        | 52   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -22,4                        | 52   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -22,4                        | 52   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | -16,9                        | 39   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | -11,4                        | 26   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 9           | -5,83                        | 13   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 10          | -5,84                        | 13   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #4 : Nd=-56,4, Mxd=0,0, Myd=176,9, Vxd=37,6, Vyd=0,0**

**Stahlversagen:** Tragfähigkeit ausreichend

**Betonversagen:** Ausreichende Übergreifungslänge

**Betonkantenbruch:** Nicht berechnet

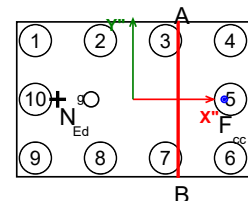
#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |       |    |
|--|------------|-------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -56,4 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2   |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 11,28 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 37,6  | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 26,32 | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(117,1 / 200,0); B(117,1 / -200,0)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") =  $N_{Ed}(-193,1/0,0)$

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(234,1/0,0)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 88,8                         | 127,1                       | 69,9                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | 48,5                         | 127,1                       | 38,2                | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | 35,6            |
| 3           | 8,17                         | 127,1                       | 6,4                 | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | 12,9            |
| 4           | -32,2                        | 127,1                       | 25,3                | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | n/r             |
| 5           | -32,2                        | 127,1                       | 25,3                | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | n/r             |
| 6           | -32,2                        | 127,1                       | 25,3                | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | n/r             |
| 7           | 8,17                         | 127,1                       | 6,4                 | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | 12,9            |
| 8           | 48,5                         | 127,1                       | 38,2                | 3,76           | 45,0                              | 8,3  | 35,6            |
| 9           | 88,8                         | 127,1                       | 69,9                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | 88,8                         | 127,1                       | 69,9                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderlicher Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 88,8                         | 204   | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 714                                   | 1190                               | 60,0%                                       |
| 2           | 48,5                         | 112   | 402,0  | 0,97   | 2                                  | 394                                   | 1190                               | 33,1%                                       |
| 3           | 8,17                         | 19  | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -32,2                        | 74  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -32,2                        | 74  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -32,2                        | 74  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | 8,17                         | 19  | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | 48,5                         | 112   | 402,0  | 0,97   | 2                                  | 394                                   | 1190                               | 33,1%                                       |
| 9           | 88,8                         | 204   | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 714                                   | 1190                               | 60,0%                                       |
| 10          | 88,8                         | 204   | 402,0  | 0,98   | 2                                  | 729                                   | 1190                               | 61,2%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

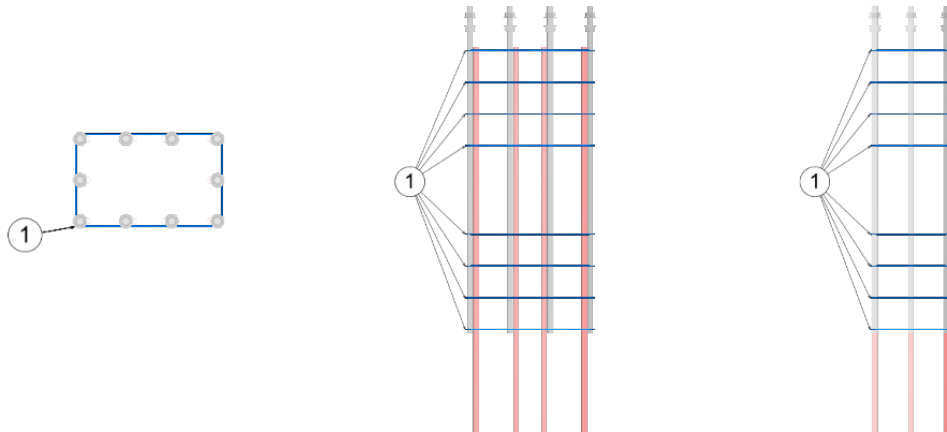
**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

#### Querbewehrung im Übergreifungsbereich

Bewehrung  
Schnitt

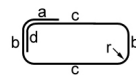
Ansicht X"-Richtung

B500B  
Ansicht Y"-Richtung



| Pos | Biegefor<br>m | ø<br>[mm] | a<br>[mm] | b<br>[mm] | c<br>[mm] | d<br>[mm] | r<br>[mm] | L<br>[mm] | pcs | [kg]/<br>pcs        | [kg] |
|-----|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|---------------------|------|
| 1   | C             | 8         | 96        | 541       | 341       | 96        | 16        | 1 876     | 8   | 0,74                | 5,93 |
|     |               |           |           |           |           |           |           |           |     | Gesamtgewicht :5,93 |      |

Biegeform C

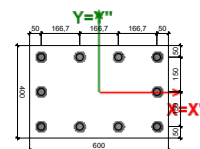


## Einbauteilliste VDS Achim West Verdichterhalle

**Bolzen**  
HPM24P-1360 **Gesamtmenge**  
10

**Bolzeneinbauschablonen** **Gesamtmenge**  
PPL24-10 (167+167+167)x(150+150) oder 1  
PPK24-10 (167+167+167)x(150+150)

Schnitt



**Stützenschuhe** **Gesamtmenge**  
HPKM24 10

**Art der Schalungsboxen** **Gesamtmenge**  
HPKM 24 C BOX 4  
HPKM 24 M BOX 6



Tel.:

Auftragsnummer:

Bezeichnung:

VDS Achim West Verdichterhalle

Lage:

**Statische Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen**

Auftraggeber:

28.01.2025

**Aufsteller:**

Firma:  
Adresse:  
Tel.:  
E-Mail:  
Name:

**Projekt:**

Bezeichnung: VDS Achim West Verdichterhalle  
Lage:  
Ansprechpartner:  
Anmerkungen:  
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany  
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

**Zusammenfassung**

| Name                  | Bemes-<br>sungssi-<br>tuation | # | Lastfall:  | Seite<br>Nr. | Maximale<br>Ausnutzung | Status |
|-----------------------|-------------------------------|---|--|--------------|------------------------|--------|
| Stütze Achsen A und E | Endzusta-<br>nd               | 1 | Nd=-778,5, Mxd=4,8, Myd=149,3, Vxd=65,9, Vyd=1,6 | 6            | 32%                    | OK     |
|                       | Endzusta-<br>nd               | 2 | Nd=-886,7, Mxd=6,9, Myd=21,8, Vxd=10,6, Vyd=2,3  | 7            | 32%                    | OK     |
|                       | Endzusta-<br>nd               | 3 | Nd=-58,2, Mxd=0,0, Myd=259,0, Vxd=53,4, Vyd=0,0  | 8            | 100%                   | OK     |



## Stütze Achsen A und E

Anmerkung:

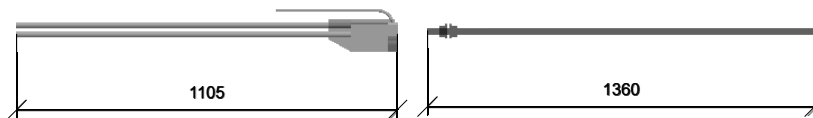
Anzahl der Stützen: 1

### Peikko Produkte

Stützenschuhe: 10 x HPKM24

Bolzen: 10 x HPM24P-1360

| Summe Produkt | Anzahl |
|---------------|--------|
| HPKM24        | 10     |
| HPM24P-1360   | 10     |



Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{\min} = 200 \text{ Nm}$

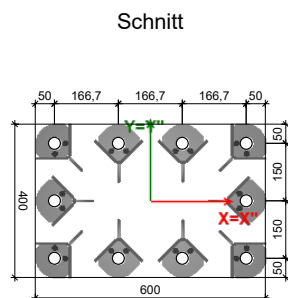
Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{\max} = 380 \text{ Nm}$

Einbauschablone: PPL24-10 (167+167+167)x(150+150) oder PPK24-10 (167+167+167)x(150+150)

### Material und Geometrie

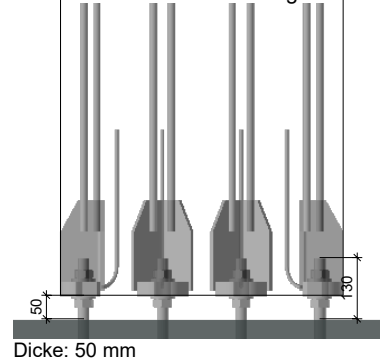
Stütze: 600x400

Beton: C30/37  
 $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$



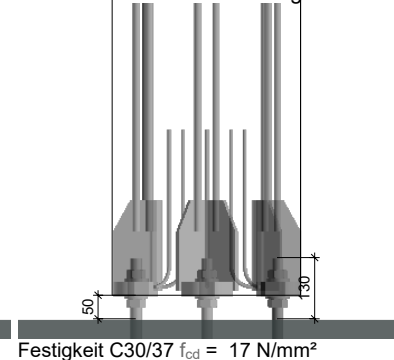
Schnitt

Ansicht X"-Richtung



Dicke: 50 mm

Ansicht Y"-Richtung



Festigkeit C30/37  $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$

Fuge:

X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils

X''; Y'' = lokales System der Anker

### Stützenbewehrung

Bewehrung

Betondeckung

Bügeldurchmesser ( $\emptyset$ )

$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$

Querschnittsfläche der Hauptbewehrung

Bewehrung/Bewehrungsgrad

B500B

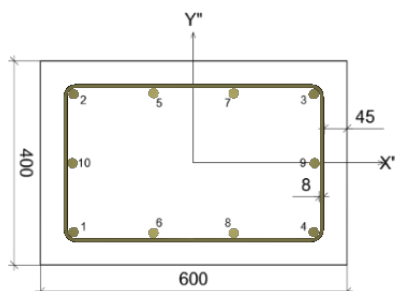
45 mm

8 mm

3142 mm<sup>2</sup>

1,31 %

Schnitt



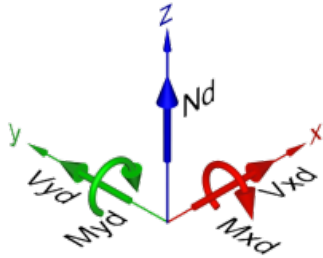
Hauptbewehrung

| #  | $\emptyset$ | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | $X_k$<br>[mm] | $Y_k$<br>[mm] |
|----|-------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| 1  | 20          | 314                         | -235          | -135          |
| 2  | 20          | 314                         | -235          | 135           |
| 3  | 20          | 314                         | 235           | 135           |
| 4  | 20          | 314                         | 235           | -135          |
| 5  | 20          | 314                         | -78           | 137           |
| 6  | 20          | 314                         | -78           | -137          |
| 7  | 20          | 314                         | 78            | 137           |
| 8  | 20          | 314                         | 78            | -137          |
| 9  | 20          | 314                         | 237           | 0             |
| 10 | 20          | 314                         | -237          | 0             |

## Lastfälle

Beachte: Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)



## Endzustand

| # | Name | $N_d$<br>[kN] | $M_{xd}$<br>[kNm] | $M_{yd}$<br>[kNm] | $V_{xd}$<br>[kN] | $V_{yd}$<br>[kN] |
|---|------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 |      | -778,5        | 4,8               | 149,3             | 65,9             | 1,6              |
| 2 |      | -886,7        | 6,9               | 21,8              | 10,6             | 2,3              |
| 3 |      | -58,2         | 0,0               | 259,0             | 53,4             | 0,0              |

## Montagezustand

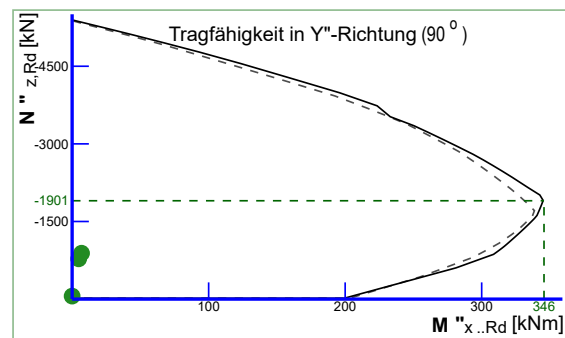
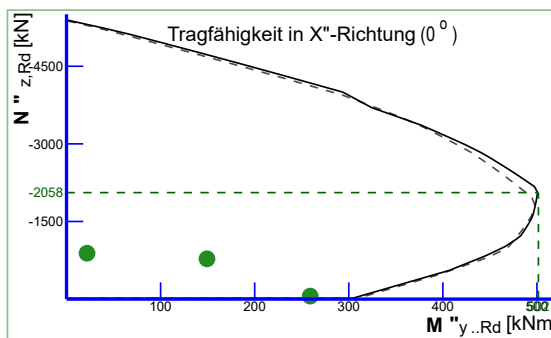
Kein Lastfall definiert

## Lasten im Brandfall

Kein Lastfall definiert

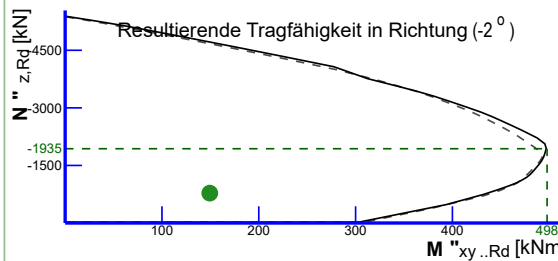
## Tragfähigkeitsdiagramm

Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes  
 - - - - - Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes

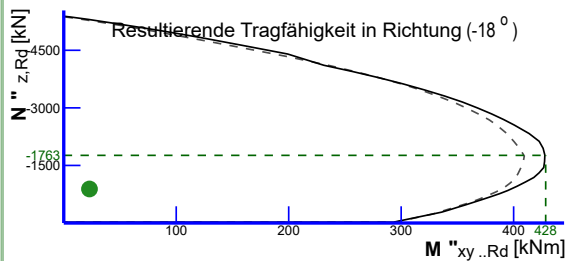


## Tragfähigkeitsdiagramm mit Lastfällen

$N_d = -778,5$ ,  $M_{xd} = 4,8$ ,  $M_{yd} = 149,3$ ,  $V_{xd} = 65,9$ ,  $V_{yd} = 1,6$   
 (Lasten im Koordinaten System des Profils)  
 $N''_d = -778,5$ ,  $M''_{xd} = 4,8$ ,  $M''_{yd} = 149,3$ ,  $V''_{xd} = 65,9$ ,  $V''_{yd} = 1,6$   
 (Lasten im Koordinaten System der Anker)

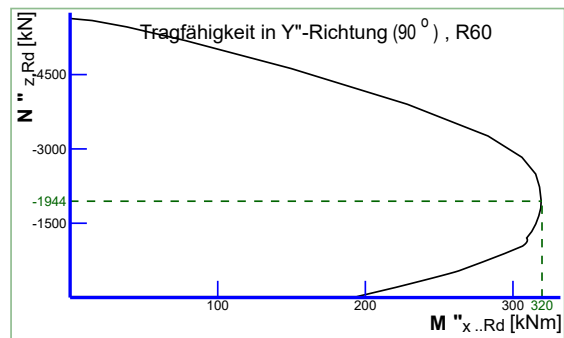
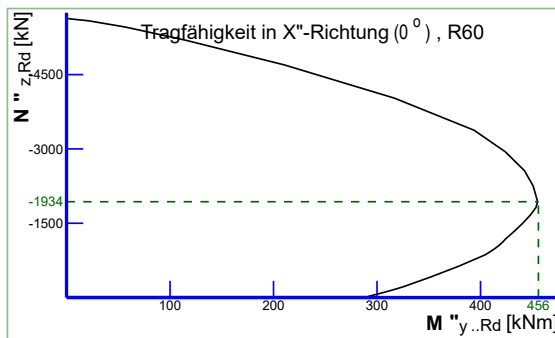


$N_d = -886,7$ ,  $M_{xd} = 6,9$ ,  $M_{yd} = 21,8$ ,  $V_{xd} = 10,6$ ,  $V_{yd} = 2,3$   
 (Lasten im Koordinaten System des Profils)  
 $N''_d = -886,7$ ,  $M''_{xd} = 6,9$ ,  $M''_{yd} = 21,8$ ,  $V''_{xd} = 10,6$ ,  $V''_{yd} = 2,3$   
 (Lasten im Koordinaten System der Anker)



## Feuerwiderstand Tragfähigkeitsdiagramm

Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes



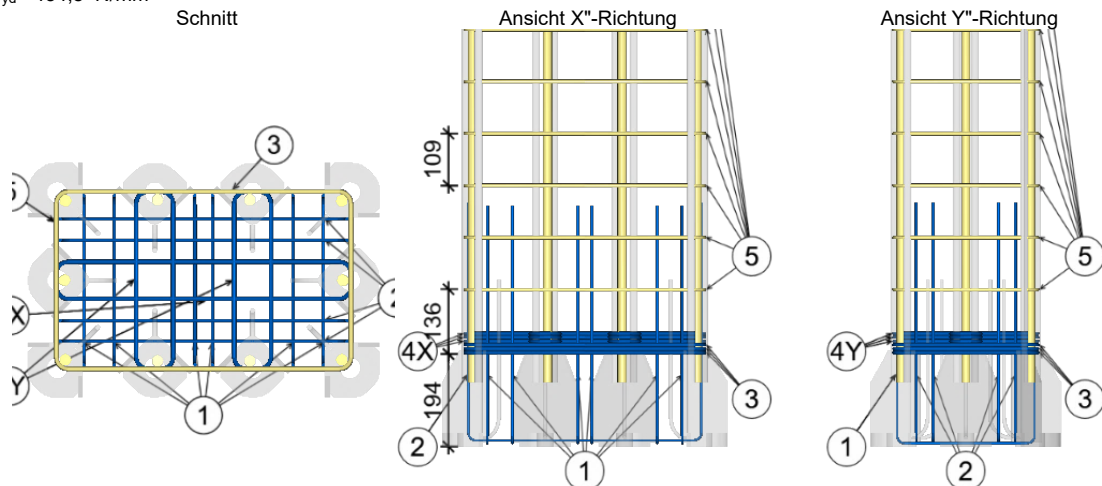
### Zulagebewehrung der Stützenschuhe

Betondeckung 45 mm

Bewehrung B500B

$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$

Schnitt



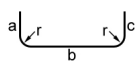
### Bewehrungsangaben

| Pos | Biegeform | $\emptyset$<br>[mm] | a<br>[mm] | b<br>[mm] | c<br>[mm] | d<br>[mm] | r<br>[mm] | L<br>[mm] | pcs | [kg]/<br>pcs | [kg] |
|-----|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--------------|------|
| 1   | B         | 6                   | 502       | 294       | 502       | 0         | 12        | 1 274     | 6   | 0,28         | 1,7  |
| 2   | B         | 6                   | 502       | 494       | 502       | 0         | 12        | 1 474     | 4   | 0,33         | 1,31 |
| 3   | C         | 8                   | 96        | 510       | 310       | 96        | 16        | 1 752     | 3   | 0,69         | 2,08 |
| 4X  | C         | 8                   | 96        | 510       | 71        | 96        | 16        | 1 274     | 3   | 0,50         | 1,51 |
| 4Y  | C         | 8                   | 96        | 71        | 310       | 96        | 16        | 874       | 6   | 0,35         | 2,07 |
| 5   | C         | 8                   | 96        | 510       | 310       | 96        | 16        | 1 752     | 8   | 0,69         | 5,54 |

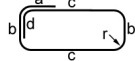
Gesamtgewicht :14,2

\* Pos. 5 wurde unter Annahme mäßiger Verbundbedingungen ermittelt

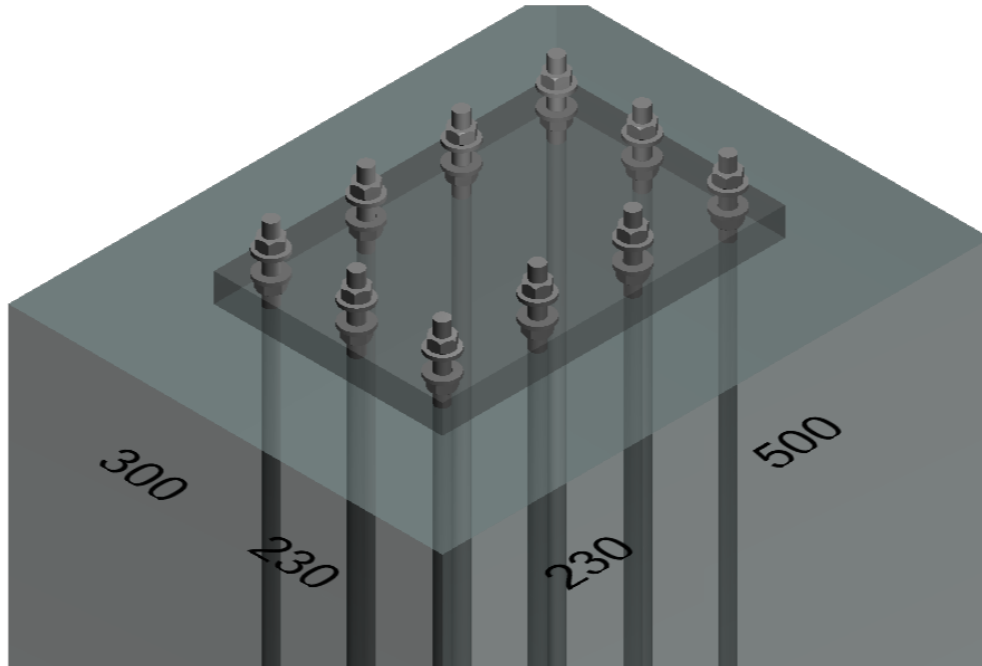
Biegeform B



Biegeform C



### Betonkörper



|  |         |
|--|---------|
| Beton  | C30/37  |
| Ungerissen   | Nein    |
| Größtkorndurchmesser                                       | 16 mm   |
| Fundamentabmessung in Richtung X-Achse ( b )               | 960 mm  |
| Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse ( h )               | 760 mm  |
| Höhe des Fundamentes                                       | 2500 mm |
| Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e <sub>x</sub> ) | 0 mm    |
| Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e <sub>y</sub> ) | 0 mm    |

#### Nachweis der Bolzentragfähigkeit

#### Endzustand Bolzen

Lastfall: #1 : Nd=-778,5, Mxd=4,8, Myd=149,3, Vxd=65,9, Vyd=1,6

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend

Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge

Betonkantenbruch: Nicht berechnet

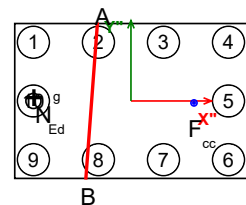
#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |                   |        |    |
|--|-------------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | N <sub>c,Ed</sub> | -778,5 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | C <sub>fd</sub>   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | F <sub>f,Rd</sub> | 155,7  | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | V <sub>sd</sub>   | 65,92  | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | V <sub>sd,f</sub> | 0      | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-83,7 / 200,0); B(-115,7 / -200,0)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N<sup>g</sup><sub>Ed</sub>(-250,0/8,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F<sub>cc</sub>(161,5/-5,0)



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 16,1                         | 127,1                       | 12,6                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -0,428                       | 127,1                       | 0,3                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -16,9                        | 127,1                       | 13,3                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -33,4                        | 127,1                       | 26,3                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -34,6                        | 127,1                       | 27,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -35,8                        | 127,1                       | 28,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -19,3                        | 127,1                       | 15,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -2,81                        | 127,1                       | 2,2                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | 13,7                         | 127,1                       | 10,8                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | 14,9                         | 127,1                       | 11,7                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 16,1                         | 37   | 402,0  | 0,93   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 2           | -0,428                       | 1  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 3           | -16,9                        | 39   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -33,4                        | 77   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -34,6                        | 80   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -35,8                        | 82   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | -19,3                        | 44   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | -2,81                        | 6  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 9           | 13,7                         | 31   | 402,0  | 0,93   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 10          | 14,9                         | 34   | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #2 : Nd=-886,7, Mxd=6,9, Myd=21,8, Vxd=10,6, Vyd=2,3**

**Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

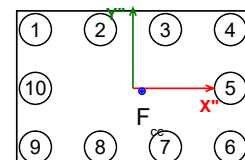
**Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge**

**Betonkantenbruch: Nicht berechnet**

#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -886,7 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 177,34 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 10,85  | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0      | kN |

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(23,1/-7,3)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | -9,78                        | 138,7                       | 7,1                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -11,7                        | 138,7                       | 8,4                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -13,6                        | 138,7                       | 9,8                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -15,5                        | 138,7                       | 11,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -16,7                        | 138,7                       | 12,0                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -17,9                        | 138,7                       | 12,9                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -16,0                        | 138,7                       | 11,5                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -14,1                        | 138,7                       | 10,2                | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -12,2                        | 138,7                       | 8,8                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -11,0                        | 138,7                       | 7,9                 | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -9,78                        | 22   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 2           | -11,7                        | 27   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 3           | -13,6                        | 31   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -15,5                        | 36   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -16,7                        | 38   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -17,9                        | 41   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | -16,0                        | 37   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | -14,1                        | 32   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 9           | -12,2                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 10          | -11,0                        | 25   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $\alpha_3 < 1$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #3 : Nd=-58,2, Mxd=0,0, Myd=259,0, Vxd=53,4, Vyd=0,0**

**Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

**Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge**

**Betonkantenbruch: Nicht berechnet**

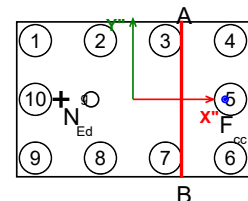
#### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |       |    |
|--|------------|-------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -58,2 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2   |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 11,64 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 53,4  | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 41,76 | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(123,3 / 200,0); B(123,3 / -200,0)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") =  $N_{Ed}(-183,8/0,0)$

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(236,1/0,0)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 127,1                        | 127,1                       | 100,0               | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | 82,9                         | 127,1                       | 65,2                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | 59,8            |
| 3           | 16,0                         | 127,1                       | 12,6                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | 22,3            |
| 4           | -50,8                        | 127,1                       | 40,0                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | n/r             |
| 5           | -50,8                        | 127,1                       | 40,0                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | n/r             |
| 6           | -50,8                        | 127,1                       | 40,0                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | n/r             |
| 7           | 16,0                         | 127,1                       | 12,6                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | 22,3            |
| 8           | 82,9                         | 127,1                       | 65,2                | 5,97           | 45,0                              | 13,2   | 59,8            |
| 9           | 127,1                        | 127,1                       | 100,0               | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | 127,1                        | 127,1                       | 100,0               | 0,0            | 45,0                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderlicher Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 127,1                        | 292   | 402,0  | 0,98   | 2                                  | 1040                                  | 1190                               | 87,4%                                       |
| 2           | 82,9                         | 191   | 402,0  | 0,98   | 2                                  | 679                                   | 1190                               | 57,1%                                       |
| 3           | 16,0                         | 37  | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 4           | -50,8                        | 117   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 5           | -50,8                        | 117   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 6           | -50,8                        | 117   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 7           | 16,0                         | 37  | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 375                                   | 1190                               | 31,5%                                       |
| 8           | 82,9                         | 191   | 402,0  | 0,98   | 2                                  | 679                                   | 1190                               | 57,1%                                       |
| 9           | 127,1                        | 292   | 402,0  | 0,98   | 2                                  | 1040                                  | 1190                               | 87,4%                                       |
| 10          | 127,1                        | 292   | 402,0  | 0,99   | 2                                  | 1052                                  | 1190                               | 88,4%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

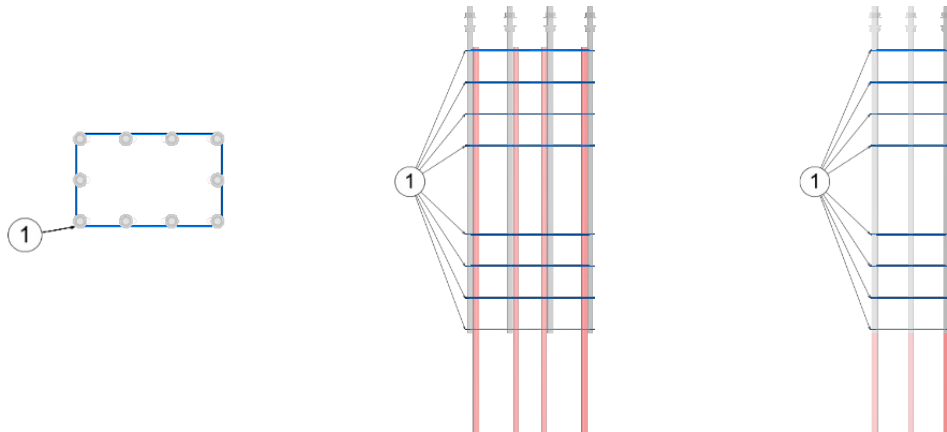
**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

#### Querbewehrung im Übergreifungsbereich

Bewehrung  
Schnitt

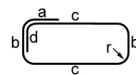
Ansicht X"-Richtung

B500B  
Ansicht Y"-Richtung



| Pos | Biegeform | ø | a  | b   | c   | d  | r  | L     | pcs | [kg]/<br>pcs        | [kg] |
|-----|-----------|---|----|-----|-----|----|----|-------|-----|---------------------|------|
| 1   | C         | 8 | 96 | 541 | 341 | 96 | 16 | 1 876 | 8   | 0,74                | 5,93 |
|     |           |   |    |     |     |    |    |       |     | Gesamtgewicht :5,93 |      |

Biegeform C



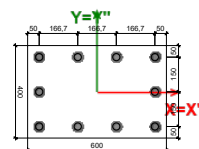


## Einbauteilliste VDS Achim West Verdichterhalle

**Bolzen**  
HPM24P-1360 **Gesamtmenge**  
10

**Bolzeneinbauschablonen** **Gesamtmenge**  
PPL24-10 (167+167+167)x(150+150) oder 1  
PPK24-10 (167+167+167)x(150+150)

Schnitt



**Stützenschuhe** **Gesamtmenge**  
HPKM24 10

**Art der Schalungsboxen** **Gesamtmenge**  
HPKM 24 C BOX 4  
HPKM 24 M BOX 6



Tel.:

Auftragsnummer:

Bezeichnung:

VDS Achim West Verdichterhalle

Lage:

**Statische Bemessung von Fertigteilstützen-Fundament Verbindungen**

Auftraggeber:

28.01.2025

**Aufsteller:**

Firma:  
Adresse:  
Tel.:  
E-Mail:  
Name:

**Projekt:**

Bezeichnung: VDS Achim West Verdichterhalle  
Lage:  
Ansprechpartner:  
Anmerkungen:  
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany  
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

**Zusammenfassung**

| Name      | Bemes-<br>sungs-<br>ssi-<br>tuat-ion | # | Lastfall:  | Seite<br>Nr. | Maximale<br>Ausnutzung | Status |
|-----------|--------------------------------------|---|--|--------------|------------------------|--------|
| Eckstütze | Endzusta-<br>nd                      | 1 | Nd=-1 009,1, Mxd=25,5, Myd=84,9, Vxd=39,8,<br>Vyd=11,4 | 6            | 29%                    | OK     |
|           | Endzusta-<br>nd                      | 2 | Nd=-804,8, Mxd=73,7, Myd=54,0, Vxd=20,4, Vyd=25,4      | 7            | 29%                    | OK     |
|           | Endzusta-<br>nd                      | 3 | Nd=-1 152,1, Mxd=13,5, Myd=50,9, Vxd=21,3,<br>Vyd=4,5  | 8            | 29%                    | OK     |
|           | Endzusta-<br>nd                      | 4 | Nd=-127,7, Mxd=0,0, Myd=210,3, Vxd=43,4, Vyd=0,0       | 10           | 84%                    | OK     |
|           | Endzusta-<br>nd                      | 5 | Nd=-127,7, Mxd=136,2, Myd=0,0, Vxd=0,0, Vyd=28,1       | 11           | 45%                    | OK     |

## Eckstütze

Anmerkung:

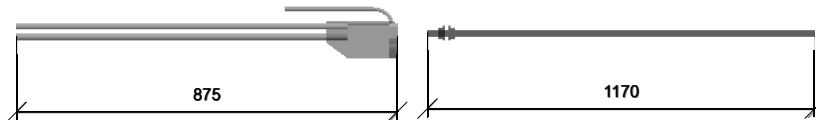
Anzahl der Stützen: 1

### Peikko Produkte

Stützenschuhe: 12 x HPMK20

Bolzen: 12 x HPM20P-1170

| Summe<br>Produkt | Anzahl |
|------------------|--------|
| HPMK20           | 12     |
| HPM20P-1170      | 12     |



Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{\min} = 150 \text{ Nm}$

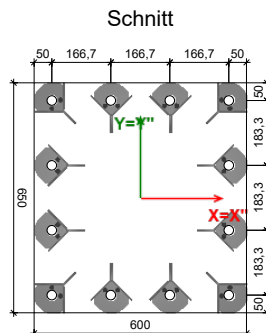
Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes :  $T_{\max} = 250 \text{ Nm}$

Einbauschablone: PPL20-12 (167+167+167)x(183+183+183) oder PPK20-12 (167+167+167)x(183+183+183)

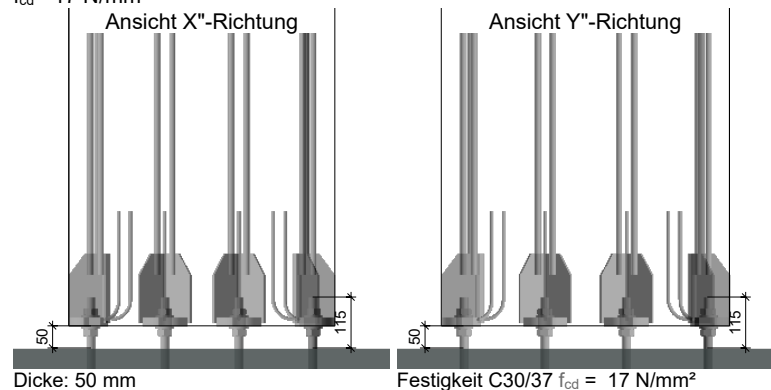
### Material und Geometrie

Stütze: 600x650

Beton: C30/37  
 $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$



Fuge:



X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils  
X''; Y'' = lokales System der Anker

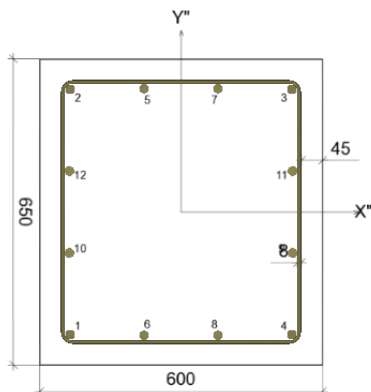
### Stützenbewehrung

Bewehrung  
Betondeckung  
Bügeldurchmesser ( $\emptyset$ )  
 $f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$   
Querschnittsfläche der Hauptbewehrung  
Bewehrung/Bewehrungsgrad

B500B  
45 mm  
8 mm

3770 mm<sup>2</sup>  
0,97 %

Schnitt

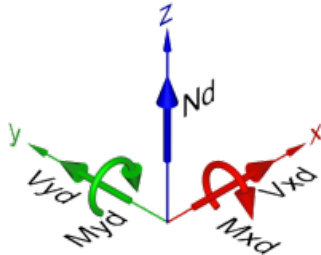


| Hauptbewehrung | #  | $\emptyset$ | $A_s$<br>[mm <sup>2</sup> ] | $X_k$<br>[mm] | $Y_k$<br>[mm] |
|----------------|----|-------------|-----------------------------|---------------|---------------|
|                | 1  | 20          | 314                         | -235          | -260          |
|                | 2  | 20          | 314                         | -235          | 260           |
|                | 3  | 20          | 314                         | 235           | 260           |
|                | 4  | 20          | 314                         | 235           | -260          |
|                | 5  | 20          | 314                         | -78           | 262           |
|                | 6  | 20          | 314                         | -78           | -262          |
|                | 7  | 20          | 314                         | 78            | 262           |
|                | 8  | 20          | 314                         | 78            | -262          |
|                | 9  | 20          | 314                         | 237           | -87           |
|                | 10 | 20          | 314                         | -237          | -87           |
|                | 11 | 20          | 314                         | 237           | 87            |
|                | 12 | 20          | 314                         | -237          | 87            |

## Lastfälle

Beachte: Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)



## Endzustand

| # | Name | $N_d$<br>[kN] | $M_{xd}$<br>[kNm] | $M_{yd}$<br>[kNm] | $V_{xd}$<br>[kN] | $V_{yd}$<br>[kN] |
|---|------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 1 |      | -1 009,1      | 25,5              | 84,9              | 39,8             | 11,4             |
| 2 |      | -804,8        | 73,7              | 54,0              | 20,4             | 25,4             |
| 3 |      | -1 152,1      | 13,5              | 50,9              | 21,3             | 4,5              |
| 4 |      | -127,7        | 0,0               | 210,3             | 43,4             | 0,0              |
| 5 |      | -127,7        | 136,2             | 0,0               | 0,0              | 28,1             |

## Montagezustand

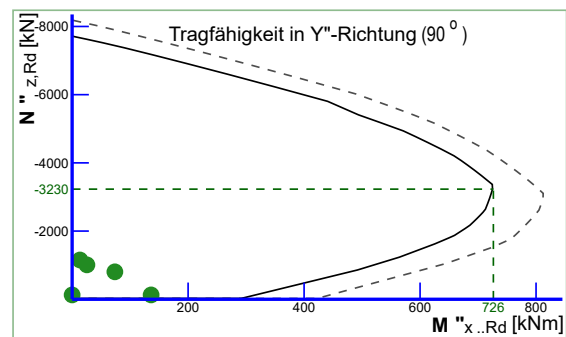
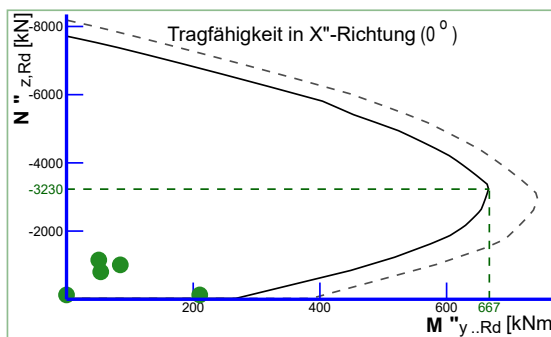
Kein Lastfall definiert

## Lasten im Brandfall

Kein Lastfall definiert

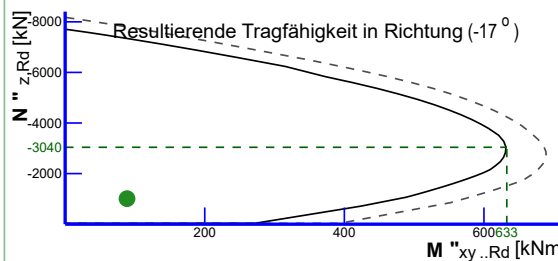
## Tragfähigkeitsdiagramm

Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes  
 - - - - - Tragfähigkeit des Stützenquerschnittes

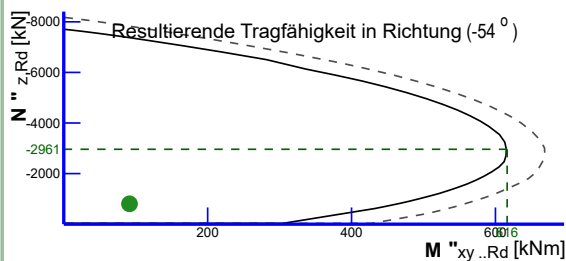


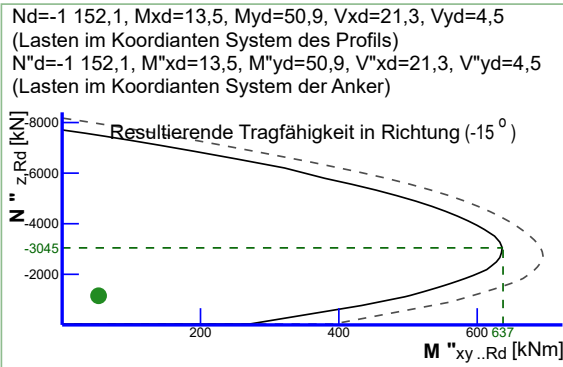
## Tragfähigkeitsdiagramm mit Lastfällen

$N_d = -1\,009,1$ ,  $M_{xd} = 25,5$ ,  $M_{yd} = 84,9$ ,  $V_{xd} = 39,8$ ,  $V_{yd} = 11,4$   
 (Lasten im Koordinaten System des Profils)  
 $N^*_d = -1\,009,1$ ,  $M^*_{xd} = 25,5$ ,  $M^*_{yd} = 84,9$ ,  $V^*_{xd} = 39,8$ ,  $V^*_{yd} = 11,4$   
 (Lasten im Koordinaten System der Anker)



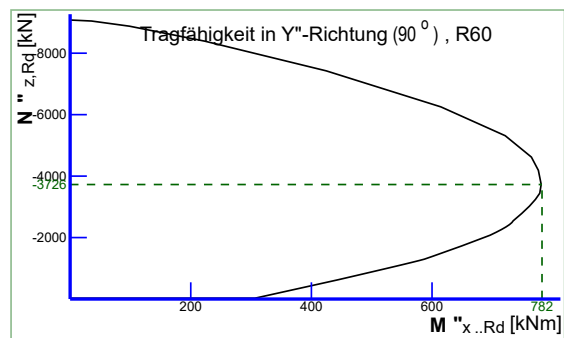
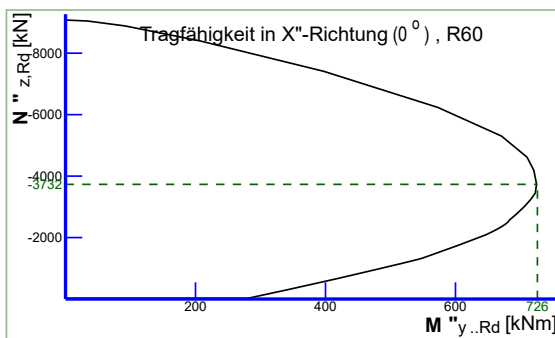
$N_d = -804,8$ ,  $M_{xd} = 73,7$ ,  $M_{yd} = 54,0$ ,  $V_{xd} = 20,4$ ,  $V_{yd} = 25,4$   
 (Lasten im Koordinaten System des Profils)  
 $N^*_d = -804,8$ ,  $M^*_{xd} = 73,7$ ,  $M^*_{yd} = 54,0$ ,  $V^*_{xd} = 20,4$ ,  $V^*_{yd} = 25,4$   
 (Lasten im Koordinaten System der Anker)





### Feuerwiderstand Tragfähigkeitsdiagramm

Legende: ———— Tragfähigkeit des Fugenquerschnittes



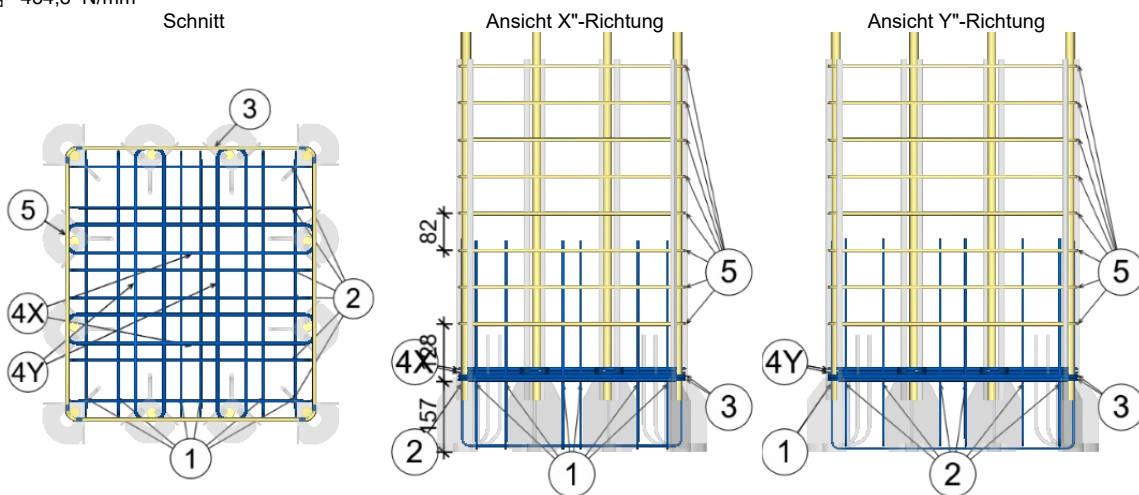
### Zulagebewehrung der Stützenschuhe

Betondeckung 45 mm

Bewehrung B500B

$f_{yd} = 434,8$  N/mm<sup>2</sup>

Schnitt

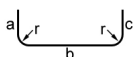


Bewehrungsangaben

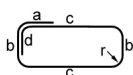
| Pos | Biegeform | Ø<br>[mm] | a<br>[mm] | b<br>[mm] | c<br>[mm] | d<br>[mm] | r<br>[mm] | L<br>[mm] | pcs | [kg]/<br>pcs          | [kg] |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------------------|------|
| 1   | B         | 6         | 465       | 544       | 465       | 0         | 12        | 1 450     | 6   | 0,32                  | 1,93 |
| 2   | B         | 6         | 465       | 494       | 465       | 0         | 12        | 1 400     | 6   | 0,31                  | 1,87 |
| 3   | C         | 8         | 96        | 510       | 560       | 96        | 16        | 2 252     | 2   | 0,89                  | 1,78 |
| 4X  | C         | 8         | 96        | 510       | 66        | 96        | 16        | 1 264     | 4   | 0,50                  | 2    |
| 4Y  | C         | 8         | 96        | 66        | 560       | 96        | 16        | 1 364     | 4   | 0,54                  | 2,16 |
| 5   | C         | 8         | 96        | 510       | 560       | 96        | 16        | 2 252     | 8   | 0,89                  | 7,12 |
|     |           |           |           |           |           |           |           |           |     | Gesamtgewicht : 16,85 |      |

\* Pos. 5 wurde unter Annahme mäßiger Verbundbedingungen ermittelt

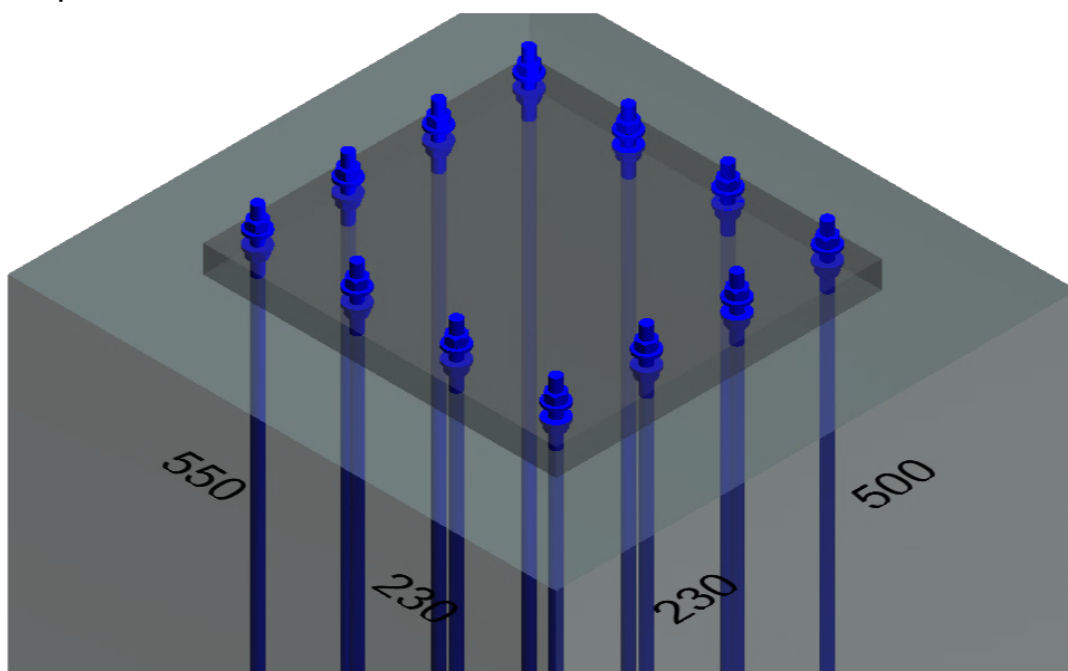
Biegeform B



Biegeform C



## Betonkörper



Beton  
Ungerissen  
Größtkorndurchmesser  
Fundamentabmessung in Richtung X-Achse ( b )  
Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse ( h )  
Höhe des Fundamentes  
Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e<sub>x</sub> )  
Außermittigkeit der geschraubten Stütze ( e<sub>y</sub> )

C30/37  
Nein  
16 mm  
960 mm  
1010 mm  
2500 mm  
0 mm  
0 mm

## Nachweis der Bolzentragfähigkeit

### Endzustand Bolzen

Lastfall: #1 : Nd=-1 009,1, Mxd=25,5, Myd=84,9, Vxd=39,8, Vyd=11,4

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend

Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge

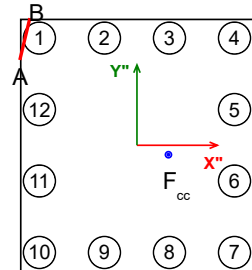
Betonkantenbruch: Nicht berechnet

### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |         |    |
|--|------------|---------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -1009,1 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2     |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 201,82  | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 41,4    | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0       | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-300,0 / 220,7); B(-273,4 / 325,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(80,7/-24,2)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | -0,730                       | 96,3                        | 0,8                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -4,10                        | 96,3                        | 4,3                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -7,47                        | 96,3                        | 7,8                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -10,8                        | 96,3                        | 11,3                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -11,8                        | 96,3                        | 12,2                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -12,7                        | 96,3                        | 13,2                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -13,7                        | 96,3                        | 14,2                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -10,3                        | 96,3                        | 10,7                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -6,94                        | 96,3                        | 7,2                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -3,57                        | 96,3                        | 3,7                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 11          | -2,62                        | 96,3                        | 2,7                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 12          | -1,68                        | 96,3                        | 1,7                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |

### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderlicher Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -0,730                       | 2   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 2           | -4,10                        | 9   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 3           | -7,47                        | 17  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 4           | -10,8                        | 25  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 5           | -11,8                        | 27  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 6           | -12,7                        | 29  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 7           | -13,7                        | 31  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 8           | -10,3                        | 24  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 9           | -6,94                        | 16  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 10          | -3,57                        | 8   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 11          | -2,62                        | 6   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 12          | -1,68                        | 4   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

Lastfall: #2 :  $N_d = -804,8$ ,  $M_{xd} = 73,7$ ,  $M_{yd} = 54,0$ ,  $V_{xd} = 20,4$ ,  $V_{yd} = 25,4$



**Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

**Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge**

**Betonkantenbruch: Nicht berechnet**

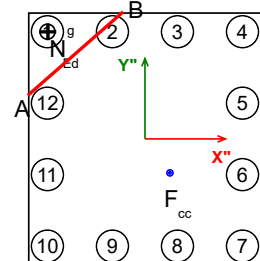
### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normalkraft in der Stütze             | $N_{c,Ed}$ | -804,8 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 160,96 | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 32,58  | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0      | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-300,0 / 111,8); B(-54,5 / 325,0)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") =  $N_{Ed}(-250,0/275,0)$

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(64,0/-87,2)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 1,82                         | 88,2                        | 2,1                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | -0,378                       | 88,2                        | 0,4                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 3           | -2,57                        | 88,2                        | 2,9                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 4           | -4,77                        | 88,2                        | 5,4                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 5           | -7,55                        | 88,2                        | 8,6                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 6           | -10,3                        | 88,2                        | 11,7                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 7           | -13,1                        | 88,2                        | 14,9                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -10,9                        | 88,2                        | 12,4                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -8,72                        | 88,2                        | 9,9                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -6,53                        | 88,2                        | 7,4                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 11          | -3,75                        | 88,2                        | 4,2                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 12          | -0,964                       | 88,2                        | 1,1                 | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |

### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderlicher Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 1,82                         | 4   | 402,0  | 0,87   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 2           | -0,378                       | 1   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 3           | -2,57                        | 6   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 4           | -4,77                        | 11  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 5           | -7,55                        | 17  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 6           | -10,3                        | 24  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 7           | -13,1                        | 30  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 8           | -10,9                        | 25  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 9           | -8,72                        | 20  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 10          | -6,53                        | 15  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 11          | -3,75                        | 9   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 12          | -0,964                       | 2   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #3 : Nd=-1 152,1, Mxd=13,5, Myd=50,9, Vxd=21,3, Vyd=4,5**

**Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

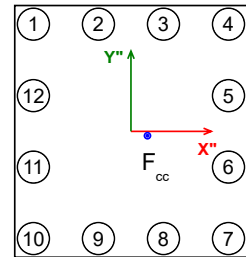
**Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge**

**Betonkantenbruch: Nicht berechnet**

### Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |         |    |
|--|------------|---------|----|
| Bemessungswert der Normaldruckkraft in der Stütze        | $N_{c,Ed}$ | -1152,1 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2     |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 230,42  | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 21,77   | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 0       | kN |

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(42,3/-11,2)$



| Bolzen<br>Pos. | Einwirkende<br>Normalkraft<br>[kN] | Zugtragfähigkeit<br>Stahl<br>[kN] | Ausnutzungsgrad<br>[%] | Querkraft<br>[kN] | Querkrafttragfähigkeit<br>Stahl<br>[kN] | Ausnutzungsgrad der<br>Querkrafttragfähigkeit<br>[%] | Interaktion<br>[%] |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|---|--|--------------------|
| 1              | -4,40                              | 96,3                              | 4,6                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 2              | -6,44                              | 96,3                              | 6,7                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 3              | -8,48                              | 96,3                              | 8,8                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 4              | -10,5                              | 96,3                              | 10,9                   | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 5              | -11,0                              | 96,3                              | 11,4                   | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 6              | -11,5                              | 96,3                              | 12,0                   | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 7              | -12,0                              | 96,3                              | 12,5                   | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 8              | -9,99                              | 96,3                              | 10,4                   | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 9              | -7,95                              | 96,3                              | 8,3                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 10             | -5,91                              | 96,3                              | 6,1                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 11             | -5,41                              | 96,3                              | 5,6                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |
| 12             | -4,90                              | 96,3                              | 5,1                    | 0,0               | 31,3                                    | 0,0  | n/r                |

**Verankerung mittels Übergreifungsstoß Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | -4,40                        | 10   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 2           | -6,44                        | 15   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 3           | -8,48                        | 19   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 4           | -10,5                        | 24   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 5           | -11,0                        | 25   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 6           | -11,5                        | 27   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 7           | -12,0                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 8           | -9,99                        | 23   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 9           | -7,95                        | 18   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 10          | -5,91                        | 14   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 11          | -5,41                        | 12   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 12          | -4,90                        | 11   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

**Lastfall: #4 : Nd=-127,7, Mxd=0,0, Myd=210,3, Vxd=43,4, Vyd=0,0**

**Stahlversagen:** Tragfähigkeit ausreichend

**Betonversagen:** Ausreichende Übergreifungslänge

**Betonkantenbruch:** Nicht berechnet

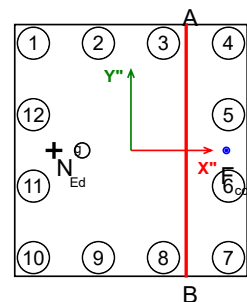
**Nachweis der Stahltragfähigkeit**

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normaldruckkraft in der Stütze        | $N_{c,Ed}$ | -127,7 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 25,54  | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 43,4   | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 17,86  | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(143,6 / 325,0); B(143,6 / -325,0)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") =  $N_{Ed}^g$ (-196,1/0,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{c,Ed}$ (244,7/0,0)



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 74,2                         | 88,2                        | 84,1                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 2           | 42,8                         | 88,2                        | 48,5                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | 41,8            |
| 3           | 11,4                         | 88,2                        | 12,9                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | 16,3            |
| 4           | -20,1                        | 88,2                        | 22,7                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | n/r             |
| 5           | -20,1                        | 88,2                        | 22,7                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | n/r             |
| 6           | -20,1                        | 88,2                        | 22,7                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | n/r             |
| 7           | -20,1                        | 88,2                        | 22,7                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | n/r             |
| 8           | 11,4                         | 88,2                        | 12,9                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | 16,3            |
| 9           | 42,8                         | 88,2                        | 48,5                | 2,23           | 31,3                              | 7,1  | 41,8            |
| 10          | 74,2                         | 88,2                        | 84,1                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 11          | 74,2                         | 88,2                        | 84,1                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 12          | 74,2                         | 88,2                        | 84,1                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß **Ausreichende Übergreifungslänge**

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderlicher Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 74,2                         | 171   | 402,0  | 0,93   | 2                                  | 719                                   | 1030                               | 69,8%                                       |
| 2           | 42,8                         | 98  | 402,0  | 0,95   | 2                                  | 426                                   | 1030                               | 41,4%                                       |
| 3           | 11,4                         | 26  | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 4           | -20,1                        | 46  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 5           | -20,1                        | 46  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 6           | -20,1                        | 46  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 7           | -20,1                        | 46  | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 8           | 11,4                         | 26  | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 9           | 42,8                         | 98  | 402,0  | 0,95   | 2                                  | 426                                   | 1030                               | 41,4%                                       |
| 10          | 74,2                         | 171   | 402,0  | 0,93   | 2                                  | 719                                   | 1030                               | 69,8%                                       |
| 11          | 74,2                         | 171   | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 748                                   | 1030                               | 72,6%                                       |
| 12          | 74,2                         | 171   | 402,0  | 0,96   | 2                                  | 748                                   | 1030                               | 72,6%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

Lastfall: #5 : Nd=-127,7, Mxd=136,2, Myd=0,0, Vxd=0,0, Vyd=28,1

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend

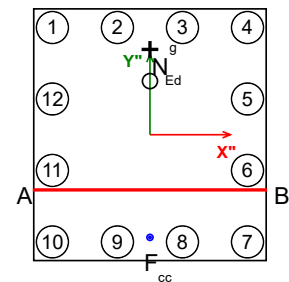
Betonversagen: Ausreichende Übergreifungslänge

Betonkantenbruch: Nicht berechnet

Nachweis der Stahltragfähigkeit

|  |            |        |    |
|--|------------|--------|----|
| Bemessungswert der Normaldruckkraft in der Stütze        | $N_{c,Ed}$ | -127,7 | kN |
| Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)             | $C_{fd}$   | 0,2    |    |
| Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes                | $F_{f,Rd}$ | 25,54  | kN |
| Resultierende Querkraft                                  | $V_{sd}$   | 28,1   | kN |
| Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung | $V_{sd,f}$ | 2,56   | kN |

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-300,0 / -143,3); B(300,0 / -143,3)  
 Resultierende Zugkraft in (X"/Y") =  $N_{Ed}(0,0/219,8)$   
 Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") =  $F_{cc}(0,0/-263,4)$



| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Zugtragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad [%] | Querkraft [kN] | Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN] | Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%] | Interaktion [%] |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------|--|-----------------|
| 1           | 39,3                         | 88,2                        | 44,6                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 32,9            |
| 2           | 39,3                         | 88,2                        | 44,6                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 32,9            |
| 3           | 39,3                         | 88,2                        | 44,6                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 32,9            |
| 4           | 39,3                         | 88,2                        | 44,6                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 32,9            |
| 5           | 22,1                         | 88,2                        | 25,0                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 18,9            |
| 6           | 4,85                         | 88,2                        | 5,5                 | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 5,0             |
| 7           | -12,4                        | 88,2                        | 14,0                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 8           | -12,4                        | 88,2                        | 14,0                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 9           | -12,4                        | 88,2                        | 14,0                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 10          | -12,4                        | 88,2                        | 14,0                | 0,0            | 31,3                              | 0,0  | n/r             |
| 11          | 4,85                         | 88,2                        | 5,5                 | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 5,0             |
| 12          | 22,1                         | 88,2                        | 25,0                | 0,320          | 31,3                              | 1,0  | 18,9            |

#### Verankerung mittels Übergreifungsstoß Ausreichende Übergreifungslänge

| Bolzen Pos. | Einwirkende Normalkraft [kN] | Erforderliche Querschnitt der Bügel [mm <sup>2</sup> ] | Vorhandene Bügelbewehrung [mm <sup>2</sup> ] | Faktor zur Berücksichtigung einer Querbewehrung $\alpha_3$ [-] | Übergreifungsfaktor $\alpha_6$ [-] | Erforderliche Übergreifungslänge [mm] | Vorhandene Übergreifungslänge [mm] | Ausnutzungsgrad des Übergreifungsstoßes [%] |
|-------------|------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1           | 39,3                         | 90   | 402,0  | 0,90   | 2                                  | 371                                   | 1030                               | 36,0%                                       |
| 2           | 39,3                         | 90   | 402,0  | 0,95   | 2                                  | 391                                   | 1030                               | 38,0%                                       |
| 3           | 39,3                         | 90   | 402,0  | 0,95   | 2                                  | 391                                   | 1030                               | 38,0%                                       |
| 4           | 39,3                         | 90   | 402,0  | 0,90   | 2                                  | 371                                   | 1030                               | 36,0%                                       |
| 5           | 22,1                         | 51   | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 6           | 4,85                         | 11   | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 7           | -12,4                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 8           | -12,4                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 9           | -12,4                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 10          | -12,4                        | 28   | 402,0  | 1,00   | 1                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 11          | 4,85                         | 11   | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |
| 12          | 22,1                         | 51   | 402,0  | 0,94   | 2                                  | 300                                   | 1030                               | 29,1%                                       |

**Anmerkung 1:** Die Bewehrung aus Fundament bzw. unterer Stütze ist auf die gestossenen Ankerbolzen abzustimmen

**Anmerkung 2:** Wenn Faktor  $[\alpha_3 < 1]$ , wirkt sich die gewählte Bügelbewehrung direkt auf die erforderliche Übergreifungslänge der Ankerbolzen aus.

**Anmerkung 3:** Die endgültige Anordnung der konstruierten Querbewehrung ist in nach den Bestimmungen der EN 1992-1-1 Absatz 8.7.4 zu prüfen.

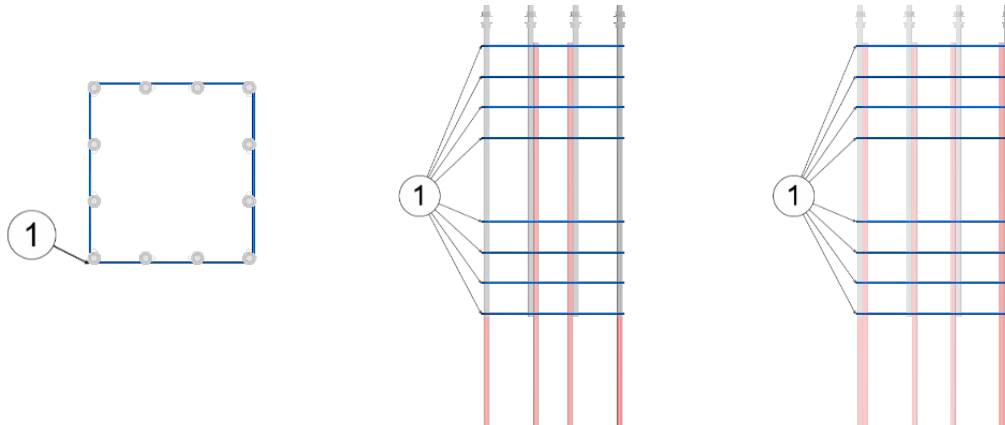
**Anmerkung 4:** Querkraft Betonkantenversagen bei geraden Ankerbolzen (Typ P) manuell überprüfen !

#### Querbewehrung im Übergreifungsbereich

Bewehrung  
Schnitt

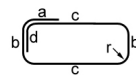
Ansicht X"-Richtung

B500B  
Ansicht Y"-Richtung



| Pos | Biegefor<br>m | ø<br>[mm] | a<br>[mm] | b<br>[mm] | c<br>[mm] | d<br>[mm] | r<br>[mm] | L<br>[mm] | pcs | [kg]/<br>pcs        | [kg] |
|-----|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|---------------------|------|
| 1   | C             | 8         | 96        | 536       | 586       | 96        | 16        | 2 356     | 8   | 0,93                | 7,45 |
|     |               |           |           |           |           |           |           |           |     | Gesamtgewicht :7,45 |      |

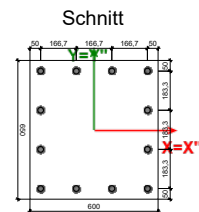
Biegeform C



### Einbauteilliste VDS Achim West Verdichterhalle

**Bolzen** **Gesamtmenge**  
HPM20P-1170 12

**Bolzeneinbauschablonen** **Gesamtmenge**  
PPL20-12 (167+167+167)x(183+183+183) 1  
oder PPK20-12 (167+167+167)x(183+183+183)





**Stützenschuhe** **Gesamtmenge**  
HPKM20 12

**Art der Schalungsboxen** **Gesamtmenge**  
HPKM 20 C BOX 4  
HPKM 20 M BOX 8

**Anlage 9: Bemessung der Stützenkonsolen**







|   |  |                      |            |
|---|--|----------------------|------------|
|   | Bauvorhaben<br>VDS Achim-West<br>Verdichterhalle Stützenkonsole Achsen A und E | Projekt Nr.<br>15825 | Seite<br>1 |
|   |  | Position<br>1        |            |

### HALFEN Stud Connector HSC

Entwurf, bauliche Durchbildung, Ermittlung der Schnittgrößen und Bemessung nach EC2-1-1 mit EC2-1-1/NA und allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Nr. Z-21.8-1973

**Parameter allgemein**

|                             |                  |           |
|-----------------------------|------------------|-----------|
| Material HSC-Anker          | Bst              | B500B     |
| Schaftdurchmesser HSC-Anker |                  | 20        |
| Anzahl der HSC-Lagen        |                  | 1         |
| Ausrichtung Ankerkopf       |                  | Vertikal  |
| Betonfestigkeitsklasse      |                  | C30/37    |
| Expositionsklasse           |                  | XC2       |
| Verbundbedingungen          |                  | Gut       |
| Nennmaß der Betondeckung    | C <sub>nom</sub> | 35.0 [mm] |
| ΔC <sub>dev</sub> abmindern |                  | Nein      |

**Parameter der Stütze**

|                                 |                     |          |
|---------------------------------|---------------------|----------|
| Stützenbreite                   | b <sub>col</sub>    | 400 [mm] |
| Stützentiefe                    | h <sub>col</sub>    | 600 [mm] |
| Stützenlängsbewehrung Ø         | d <sub>sL</sub>     | 20 [mm]  |
| Bügel- bzw. Querbewehrung Ø     | d <sub>sw,col</sub> | 10 [mm]  |
| Bügelabstand                    | s <sub>w,col</sub>  | 100 [mm] |
| Bügelabstand im Knotenschubfeld | s <sub>w,K5</sub>   | 50 [mm]  |

**Parameter der Konsole**

|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| Konsolbreite                         | b <sub>c</sub> | 400 [mm]                |
| Konsollänge                          | l <sub>c</sub> | 500 [mm]                |
| Konsolhöhe                           | h <sub>c</sub> | 600 [mm]                |
| Ausbildung Schubfuge                 |                | Keine Konstruktionsfuge |
| Separate Bügel in Konsole und Stütze |                | Nein                    |
| Zweiseitige Anschlusskonfiguration   |                | Nein                    |
| Abstand Lastangriffspunkt            | a <sub>c</sub> | 250 [mm]                |
| Länge Lasteinleitungsplatte          | a <sub>L</sub> | 300 [mm]                |
| Breite Lasteinleitungsplatte         | b <sub>L</sub> | 300 [mm]                |
| Dicke Lasteinleitungsplatte          | d <sub>L</sub> | 10 [mm]                 |

**Bemessungslasten**

|  |                 |            |
|--|-----------------|------------|
| Bemessungswert der Vertikallast                | F <sub>Ed</sub> | 380.0 [kN] |
| Bemessungswert der Horizontallast              | H <sub>Ed</sub> | 76.0 [kN]  |
| Ansatz H <sub>Ed</sub> = 0.2 * V <sub>Ed</sub> |                 | Nein       |

Leviat GmbH, Liebigstr. 14, 40764 Langenfeld, Tel.: +49 2173 970 0, Fax: +49 2173 970 123 © Leviat GmbH, Langenfeld, Germany



Bearbeiter:

HSC 3.0.0  
28.03.2024

|   |  |                      |            |
|---|--|----------------------|------------|
| <div> <div> <div>iat</div> <div>HPANY</div> </div> <div> <div>Le</div> <div>A CRI</div> </div> </div> | Bauvorhaben<br>VDS Achim-West<br>Verdichterhalle Stützenkonsole Achsen A und E | Projekt Nr.<br>15825 | Seite<br>2 |
|   |  | Position<br>1        |            |

Bewehrungsangaben

HSC-Anker

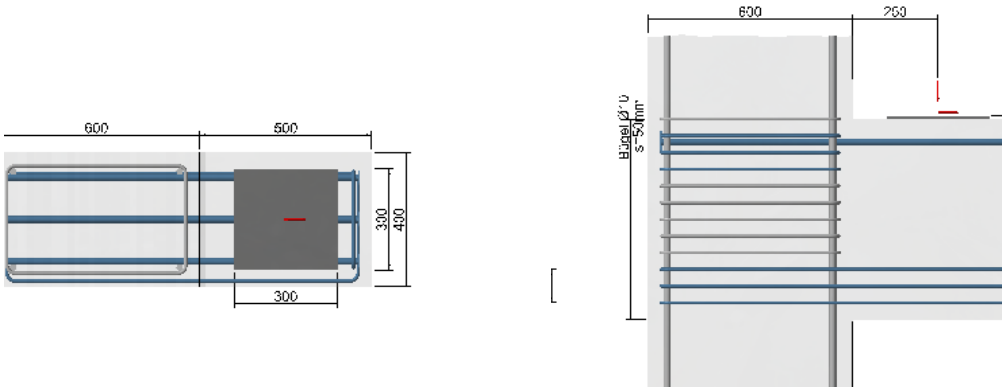
|             | Anzahl | HSC Typ   | L [mm] | Ausrichtung |
|-------------|--------|-----------|--------|-------------|
| 1. HSC-Lage | 3      | HSC-HD-20 | 1030   | V           |

**Bügelbewehrungen**  
 Die angegebenen Bügelmaße dienen der Veranschaulichung der Konstruktion. Die exakten Bügelmaße sind im Rahmen der Bauausführungsplanung zu bestimmen.

| vertikale Bügel je HSC-Ankerlage im Bereich der Ankerköpfe |        |       |                     |                     |        |
|--|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
|  | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
| 1. HSC-Lage  | 1      | 10    | 290                 | 517                 | -      |

| geschlossene horizontale Bügel umfassen Konsole und Stütze |        |       |                     |                     |        |
|--|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
|  | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
| Horizontal   | 3      | 10    | 330                 | 1030                | 201    |

| erforderliche Verbügelung der Stütze über die Konsolhöhe |        |       |                     |                     |        |
|--|--------|-------|---------------------|---------------------|--------|
|  | Anzahl | Ø[mm] | L <sub>1</sub> [mm] | L <sub>2</sub> [mm] | sw[mm] |
| gemäß Bewehrung Stütze                                   | 7      | 10    | 330                 | 530                 | 50     |
| gemäß Bewehrung Konsole                                  | 3      | 10    | 330                 | 530                 | 50     |
| zusätzliche Bügel  | 3      | 10    | 330                 | 530                 | 50     |



Die Bügelbewehrung der Stütze außerhalb des Konsolanschlusses ist nicht dargestellt




Leviat GmbH, Liebigstr. 14, 40764 Langenfeld, Tel.: +49 2173 970 0, Fax: +49 2173 970 123 © Leviat GmbH, Langenfeld, Germany

|                                |             |                         |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|
| <div> <div>HALFEN</div> </div> | Bearbeiter: | HSC 3.0.0<br>28.03.2024 |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|







|  |  |  |                               |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
|--|--|--|-------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------|--------|--------|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------|-------|--------|--|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|-------|--------|--------|----------------------------|--------------|--|--|---------------------------|--------------|
| <div> <div>  <br/> <small>IPANY</small> </div> <div>  <br/> <small>A CRI</small> </div> </div> | <div> <div>Bauvorhaben</div> <div>VDS Achim-West</div> <div>Verdichterhalle Stützenkonsole Achsen A und E</div> </div> | <div>Projekt Nr.</div> <div>15825</div>  | <div>Seite</div> <div>6</div> |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
|  |  | <div>Position</div> <div>1</div>   |                               |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
|  |  | <div>Übersicht über Nachweise und Ausnutzung</div> <table> <tr> <td></td><td><b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b></td><td><b><math>V_{Rd,max}</math>[kN]</b></td><td><b>Ausnutzung</b></td></tr> <tr> <td>Querkrafttragfähigkeit der Konsole</td><td>380,0</td><td>1053,4</td><td>36.1 %</td></tr> <tr> <td></td><td><b><math>Z_{Ed}</math>[kN]</b></td><td><b><math>Z_{Rd}</math>[kN]</b></td><td><b>Ausnutzung</b></td></tr> <tr> <td>Zuggurttragfähigkeit</td><td>297,7</td><td>409,8</td><td>72.7 %</td></tr> <tr> <td></td><td><b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b></td><td><b><math>F_{Rd,LP}</math>[kN]</b></td><td><b>Ausnutzung</b></td></tr> <tr> <td>Betonpressung unter Lasteinleitungsplatte</td><td>380,0</td><td>2280,8</td><td>16.7 %</td></tr> <tr> <td>Verankerung HSC in Konsole</td><td colspan="3">nachgewiesen</td></tr> <tr> <td>Verankerung HSC in Stütze</td><td colspan="3">nachgewiesen</td></tr> </table> <div>Nachweise erbracht.</div> |                               |  | <b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b> | <b><math>V_{Rd,max}</math>[kN]</b> | <b>Ausnutzung</b> | Querkrafttragfähigkeit der Konsole | 380,0 | 1053,4 | 36.1 % |  | <b><math>Z_{Ed}</math>[kN]</b> | <b><math>Z_{Rd}</math>[kN]</b> | <b>Ausnutzung</b> | Zuggurttragfähigkeit | 297,7 | 409,8 | 72.7 % |  | <b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b> | <b><math>F_{Rd,LP}</math>[kN]</b> | <b>Ausnutzung</b> | Betonpressung unter Lasteinleitungsplatte | 380,0 | 2280,8 | 16.7 % | Verankerung HSC in Konsole | nachgewiesen |  |  | Verankerung HSC in Stütze | nachgewiesen |
|  | <b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b>   | <b><math>V_{Rd,max}</math>[kN]</b>   | <b>Ausnutzung</b>             |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| Querkrafttragfähigkeit der Konsole   | 380,0  | 1053,4   | 36.1 %                        |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
|  | <b><math>Z_{Ed}</math>[kN]</b>   | <b><math>Z_{Rd}</math>[kN]</b>   | <b>Ausnutzung</b>             |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| Zuggurttragfähigkeit   | 297,7  | 409,8  | 72.7 %                        |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
|  | <b><math>F_{Ed}</math>[kN]</b>   | <b><math>F_{Rd,LP}</math>[kN]</b>  | <b>Ausnutzung</b>             |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| Betonpressung unter Lasteinleitungsplatte  | 380,0  | 2280,8   | 16.7 %                        |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| Verankerung HSC in Konsole   | nachgewiesen   |  |                               |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| Verankerung HSC in Stütze  | nachgewiesen   |  |                               |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |
| <div> <div>  </div> <div>Bearbeiter:</div> </div>   |  | <div>HSC 3.0.0</div> <div>28.03.2024</div>   |                               |  |                                |                                    |                   |                                    |       |        |        |  |                                |                                |                   |                      |       |       |        |  |                                |                                   |                   |   |       |        |        |                            |              |  |  |                           |              |

Leviat GmbH, Liebigstr. 14, 40764 Langenfeld, Tel.: +49 2173 970 0, Fax: +49 2173 970 123 © Leviat GmbH, Langenfeld, Germany

**Anlage 10: Bemessung Stahlbühne**



Projekt:  
Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.  
Modell: Sek Balken.axs  
Bemessung sekundärer Balken

10.09.2024

## STAHLSTABNACHWEIS

Bemessungsbauteil: **1**

Knoten: **3-4**

Norm: **Eurocode-D**

DIN EN 1993-1-1:2010-12 (mit AC:2009), DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12

Material: **S 235**

Querschnitt: **HEA 180**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

Koeffizient für seismische Kräfte: **1,0**

### 1. Normalkraft-Biegung-Querkraft

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124$  cm

$V_{z,Ed} = 17$  kN  $M_{y,Ed} = -5049$  kNm =  $-50,5$  kNm

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(0; 66,1; 0; 8,6; 0) = 66,1 \% \quad \text{erfüllt}$$

### 2. Normalkraft-Biegung-Knicken

EN 1993-1-1: 6.3.3

Ausgeschaltet

### 3. Normalkraft-Biegung-Biegedrillknicken

EN 1993-1-1: 6.3.3, Anhang B: Methode 2

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124$  cm

$N_{Ed} = 0$  kN

$$\eta_{NMLTBuckl} = \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + \frac{\frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} = \frac{\frac{(-5049)}{0,85 \cdot 325 \cdot 24}}{1,1} + \frac{\frac{0}{156 \cdot 24}}{1,1} = 85,8 \% \quad \text{erfüllt}$$

### 4. Querschnittswiderstand für Querkraft (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost]**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 274 = 0$  cm

$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 34$  cm<sup>2</sup>

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{34 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 464 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{|0|}{464} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{erfüllt}$$

### 5. Querkraft- und Beulwiderstand:



## Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Sek Balken.axs

Bemessung sekundärer Balken

10.09.2024

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Anhang A: A.3

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 274 = 274$  cm

$$a_{max} = 2,74$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ Anmerkung 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 17 - 2 \cdot 0,95 = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 196 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|66|}{196} = 33,8 \% \quad (5.10) \quad \text{erfüllt}$$

## 6. Schub-Biegung-Normalkraft

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124$  cm

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 18 \cdot 0,95 \cdot 24 \cdot (17 - 0,95) = 6490 \text{ kNcm} = 64,9 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-5049)|}{7634} = 66,1 \% \quad (7.1) \quad \text{erfüllt}$$

## 7. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Grenzwertkombination SLS Charakteristische : **[Eigenlast+Gitterrost] {Gabelstapler}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 274 = 137$  cm

$$e_z = |e_{z,d} + u_z| = |(-0,46) + 0| = 0,46 \text{ cm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{300,0} = \frac{274}{300,0} = 0,91 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0,46}{0,91} = 50,7 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_e) = \max(50,7) = 50,7 \% \quad \text{erfüllt}$$

## Teil-Resultate

## 8. Querschnittswiderstand für Normalkraft:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost]**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 274 = 0$  cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{45 \cdot 24}{1} = 1063 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Projekt:  
Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.  
Modell: Sek Balken.axs  
Bemessung sekundärer Balken

10.09.2024

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|0|}{1063} = 0 \% \quad (6.9) \quad \text{erfüllt}$$

### 9. Querschnittswiderstand für Biegung (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{325 \cdot 24}{1} = 7634 \text{ kNcm} = 76,3 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-5049)|}{7634} = 66,1 \% \quad (6.12) \quad \text{erfüllt}$$

### 10. Querschnittswiderstand für Biegung (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost]

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 274 = 0 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{156 \cdot 24}{1} = 3678 \text{ kNcm} = 36,8 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|0|}{3678} = 0 \% \quad (6.12) \quad \text{erfüllt}$$

### 11. Querschnittswiderstand für Querkraft (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 274 = 274 \text{ cm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 14 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{14 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 196 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,Rd,z}} = \frac{|66|}{196} = 33,8 \% \quad (6.17) \quad \text{erfüllt}$$

### 12. Biegung-Querkraft Interaktion

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed} = 17 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 98 \text{ kN} \rightarrow \text{Der Einfluss der Querkraft auf den Biege- und Widerstand ist vernachlässigbar.} \quad 6.2.8 (2)$$

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 232 \text{ kN} \rightarrow \text{Der Einfluss der Querkraft auf den Biege- und Widerstand ist vernachlässigbar.} \quad 6.2.8 (2)$$

### 13. Biegung-Normalkraft Interaktion

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost] {1,5\*Gabelstapler}

**Projekt:**

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Sek Balken.axs

Bemessung sekundärer Balken

10.09.2024

 Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

 Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124$  cm

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{0}{1063} = 0 = 0,00\% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed}| = 0 \text{ kN} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{15 \cdot 0,6 \cdot 24}{2 \cdot 1} = 107 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed}| = 0 \text{ kN} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15 \cdot 0,6 \cdot 24}{1} = 214 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 7634 \text{ kNcm} = 76,3 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 3678 \text{ kNcm} = 36,8 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{(-5049)}{7634} = 66,1 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{0}{3678} = 0 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n; 1) = \max(5 \cdot 0; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{(-5049)}{7634} \right)^2 + \left( \frac{0}{3678} \right)^1 = 43,7 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(66,1; 0; 43,7; 0) = 66,1 \% \quad \text{erfüllt}$$

**14. Knickwiderstand:**

EN 1993-1-1: 6.3.1

Ausgeschaltet

**15. Biegedrillknickwiderstand:**

EN 1993-1-1: 6.3.2

 Grenzwertkombination für N-M-Biegedrillknicken Interaktion ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost]**
**{1,5\*Gabelstapler}**

 Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

 Massgebender Schnitt:  $x = 0,453 \cdot L = 0,453 \cdot 274 = 124$  cm

 $M_{cr}$  Berechnungsmethode: AutoMcr

$$M_{cr} = 1,3859 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 138,6 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{325 \cdot 24}{1,3859 \cdot 10^4}} = 0,74$$

 Knickkurve:  $b$  [Tabelle 6.5](#)
 $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$  [Tabelle 6.3](#)

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,74 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,74^2}{2} = 0,76$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left( \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,75 \cdot 0,74^2}}; 1; \frac{1}{0,74^2} \right) = 0,85 \quad (6.57)$$

Projekt:  
 Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.  
 Modell: Sek Balken.axs  
 Bemessung sekundärer Balken

10.09.2024

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,85 \cdot 325 \cdot 24}{1,1} = 5886 \text{ kNcm} = 58,9 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-5049)|}{5886} = 85,8 \% \quad (6.54) \quad \text{erfüllt}$$

#### Seitliche Auflager

| Index | Pos.<br>[m] | Rel. Pos.<br>[-] | Exz.<br>[mm] | $R_y$<br>[kN/m]   | $R_{xx}$<br>[kNm/rad] | $R_{zz}$<br>[kNm/rad] | $R_w$<br>[kNm <sup>2</sup> /(1/m)] | Typ                 |
|-------|-------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|
| 1.    | 0           | 0                | 0            | $1 \cdot 10^{10}$ | 0                     | 0                     | $1 \cdot 10^{30}$                  | Auflager vom Modell |
| 2.    | 2,740       | 1,000            | 0            | $1 \cdot 10^{10}$ | $1 \cdot 10^{10}$     | 0                     | $1 \cdot 10^{30}$                  | Auflager vom Modell |

Projekt:

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Haupttrahmen.axs

Bemessung Hauptbalken

10.09.2024

## STAHLSTABNACHWEIS

Bemessungsbauteil: **218**

Knoten: **333-334**

Norm: **Eurocode-D**

DIN EN 1993-1-1:2010-12 (mit AC:2009), DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12

Material: **S 235**

Querschnitt: **HEA 240**

Lastfall: **Linear,(Auto) Maßgebende**

Koeffizient für seismische Kräfte: **1,0**

### 1. Normalkraft-Biegung-Schub-Torsion (Festigkeitsinteraktion):

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$

$N_{Ed} = -0,28 \text{ kN}$   $V_{y,Ed} = -1,3 \text{ kN}$   $V_{z,Ed} = 0,23 \text{ kN}$   $M_{y,Ed} = -680 \text{ kNcm} = -6,8 \text{ kNm}$   $M_{z,Ed} = 21 \text{ kNcm} = 0,2 \text{ kNm}$

$M_{x,Ed} = 15 \text{ kNcm} = 0,1 \text{ kNm}$

$\eta_{NMVpl} = \max(\eta_N; \eta_{M_{ypl}}; \eta_{M_{zpl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(0; 3,9; 0,3; 0,1; 0,2) = 3,9 \%$  **erfüllt**

### 2. Normalkraft-Biegung-Knicken

EN 1993-1-1: 6.3.3, Anhang B: Methode 2

Ausgeschaltet

### 3. Normalkraft-Biegung-Biegedrillknicken

EN 1993-1-1: 6.3.3, Anhang B: Methode 2

Grenzwertkombination ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$

$C_{my} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{my} \cdot (1 + 2 \cdot \psi_{my}), 0,9 - 0,1 \cdot \alpha_{my} \cdot (1 + 2 \cdot \psi_{my})) =$

$= \max(0,95 + 0,05 \cdot (-0,044) \cdot (1 + 2 \cdot (-0,333)), 0,9 - 0,1 \cdot (-0,044) \cdot (1 + 2 \cdot (-0,333))) = 0,949 \geq 0,4$  **Tabelle B.3**

$C_{mz} = \max(0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{mz}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \cdot 0,156, 0,4) = 0,4 \geq 0,4$  **Tabelle B.3**

$C_{mLT} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{mLT} \cdot (1 + 2 \cdot \psi_{mLT}), 0,9 - 0,1 \cdot \alpha_{mLT} \cdot (1 + 2 \cdot \psi_{mLT})) =$

$= \max(0,95 + 0,05 \cdot (-0,044) \cdot (1 + 2 \cdot (-0,333)), 0,9 - 0,1 \cdot (-0,044) \cdot (1 + 2 \cdot (-0,333))) = 0,949 \geq 0,4$  **Tabelle B.3**

$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2; 0,8) = \min(0 - 0,2; 0,8) = 0$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{|N_{Ed}|}{\frac{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,949 \cdot \left( 1 + 0 \cdot \frac{|(-0,28)|}{\frac{1 \cdot 1806}{1,1}} \right) = 0,949$$

$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,949 = 0,57$  **Tabelle Anhang B.1, B.2**

$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,4 = 0,24$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + f_{zz} \cdot \frac{|N_{Ed}|}{\frac{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,4 \cdot \left( 1 + 0 \cdot \frac{|(-0,28)|}{\frac{1 \cdot 1806}{1,1}} \right) = 0,4$$
 **Tabelle Anhang B.1, B.2**

**Projekt:**

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Hauptrahmen.axs

Bemessung Hauptbalken

10.09.2024

$$\chi_y = 1 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = 1 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 ; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = 1,00 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_1} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} + k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z} \cdot f_y} = \frac{|(-0,28)|}{1,1} + 0,949 \cdot \frac{|(-680)|}{1,00 \cdot 745 \cdot 24} + 0,24 \cdot \frac{|21|}{352 \cdot 24} = 4,1 \%$$

(6.61)

$$\eta_{NMLTBuckl_2} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} + k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z} \cdot f_y} = \frac{|(-0,28)|}{1,1} + 0,57 \cdot \frac{|(-680)|}{1,00 \cdot 745 \cdot 24} + 0,4 \cdot \frac{|21|}{352 \cdot 24} = 2,6 \%$$

(6.62)

$$\eta_{NMLTBuckl} = 4,1 \% \quad \text{erfüllt}$$

**4. Schub(y)-Torsion (Festigkeitsnachweis):**

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 170 = 0 \text{ cm}$ 

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 58 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{58 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 782 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed} = 15 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{0,42}{1,25 \cdot \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 782 = 772 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_y = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-1,3)|}{772} = 0,2 \% \quad (6.17) \quad \text{erfüllt}$$

**5. Querkraft- und Beulwiderstand:**

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Anhang A: A.3

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 170 = 170 \text{ cm}$ 

$$a_{max} = 1,7$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ Anmerkung 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 23 - 2 \cdot 1,2 = 21 \text{ cm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 342 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

Projekt:  
Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.  
Modell: Hauptrahmen.axs  
Bemessung Hauptbalken

10.09.2024

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|13|}{342} = 3,7 \% \quad (5.10) \quad \text{erfüllt}$$

## 6. Schub-Biegung-Normalkraft

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 24 \cdot 1,2 \cdot 24 \cdot (23 - 1,2) = 1,4754 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 147,5 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-680)|}{1,7499 \cdot 10^4} = 3,9 \% \quad (7.1) \quad \text{erfüllt}$$

## 7. SLS Lastkombination (Gebrauchstauglichkeit)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Grenzwertkombination SLS Charakteristische : [Eigenlast+Gitterrost+Sekundäre Balken] {Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 170 = 0 \text{ cm}$

$$e_z = |e_{z,sl} - e_{j,z}| + u_z = |(-1,1) - (-0,13)| + 0 = 0,93 \text{ cm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{150,0} = \frac{170}{150,0} = 1,1 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0,93}{1,1} = 82,3 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(82,3) = 82,3 \% \quad \text{erfüllt}$$

## Teil-Resultate

### 8. Querschnittswiderstand für Normalkraft:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 170 = 0 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{77 \cdot 24}{1} = 1806 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-0,28)|}{1806} = 0 \% \quad (6.9) \quad \text{erfüllt}$$

### 9. Querschnittswiderstand für Biegung (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{745 \cdot 24}{1} = 1,7499 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 175,0 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-680)|}{1,7499 \cdot 10^4} = 3,9 \% \quad (6.12) \quad \text{erfüllt}$$

## 10. Querschnittswiderstand für Biegung (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 170 = 170 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{352 \cdot 24}{1} = 8265 \text{ kNcm} = 82,6 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|135|}{8265} = 1,6 \% \quad (6.12) \quad \text{erfüllt}$$

## 11. Schub(z)-Torsion (Festigkeitsnachweis):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Grenzwertkombination ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 170 = 170 \text{ cm}$

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 25 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{25 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 1} = 342 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed} = 15 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{1,25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{0,26}{1,25 \cdot \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 342 = 339 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|13|}{339} = 3,7 \% \quad (6.17) \quad \text{erfüllt}$$

## 12. Biegung-Querkraft Interaktion

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}

Querschnittsklasse: 1 (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$

$$V_{z,Ed} = 0,23 \text{ kN} \leq V_{pl,T,Rd,z}/2 = 169 \text{ kN} \rightarrow \text{Der Einfluss der Querkraft auf den Biege- und Torsionswiderstand ist vernachlässigbar.} \quad (2) \quad 6.2.8$$

$$V_{y,Ed} = -1,3 \text{ kN} \leq V_{pl,T,Rd,y}/2 = 386 \text{ kN} \rightarrow \text{Der Einfluss der Querkraft auf den Biege- und Torsionswiderstand ist vernachlässigbar.} \quad (2) \quad 6.2.8$$

## 13. Biegung-Normalkraft Interaktion

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion ULS : [1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}



**Projekt:**

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Haupttrahmen.axs

Bemessung Hauptbalken

10.09.2024

 Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

 Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$ 

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{0,28}{1806} = 0 = 0,02\% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed}| = 0,28 \text{ kN} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{21 \cdot 0,75 \cdot 24}{2 \cdot 1} = 182 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed}| = 0,28 \text{ kN} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{21 \cdot 0,75 \cdot 24}{1} = 363 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 1,7499 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 175,0 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 8265 \text{ kNcm} = 82,6 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{(-680)}{1,7499 \cdot 10^4} = 3,9 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{21}{8265} = 0,3 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n; 1) = \max(5 \cdot 0; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{(-680)}{1,7499 \cdot 10^4} \right)^2 + \left( \frac{21}{8265} \right)^1 = 0,4 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(3,9; 0,3; 0,4; 0) = 3,9 \% \quad \text{erfüllt}$$

**14. Knickwiderstand:**

EN 1993-1-1: 6.3.1

Ausgeschaltet

**15. Biegedrillknickwiderstand:**

EN 1993-1-1: 6.3.2

 Grenzwertkombination für N-M-Biegedrillknicken Interaktion ULS : **[1,35\*Eigenlast+1,35\*Gitterrost+1,35\*Sekundäre Balken] {1,5\*Nutzlast}**

 Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

 Massgebender Schnitt:  $x = 0,500 \cdot L = 0,500 \cdot 170 = 85 \text{ cm}$ 
 $M_{cr}$  Berechnungsmethode: AutoMcr

$$M_{cr} = 2,6591 \cdot 10^5 \text{ kNcm} = 2659,1 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{745 \cdot 24}{2,6591 \cdot 10^5}} = 0,26$$

 Knickkurve:  $b$  [Tabelle 6.5](#)
 $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$  [Tabelle 6.3](#)

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (0,26 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,26^2}{2} = 0,50$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1; \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right) = \min \left( \frac{1}{0,50 + \sqrt{0,50^2 - 0,75 \cdot 0,26^2}}; 1; \frac{1}{0,26^2} \right) = 1,00 \quad (6.57)$$

**Projekt:**

Bearbeiter: ILF Consulting Engineers Polska Sp.z o.o.

Modell: Hauptrahmen.axs

Bemessung Hauptbalken

10.09.2024

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 \cdot 745 \cdot 24}{1,1} = 1,5908 \cdot 10^4 \text{ kNcm} = 159,1 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-680)|}{1,5908 \cdot 10^4} = 4,3 \% \quad (6.54) \quad \text{erfüllt}$$

**Seitliche Auflager**

| Index | Pos.<br>[m] | Rel. Pos.<br>[-] | Exz.<br>[mm] | $R_y$<br>[kN/m]   | $R_{xx}$<br>[kNm/rad] | $R_{zz}$<br>[kNm/rad] | $R_w$<br>[kNm <sup>2</sup> /(1/m)] | Typ  |
|-------|-------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|--|
| 1.    | 0           | 0                | 0            | $6,14 \cdot 10^5$ | $1,24 \cdot 10^4$     | 0                     | 0                                  | Angeschlossenes Element<br>(HEA 240: a=2,63 m; (339-334);<br>EI/a=6206 kNm; EA/a=614265 kN/m;<br>$\alpha=90^\circ$ ; $\beta=0^\circ$ ) |
| 2.    | 1,700       | 1,000            | 0            | $7,69 \cdot 10^5$ | $1,55 \cdot 10^4$     | 0                     | 0                                  | Angeschlossenes Element<br>(HEA 240: a=2,10 m; (333-278);<br>EI/a=7770 kNm; EA/a=769040 kN/m;<br>$\alpha=90^\circ$ ; $\beta=0^\circ$ ) |
| 3.    | 1,700       | 1,000            | 0            | $9,6 \cdot 10^5$  | $1,94 \cdot 10^4$     | 0                     | 0                                  | Angeschlossenes Element<br>(HEA 240: a=1,68 m; (284-333);<br>EI/a=9704 kNm; EA/a=960478 kN/m;<br>$\alpha=90^\circ$ ; $\beta=0^\circ$ ) |

---

**Die statische Berechnung ist abgeschlossen.**

Hambühren, 29.01.2025



A handwritten signature in blue ink is written over a circular blue stamp. The stamp contains the text "Dipl.-Ing. TORSTEN SANDER" and "INGENIEURKAMMER TWPL.-Nr. 15893 NIEDERSACHSEN". The outer ring of the stamp also contains the text "TRAGWERKSPLANER".

---

Unterschrift Aufsteller

