
Statische Berechnung für eine Typenstatik

Bauvorhaben: Typenstatik für 2 Carport-Typen

Auftrags-Nr.: 40/20

Tragwerksplanung: H&A Ingenieure UG
Ingenieurbüro für Statik und Bauphysik
Schönebeckerstr 145 A
42283 Wuppertal

Umfang : --

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Inhaltsverzeichnis..... | 2-2 |
| 1 Vorwort:..... | 3 |
| 1.1 Zugrundeliegenden Normen:..... | 7 |
| 1.2 Baustoffe:..... | 7 |
| 1.3 Baugrund:..... | 7 |
| 1.4 Software:..... | 7 |
| 2 Lastannahmen:..... | 8 |
| 3 Statisches System:..... | 18 |
| 3.1 Materialkennwerte:..... | 23 |
| 3.2 Querschnittwerte:..... | 23 |
| Alle Carports setzen sich aus 4 Hauptprofile zusammen. Es handelt sich um kaltgezogene Aluminiumprofile. Die Wandstärke beträgt 4 mm. | 23 |
| 4 Berechnung..... | 29 |
| 4.1 Modell M 1..... | 29 |
| 4.1.1 Lastfälle..... | 29 |
| 4.1.2 Schnittgrößen..... | 52 |
| 4.1.3 Verformung..... | 53 |
| 4.2 Bemessung..... | 60 |
| 4.2.1 Bemessungsschnittgrößen..... | 60 |
| 4.2.2 Spannungsnachweise..... | 73 |
| 4.2.3 Detailnachweise..... | 77 |
| LF1 + LF 2..... | 89 |
| 4.3 Modell M2:..... | 108 |

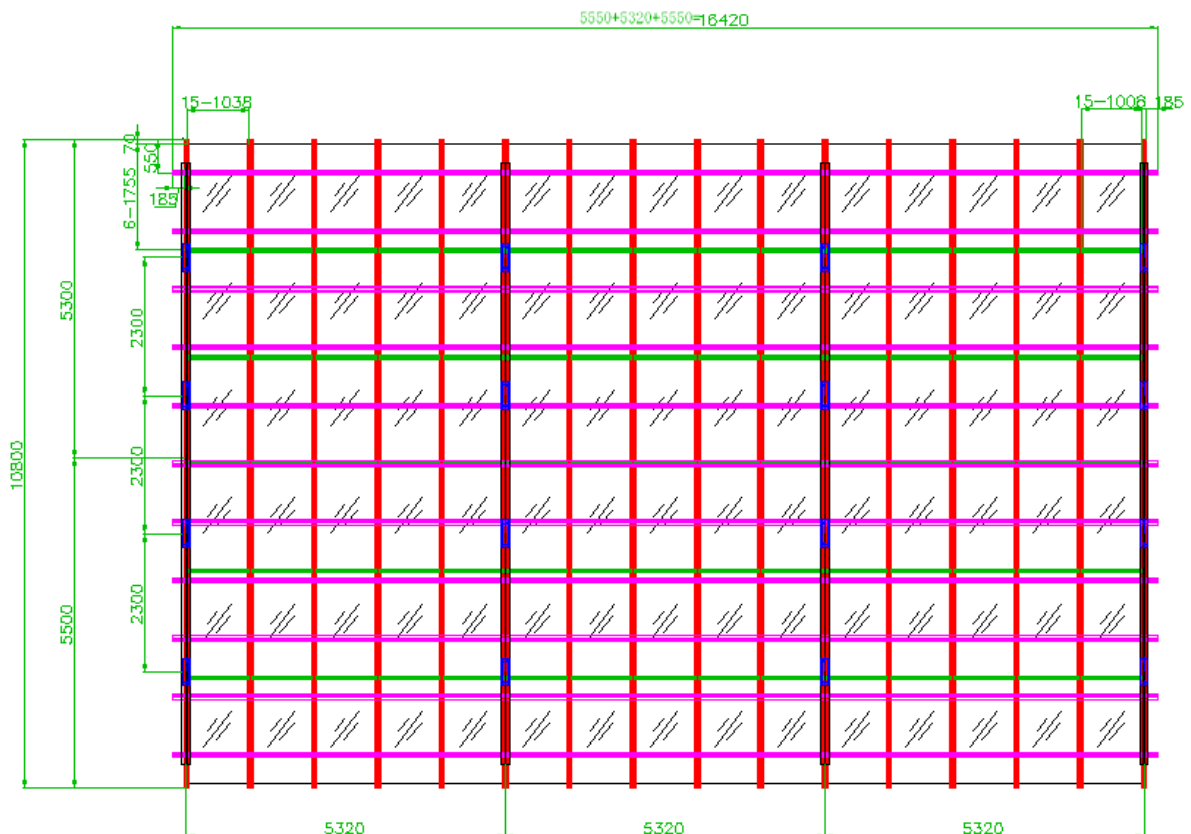
1 Vorwort:

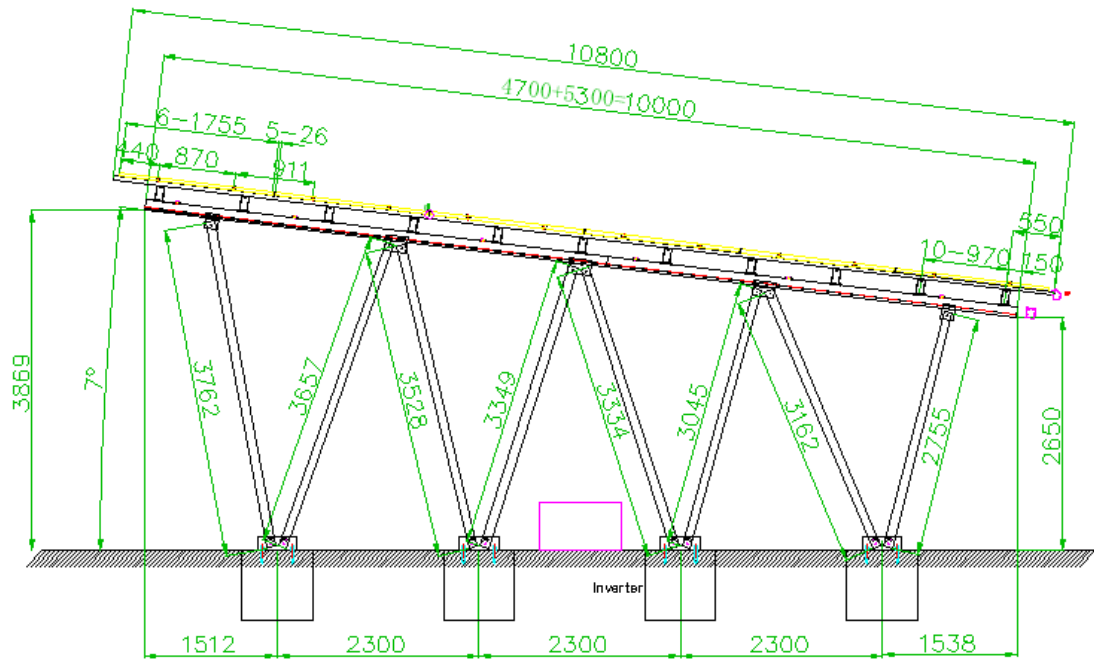
Es soll für zwei verschiedene Carport – Varianten eine Typenstatik aufgestellt werden, um die Standsicherheit des Modelles an verschiedenen Standorten in Deutschland abzubilden

Carport Modell M1

Das Carport Modell 1 besteht aus einer tragenden Konstruktion aus Aluminium auf in Stahlbeton eingespannten Kragstützen. Das Carport-Modell 1 steht auf 32 eingespannten Kragstützen.

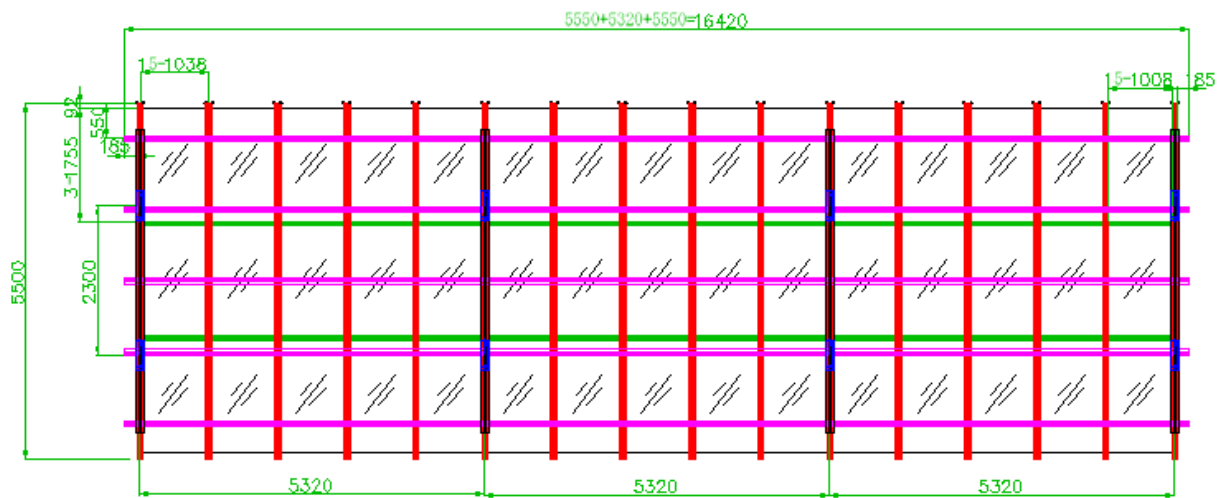
Der Dachaufbau besteht aus PV-Solar-Elementen, die auf einer Tragstabkonstruktion mit Abstand von 1,038 m montiert sind. Die Dachneigung beträgt 7°.

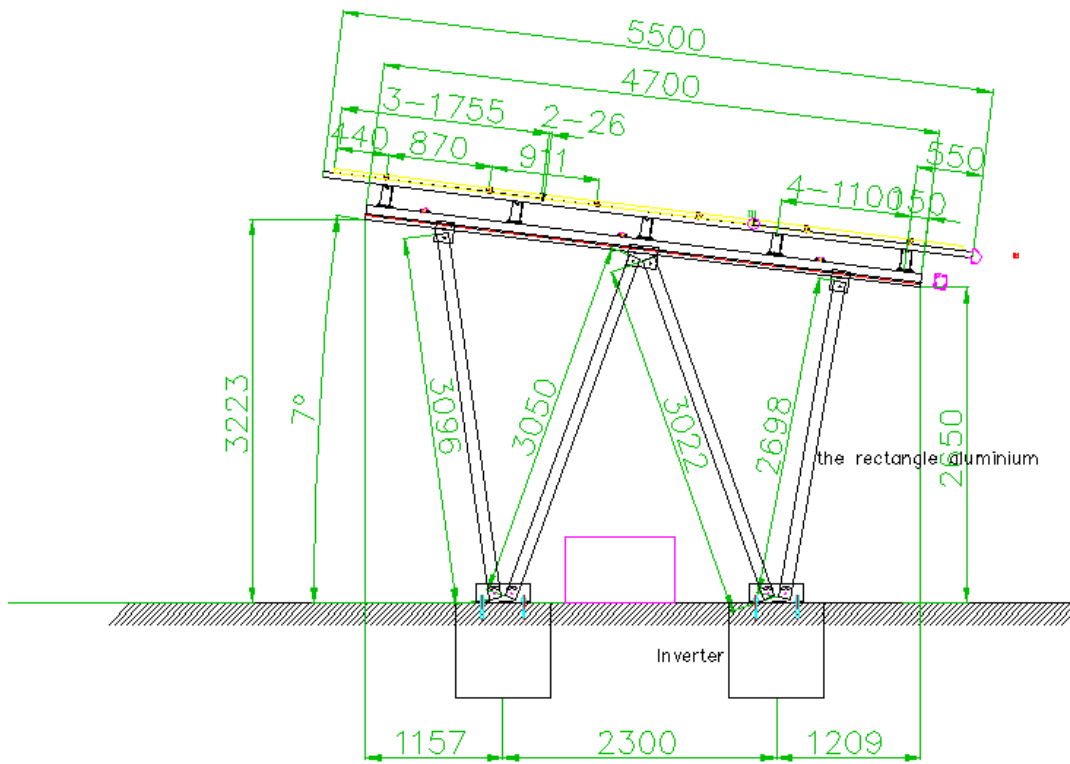




Carport Modell M II

Das Carport Modell 1 besteht aus einer tragenden Konstruktion aus Aluminium auf in Stahlbeton eingespannten Kragstützen. Das Carport-Modell 1 steht auf 16 eingespannten Kragstützen. Der Dachaufbau besteht aus PV-Solar-Elementen, die auf einer Tragstabkonstruktion mit Abstand von 1,038 m montiert sind. Die Dachneigung beträgt 7°.





1.1 Zugrundeliegenden Normen:

| | |
|-----------------|--|
| DIN EN 1990 | Grundlagen der Tragwerksplanung |
| DIN EN 1991-1-1 | Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke |
| DIN EN 1991-1-7 | Anpralllasten |
| DIN EN 1991-1-3 | Schneelasten |
| DIN EN 1991-1-4 | Windlasten |
| DIN EN 1999-1-1 | Aluminiumbau – Allgemeine Bemessungsregeln |
| DIN EN 1999-1-4 | Aluminiumbau – Kaltgeformte Profile |

1.2 Baustoffe:

Baustahl S 235

1.3 Baugrund:

Es werden Einzelfundamente eingesetzt. Alle Fundamente sind auf gewachsenem Boden, mindestens 80 cm frostfrei unter Geländeroberkante zu gründen.

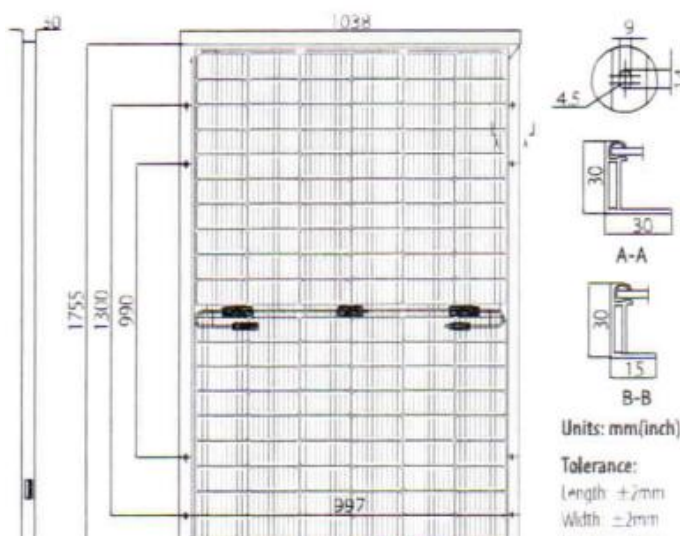
1.4 Software:

Als Software dient das FEM-Programm InfoGraph v. 19-20 -64

2 Lastannahmen:

Ständige Lasten

Eigengewicht Aluminium
 26,9 kN/m³ wird programmintern berücksichtigt
 Ausbaulasten
 Solarpaneele:
 0,127 kN/ m²



Cell Orientation: 120 (6×20)
 Junction Box: IP68, three diodes
 Output Cable: 4mm², 300mm in length,
 length can be customized
 Glass: Dual glass
 2.0mm coated tempered glass
 Frame: Anodized aluminum alloy frame
 Weight: 23.3kg
 Dimension: 1755×1038×30mm
 Packaging: 35pcs per pallet

Schneelasten

Lastfall Schneelast Normal:

$$s_k = 1,52 \text{ kN/m}^2$$

Dachform: Pultdach (Dachneigung: 7.00 °)

$$\mu_1 = 0.80 \text{ (gemäß EC 1-1-3 / Tab. 5.2)}$$

$$q = \mu_1 s_k = 1.21 \text{ kN/m}^2$$

(konstant auf der gesamten Dachfläche)

Die Bemessung der gesamten Carportanlagen ist für die folgenden Schenlastzonen gültig:

Schneelastzone 1 bis zu einer Höhe $H \leq 780 \text{ m ü.NN}$

Schneelastzone 1a bis zu einer Höhe $H \leq 668 \text{ m ü.NN}$

Schneelastzone 2 bis zu einer Höhe $H \leq 480 \text{ m ü.NN}$

Schneelastzone 2a bis zu einer Höhe $H \leq 400 \text{ m ü.NN}$

Schneelastzone 3 bis zu einer Höhe $H \leq 350 \text{ m ü.NN}$

Schneelastzone 30 bis zu einer Höhe $H \leq 280$ m ü.NN

Ferne ist die Scheelast für das norddeutsches Tiefland anzusetzen.

Windlasten für M1

1. Basisdaten

ZUGRUNDELIEGENDE NORM: Eurocode: Wind: DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland"
hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt)
nachfolgend EC1-1-4 genannt

WINDZONE: 2 $\Rightarrow v_{b,0} = 25.00$ m/s

2. Windlasten

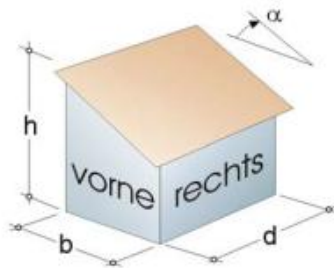
Lage: Geländekategorie IV Topographie: Regelfall

2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

$$q(z) = 1.3 q_{ref} \quad \text{für} \quad z < 16 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad q(h) = q(3.90) = 0.51 \text{ kN/m}^2$$

$$q(z) = 1.1 q_{ref} \left(\frac{z}{10} \right)^{0.40} \quad \text{für} \quad 16 \text{ m} < z < 300 \text{ m}$$

2.2 Eingangsdaten



Gebäudemodell:

Typ: Pultdach

h = 3.90 m

b = 9.70 m

d = 15.96 m

$\alpha = 7.00^\circ$

| Dachüberstände | vorne | rechts | hinten | links |
|----------------|-------|--------|--------|-------|
| in m | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

2.3 Wind von vorne

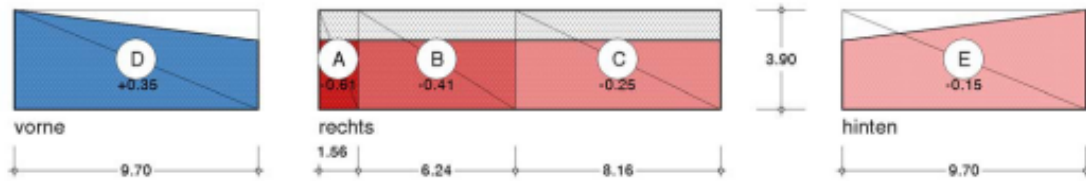
Kennwerte: $e = \min(b, 2h) = 7.80 \text{ m}$ Typ: $e < d$ $h/d = 0.24$

2.3.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1

Ordinate = $c_{pe,10} \cdot q(h)$, (+) = Druck

| Bereich | A | B | C | D | E | Bemerkung |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| $c_{pe,10}$ | -1.20 | -0.80 | -0.50 | +0.70 | -0.30 | interpoliert |
| Ordinaten | -0.61 | -0.41 | -0.25 | +0.35 | -0.15 | kN/m ² |



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

2.3.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von vorne) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

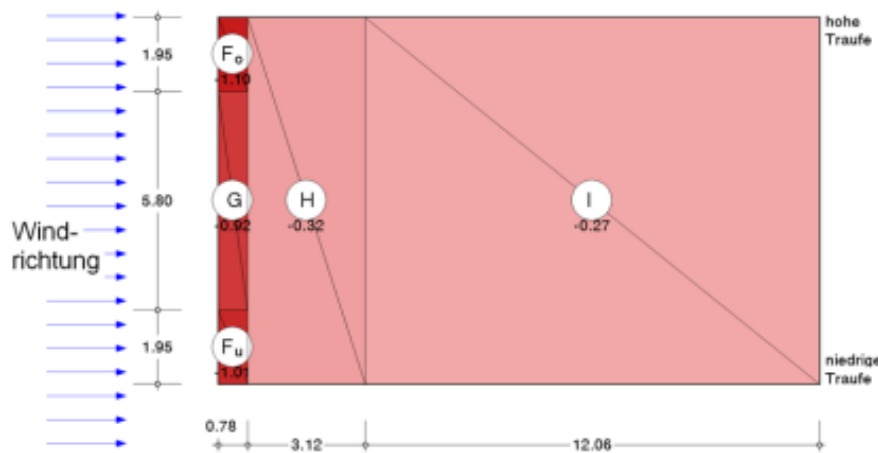
logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$, (+) = Druck

| Bereich | A | B | C | D | E | Bemerkung |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$ | | | | | | |
| c_{pe,A_i} | -1.40 | -1.10 | -0.50 | +1.00 | -0.50 | interpoliert |
| Ordinaten | -0.71 | -0.56 | -0.25 | +0.51 | -0.25 | kN/m^2 |

2.3.3 Belastung der Dachfläche (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Pultdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.3b ($\theta=90^\circ$)
Ordinate = $c_{pe,10} \cdot q(h)$, (+) = Druck

| Bereich | F _o | F _u | G | H | I | Bemerkung |
|-------------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|
| $c_{pe,10}$ | -2.16 | -2.00 | -1.82 | -0.64 | -0.54 | interpoliert |
| Ordinaten | -1.10 | -1.01 | -0.92 | -0.32 | -0.27 | kN/m^2 |



2.3.4 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von vorne) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$. Hier werden nur die Soglasten(-) ausgewiesen. Enthält die vorangegangene Tabelle zusätzlich Drucklasten(+), so gelten diese auch für die Anschlussberechnungen und Detailnachweise.

| Bereich | F _o | F _u | G | H | I | Bemerkung |
|--|----------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|
| Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$ | | | | | | |
| c_{pe,A_i} | -2.66 | -2.40 | -2.10 | -1.20 | -0.64 | interpoliert |
| Ordinaten | -1.35 | -1.22 | -1.06 | -0.61 | -0.32 | kN/m^2 |

2.4 Wind von rechts

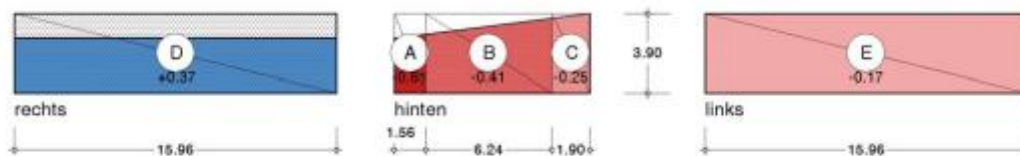
Kennwerte: $e = \min(d, 2h) = 7.80 \text{ m}$ Typ: $e < b$ $h/b = 0.40$

2.4.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von rechts)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1

Ordinate = $c_{pe,10} \cdot q$, (+) = Druck

| Bereich | A | B | C | D | E | Bemerkung |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| $c_{pe,10}$ | -1.20 | -0.80 | -0.50 | +0.72 | -0.34 | interpoliert |
| Ordinaten | -0.61 | -0.41 | -0.25 | +0.37 | -0.17 | kN/m ² |



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

2.4.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von rechts) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1

Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$, (+) = Druck

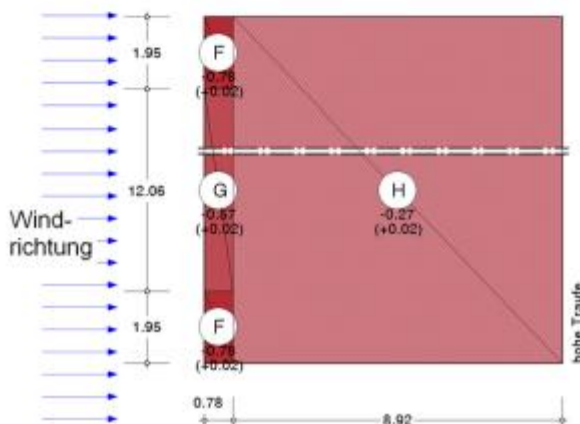
| Bereich | A | B | C | D | E | Bemerkung |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$ | | | | | | |
| c_{pe,A_i} | -1.40 | -1.10 | -0.50 | +1.00 | -0.50 | interpoliert |
| Ordinaten | -0.71 | -0.56 | -0.25 | +0.51 | -0.25 | kN/m ² |

2.4.3 Belastung der Dachfläche (Wind von rechts)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Pultdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.3a ($\alpha=0^\circ$)

Ordinate = $c_{pe,10} \cdot q(h)$, (+) = Druck

| Bereich | F | G | H | Bemerkung |
|-------------|-------|-------|-------|-------------------|
| $c_{pe,10}$ | -1.54 | -1.12 | -0.54 | interpoliert |
| alternativ | +0.04 | +0.04 | +0.04 | interpoliert |
| Ordinaten | -0.78 | -0.57 | -0.27 | kN/m ² |
| alternativ | +0.02 | +0.02 | +0.02 | kN/m ² |



2.4.4 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von rechts) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$. Hier werden nur die Soglasten(-) ausgewiesen. Enthält die vorangegangene Tabelle zusätzlich Drucklasten(+), so gelten diese auch für die Anschlussberechnungen und Detailnachweise.

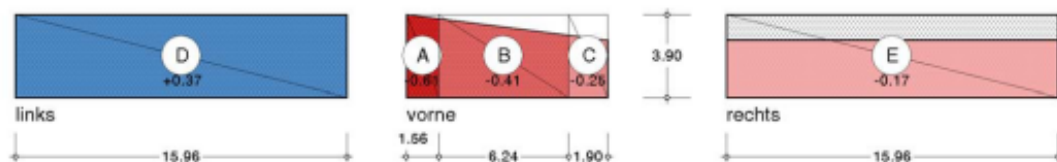
| Bereich | F | G | H | Bemerkung |
|--|-------|-------|-------|-----------------|
| Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$ | | | | |
| c_{pe,A_i} | -2.40 | -1.90 | -1.02 | interpoliert |
| Ordinaten | -1.22 | -0.96 | -0.52 | kN/m^2 |

2.5 Wind von links

Kennwerte: $e = \min(d, 2h) = 7.80 \text{ m}$ Typ: $e < b$ $h/b = 0.40$

2.5.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von links)

Ordinaten: siehe Tabelle unter "Wind von rechts"

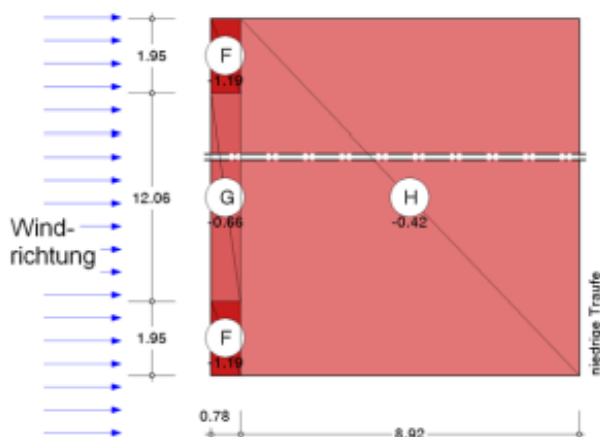


Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

2.5.2 Belastung der Dachfläche (Wind von links)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Pultdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.3a ($\theta=180^\circ$)
Ordinate = $c_{pe,10} \cdot q(h)$, (+) = Druck

| Bereich | F | G | H | Bemerkung |
|-------------|-------|-------|-------|-----------------|
| $c_{pe,10}$ | -2.34 | -1.30 | -0.82 | interpoliert |
| Ordinaten | -1.19 | -0.66 | -0.42 | kN/m^2 |

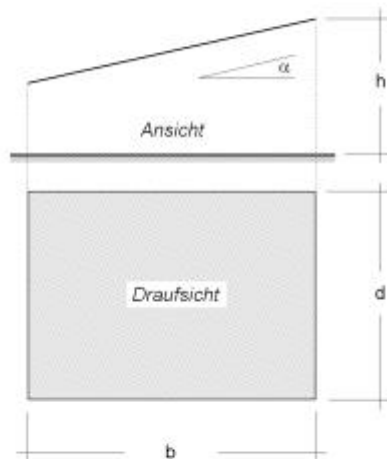


2.5.3 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von links) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbelastungen in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$. Hier werden nur die Soglasten(-) ausgewiesen. Enthält die vorangegangene Tabelle zusätzlich Drucklasten(+),
so gelten diese auch für die Anschlussberechnungen und Detailnachweise.

| Bereich | F | G | H | Bemerkung |
|--|-------|-------|-------|-----------------|
| Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$ | | | | |
| c_{pe,A_i} | -2.56 | -2.00 | -1.20 | interpoliert |
| Ordinaten | -1.30 | -1.01 | -0.61 | kN/m^2 |

2.6 freistehendes Dach



@2.6.1 System

Typ: Pultdach

$h = 3.90 \text{ m}$

$b = 15.96 \text{ m}$

$d = 9.70 \text{ m}$

$\alpha = 7.00^\circ$

Versperrung: $\varphi = 0.0000$

Oberfläche: glatt

\Rightarrow Reibungsbeiwert = 0.01

Die Ermittlung der Lasten erfolgt nach
EN 1991-1-4:2010-12 (Eurocode) Absätze
7.3 freistehende Dächer und
7.5 Reibungsbeiwerte

2.6.2 Resultierende Windkraft und zu untersuchende Lastanordnungen

| φ | F_o | F_u |
|-----------|--------|--------|
| alle | 0 | 0 |
| c_r | +0.44 | -0.78 |
| F | +34.79 | -61.68 |

$F = c_r \cdot q(h) \cdot A_{ref}$ mit $q(h) = 0.51 \text{ kN/m}$ und $A_{ref} = b \cdot d / \cos \alpha = 155.97 \text{ m}^2$

Außerdem ist in der Dachflächenebene eine resultierende Kraft aus Reibung
in ungünstiger Richtung anzusetzen: $F_{Reibung} = 0.01 \cdot 2 \cdot A_{ref} \cdot q(h) = 1.58 \text{ kN}$



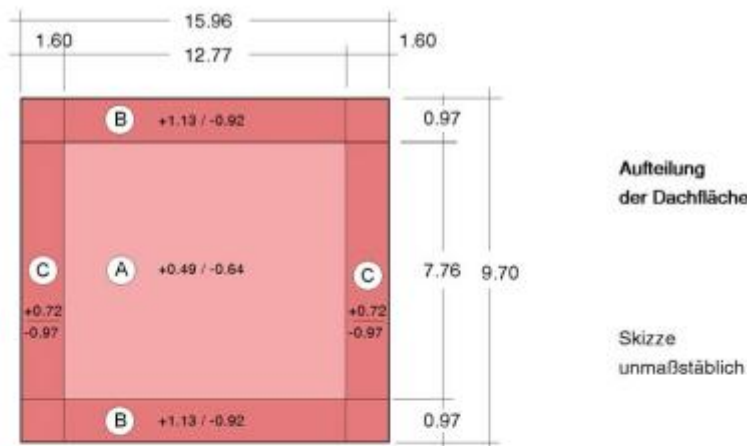
2.6.3 Druckverteilung zur Bemessung von Dachelementen und Verankerungen

| Bereiche | A | B | C |
|--------------|-------|-------|-------|
| $c_{pe,net}$ | +0.96 | +2.22 | +1.42 |
| $q(+)$ | +0.49 | +1.13 | +0.72 |
| $c_{pe,net}$ | -1.26 | -1.82 | -1.92 |
| $q(-)$ | -0.64 | -0.92 | -0.97 |

$q = c_{pe,net} \cdot q(h)$

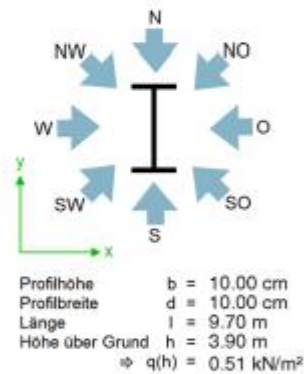
+ Werte bedeuten eine nach unten gerichtete resultierende Windlast

- Werte bedeuten eine nach oben gerichtete resultierende Windlast



2.8 Kantige Querschnitte

2.8.1 Profil 1

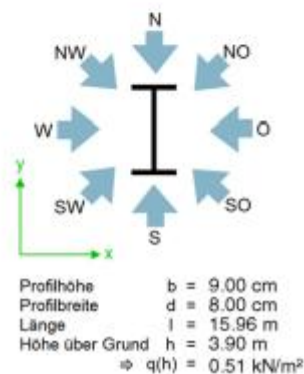


Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; q_x und q_y sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; ψ_s nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: $d/b \leq 0.50!$

| Wind-richtg. | ψ_s | A_{ref} m^2/m | $c_{fx,0}$ | q_x kN/m | $c_{fy,0}$ | q_y kN/m |
|--------------|----------|----------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| N | 0.91 | 0.100 | 0.00 | 0.00 | -1.60 | -0.07 |
| NO | 0.91 | 0.141 | -1.80 | -0.12 | -1.20 | -0.08 |
| O | 0.91 | 0.100 | -2.00 | -0.09 | 0.00 | 0.00 |
| SO | 0.91 | 0.141 | -1.80 | -0.12 | 1.20 | 0.08 |
| S | 0.91 | 0.100 | 0.00 | 0.00 | 1.60 | 0.07 |
| SW | 0.91 | 0.141 | 1.80 | 0.12 | 1.20 | 0.08 |
| W | 0.91 | 0.100 | 2.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| NW | 0.91 | 0.141 | 1.80 | 0.12 | -1.20 | -0.08 |

2.8.2 Profil 2

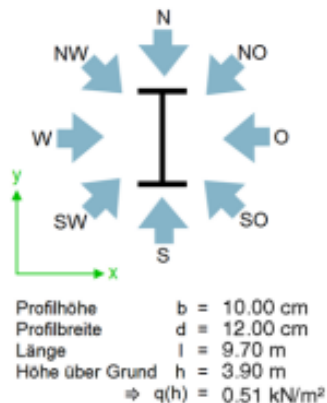


Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; q_x und q_y sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; ψ_s nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: $d/b \leq 0.50!$

| Wind-richtg. | ψ_s | A_{ref} m^2/m | $c_{fx,0}$ | q_x kN/m | $c_{fy,0}$ | q_y kN/m |
|--------------|----------|----------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| N | 0.91 | 0.080 | 0.00 | 0.00 | -1.60 | -0.06 |
| NO | 0.91 | 0.120 | -1.80 | -0.10 | -1.20 | -0.07 |
| O | 0.91 | 0.090 | -2.00 | -0.08 | 0.00 | 0.00 |
| SO | 0.91 | 0.120 | -1.80 | -0.10 | 1.20 | 0.07 |
| S | 0.91 | 0.080 | 0.00 | 0.00 | 1.60 | 0.06 |
| SW | 0.91 | 0.120 | 1.80 | 0.10 | 1.20 | 0.07 |
| W | 0.91 | 0.090 | 2.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| NW | 0.91 | 0.120 | 1.80 | 0.10 | -1.20 | -0.07 |

2.8.3 Profil 3



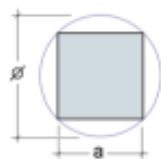
Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; q_x und q_y sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; ψ_s nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: $d/b = 0.50!$

| Windrichtung | ψ_s | A_{ref} m^2/m | $c_{fx,0}$ | q_x kN/m | $c_{fy,0}$ | q_y kN/m |
|--------------|----------|----------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| N | 0.91 | 0.120 | 0.00 | 0.00 | -1.60 | -0.09 |
| NO | 0.91 | 0.156 | -1.80 | -0.13 | -1.20 | -0.09 |
| O | 0.91 | 0.100 | -2.00 | -0.09 | 0.00 | 0.00 |
| SO | 0.91 | 0.156 | -1.80 | -0.13 | 1.20 | 0.09 |
| S | 0.91 | 0.120 | 0.00 | 0.00 | 1.60 | 0.09 |
| SW | 0.91 | 0.156 | 1.80 | 0.13 | 1.20 | 0.09 |
| W | 0.91 | 0.100 | 2.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| NW | 0.91 | 0.156 | 1.80 | 0.13 | -1.20 | -0.09 |

2.9 Regelmäßige polygonale Querschnitte

2.9.1 Profil 1



Quadrat
 $a = 10.00 \text{ cm}$
 $\varnothing = 14.14 \text{ cm}$
 $l = 3.90 \text{ m}$
 Höhe über Grund:
 $h = 3.90 \text{ m}$

$q(h) = 0.51 \text{ kN/m}^2$
 $\psi_s = 0.91$
 $A_{ref} = 0.10 \text{ m}^2/\text{m}$
 $\psi_r = 1.00$

Die Ermittlung erfolgt nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Abs. 7.6

$c_{f,0} = 2.15$
 $q = 0.10 \text{ kN/m}$

Ecken nicht abgerundet

3. Schneelasten

3.1 Grundbelastung

Dachform: Pultdach (Dachneigung: 7.00°)


$\mu_1 = 0.80$ (gemäß EC 1-1-3 / Tab. 5.2)

$q = \mu_1 s_k = 1.21 \text{ kN/m}^2$

(konstant auf der gesamten Dachfläche)

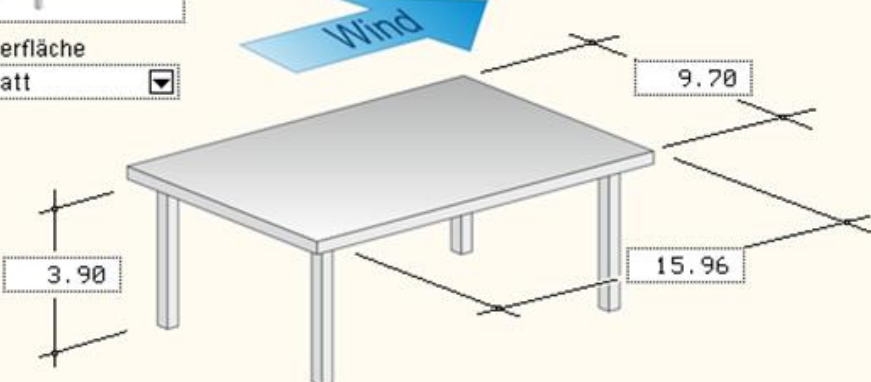
Reibung

Typ



Oberfläche

glatt



Die Berechnung erfolgt nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.5

$q(h) = q(3.90) = 0.51 \text{ kN/m}^2$

Reibungsbeiwert $c_{fr} = 0.01$

Bezugsfläche $A_{fr} = 309.62 \text{ m}^2$

Resultierende Windkraft aus Reibung (in Windrichtung): **H = 1.57 kN**

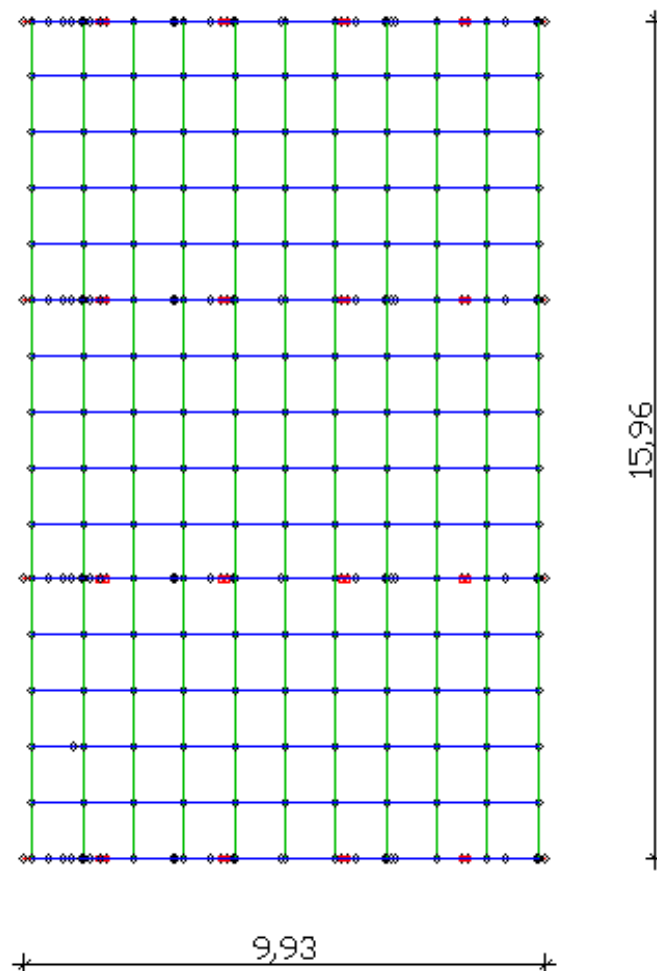
Die Last von $H = 1,57$ wird durch 4 geteilt.
 $q = 0,3925 \text{ kN}$ je 8 Stützen bzw wirkt auf eine Breite von 9,93 m
Windlasten für M2

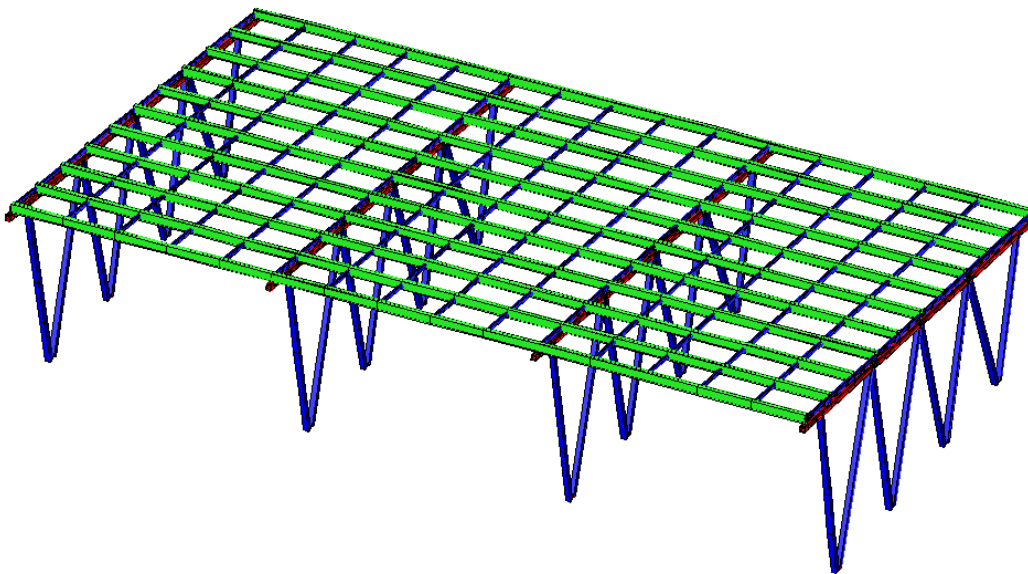
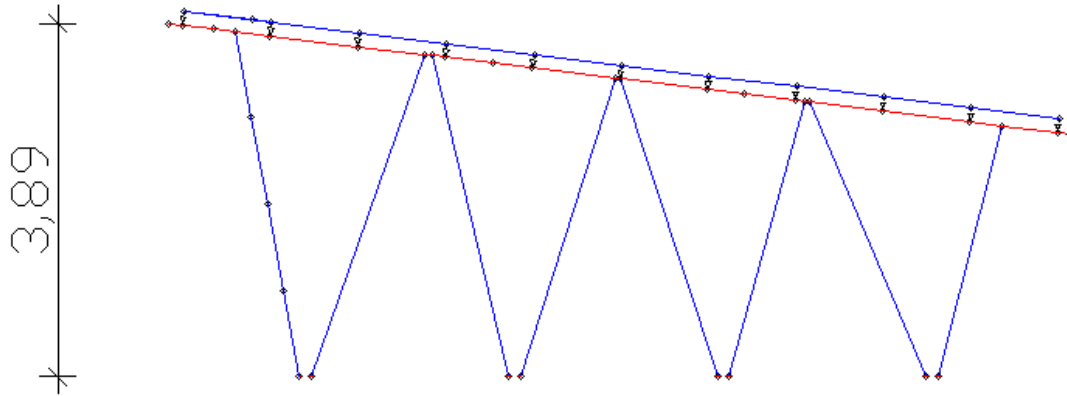
Die Wandlastenermittlung für M2 ist analog zu M1.

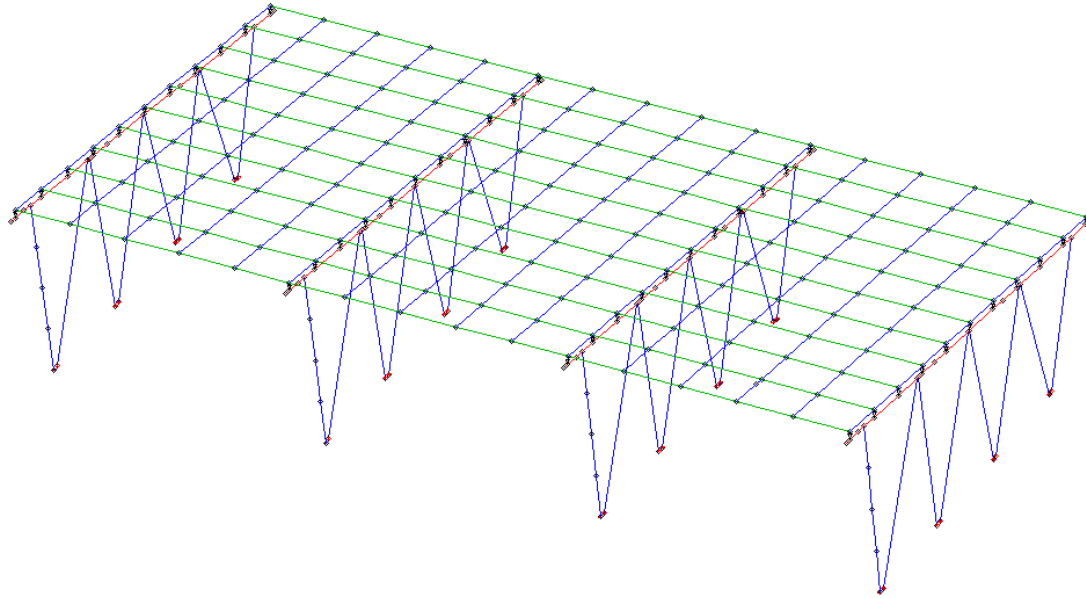
3 Statisches System:

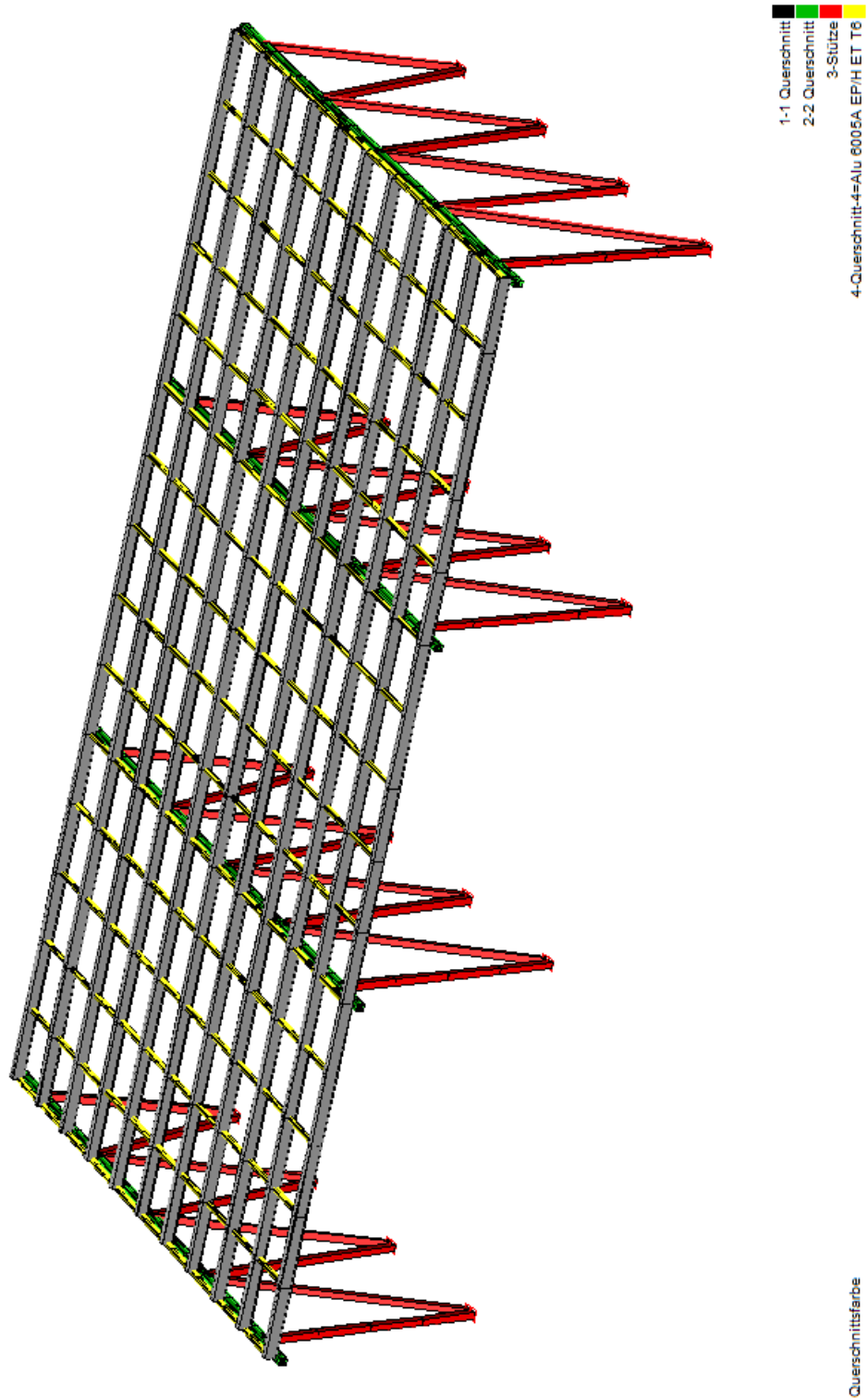
Die Berechnung erfolgt nach Theorie II. Ordnung. Die Solarpaneele werden als Ausbaulast angesetzt. Die Carportanlagen werden als räumliches FE-Modell abgebildet. Die Solaranlage wird über Stäbe (Querschnitt 4) getragen. Diese werden wiederum von den Stäben (Querschnitt 1) getragen. Die Stäbe (Querschnitt 1) spannen über 5,32 m und liegen auf einem Querbalken (Querschnitt 2) auf. Dieser leitet die Lasten an die Kragstützen (Querschnitt 3) weiter.

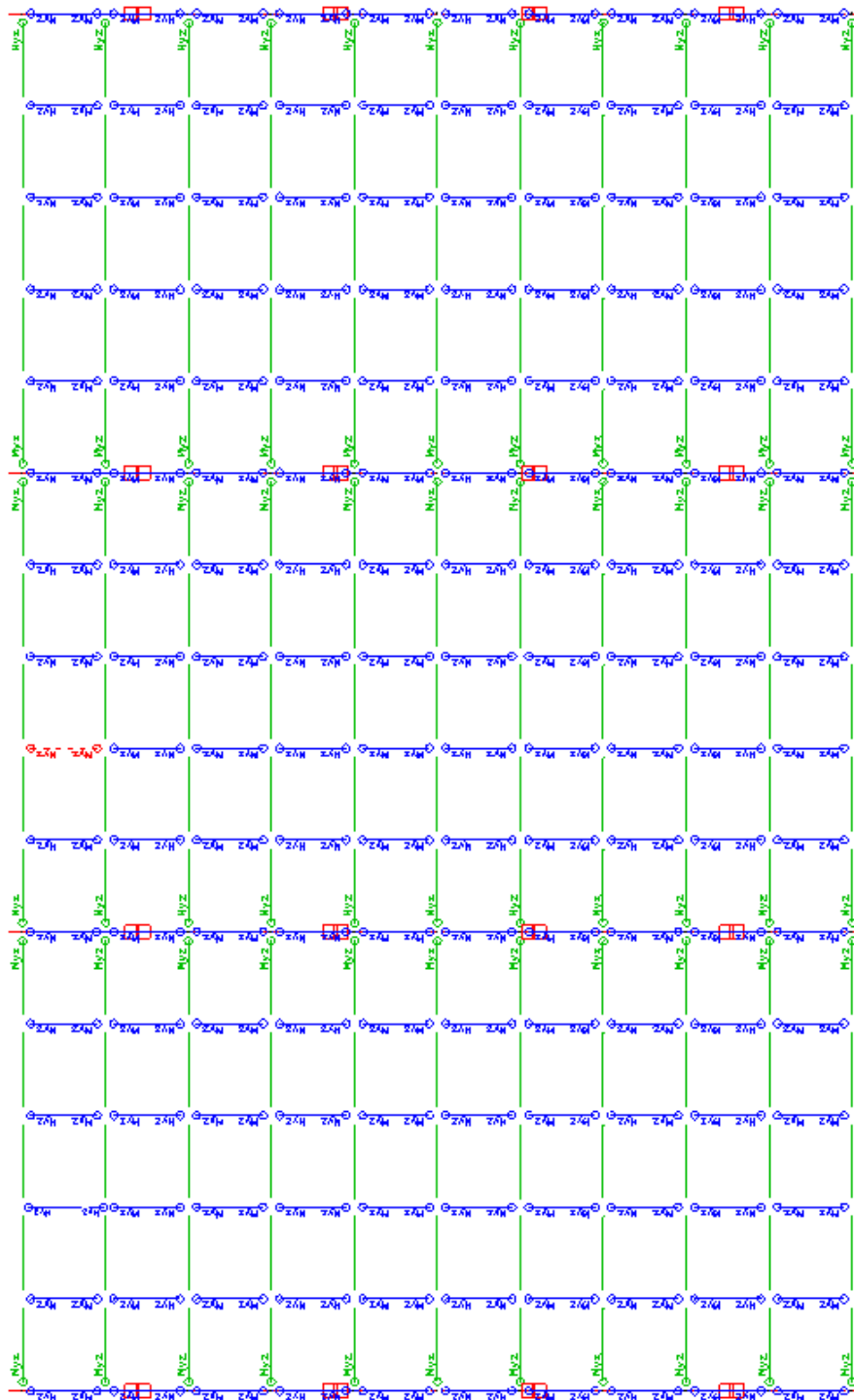
Die Stabilität der Carportanlagen wird über eingespannte Kragstützen in Einzelfundamenten erreicht. Der Nachweis der Einspannung wird separat im Kapitel, behandelt.











Schrumpfdarstellung; Gelenkinfo

3.1 Materialkennwerte:

Alle Profile bestehen aus Aluminiumlegierung

$$E = 70000 \text{ N/mm}^2$$

$$f_o = 215 \text{ N/mm}^2$$

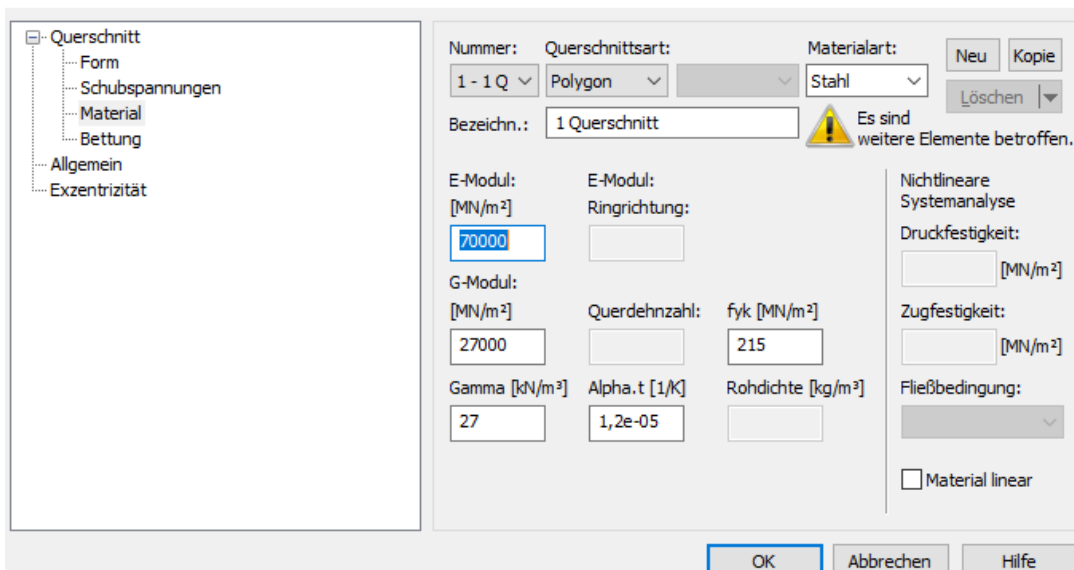
$$f_u = 255 \text{ N/mm}^2$$

Tabelle 3.2b (fortgesetzt)

| Legierung EN- AW | Produkt- form | Zustand | Dicke | $f_o^{1)}$ | $f_u^{1)}$ | $A^{5) 2)}$ | $f_{o,haz}^{4)}$ | $f_{u,haz}^{4)}$ | WEZ-Faktor ⁴⁾ | | $BC^{6)}$ | $n_p^{7)}$ |
|------------------------|------------------|---------|------------------|-------------------|------------|-------------|-------------------|------------------|--------------------------|----------------|-----------|------------|
| | | | mm | N/mm ² | | | N/mm ² | | $\rho_{o,haz}$ | $\rho_{u,haz}$ | | |
| 6005A | EP/O, ER/B | T6 | $t \leq 5$ | 225 | 270 | 8 | 115 | 165 | 0,51 | 0,61 | A | 25 |
| | | | $5 < t \leq 10$ | 215 | 260 | 8 | | | 0,53 | 0,63 | A | 24 |
| | | | $10 < t \leq 25$ | 200 | 250 | 8 | | | 0,58 | 0,66 | A | 20 |
| | EP/H, ET | T6 | $t \leq 5$ | 215 | 255 | 8 | 115 | 165 | 0,53 | 0,65 | A | 26 |
| | | | $5 < t \leq 10$ | 200 | 250 | 8 | | | 0,58 | 0,66 | A | 20 |

Programmintern wird als Material „Stahl-frei“ verwendet unter Eingabe der Werkstoffkennwerte des Aluminiumprofils.

Eigenschaften für Element 469 - Querschnitt - Material

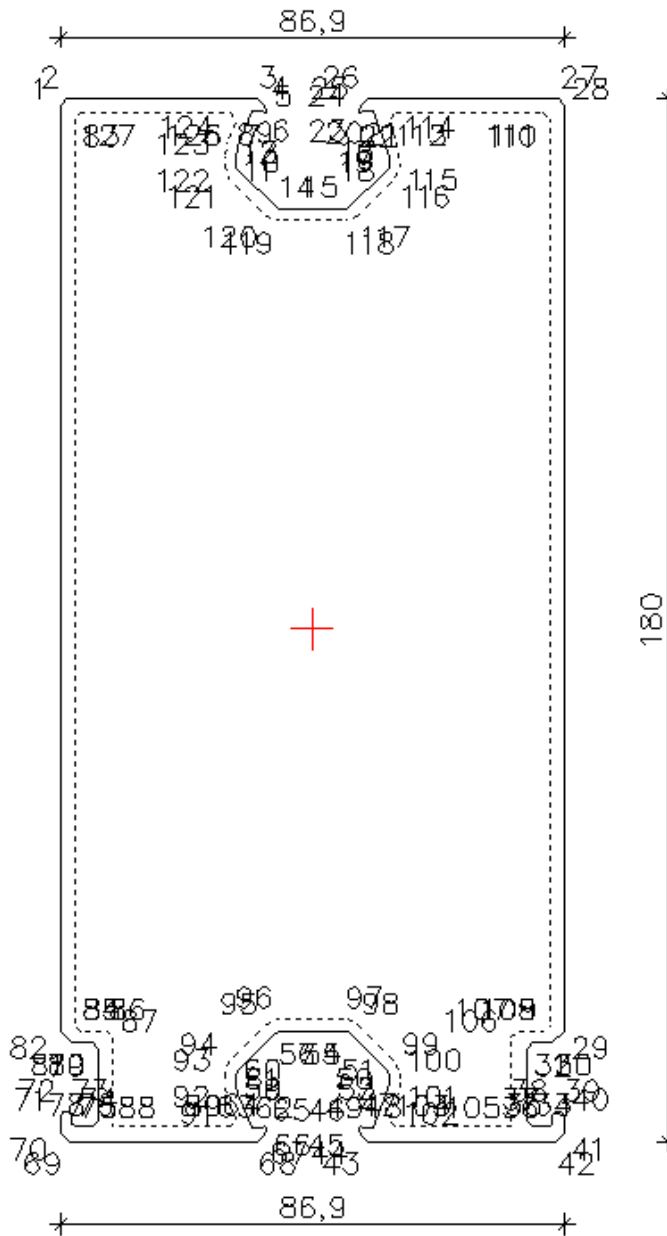


Nummer: 1 - 1 Q Querschnittsart: Polygon Materialart: Stahl
 Bezeichn.: 1 Querschnitt Es sind weitere Elemente betroffen.
 E-Modul: [70000] E-Modul: Ringrichtung:
 G-Modul: [27000] Querdehnzahl: fyk [MN/m²]: [215]
 Gamma [kN/m³]: [27] Alpha.t [1/K]: [1,2e-05] Rohdichte [kg/m³]:
 Nichtlineare Systemanalyse
 Druckfestigkeit: [] [MN/m²]
 Zugfestigkeit: [] [MN/m²]
 Fließbedingung:
 Material linear

3.2 Querschnittswerte:

Alle Carports setzen sich aus 4 Hauptprofile zusammen. Es handelt sich um kaltgezogene Aluminiumprofile. Die Wandstärke beträgt 4 mm.

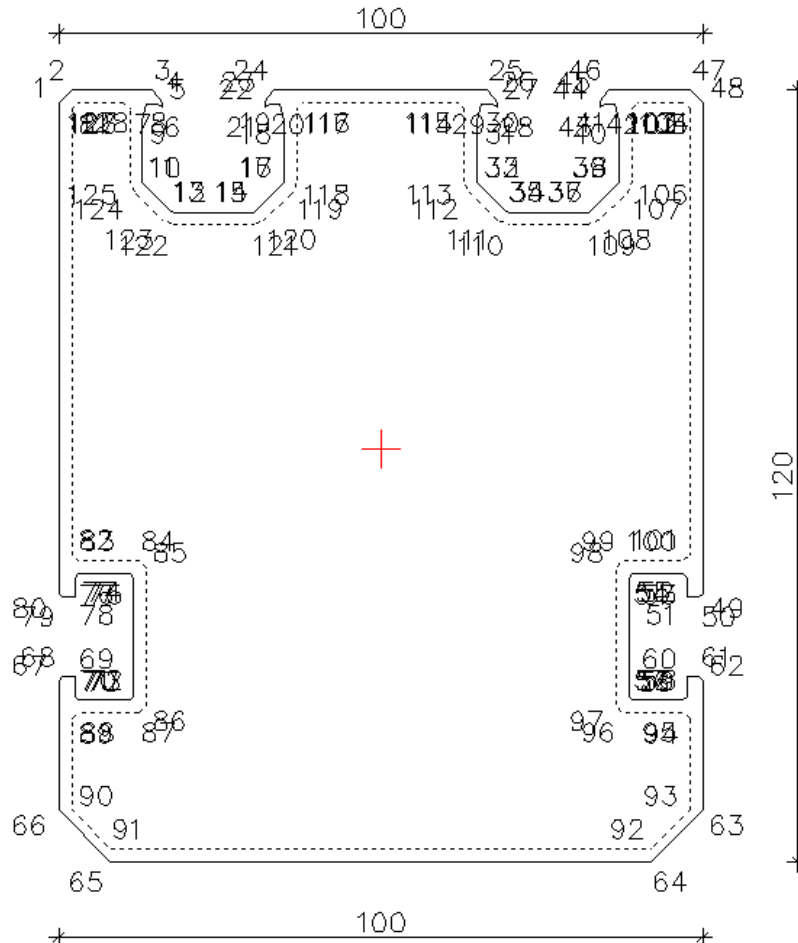
Querschnitt 1:



$Y_s = 3,44819 \text{ m}$ $Z_s = -5,78815 \text{ m}$
 $I_y = 6,46058e-06 \text{ m}^4$ $I_z = 1,86477e-06 \text{ m}^4$
 $I_1 = 6,46058e-06 \text{ m}^4$ $I_2 = 1,86477e-06 \text{ m}^4$
 $\Phi_i = -0,00586 \text{ Grad}$ $A = 1,47783e-03 \text{ m}^2$

Querschnittspolygon 1 – 1 Querschnitt [mm]

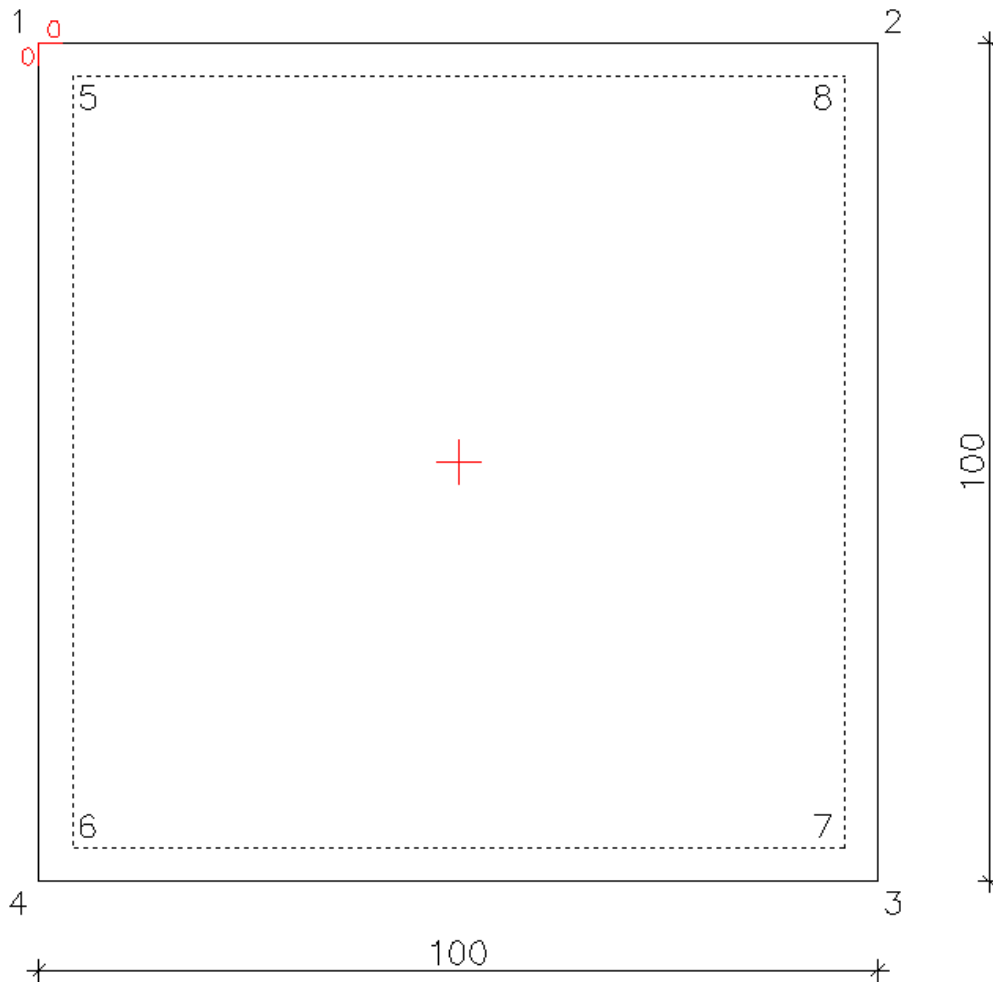
Querschnitt 2:



$Y_s = -0,79638 \text{ m}$ $Z_s = -1,13329 \text{ m}$
 $I_y = 2,12879e-06 \text{ m}^4$ $I_z = 1,66879e-06 \text{ m}^4$
 $I1 = 2,12879e-06 \text{ m}^4$ $I2 = 1,66879e-06 \text{ m}^4$
 $\text{Phi} = -0,00000 \text{ Grad}$ $A = 1,11258e-03 \text{ m}^2$

Querschnittspolygon 2 – 2 Querschnitt [mm]

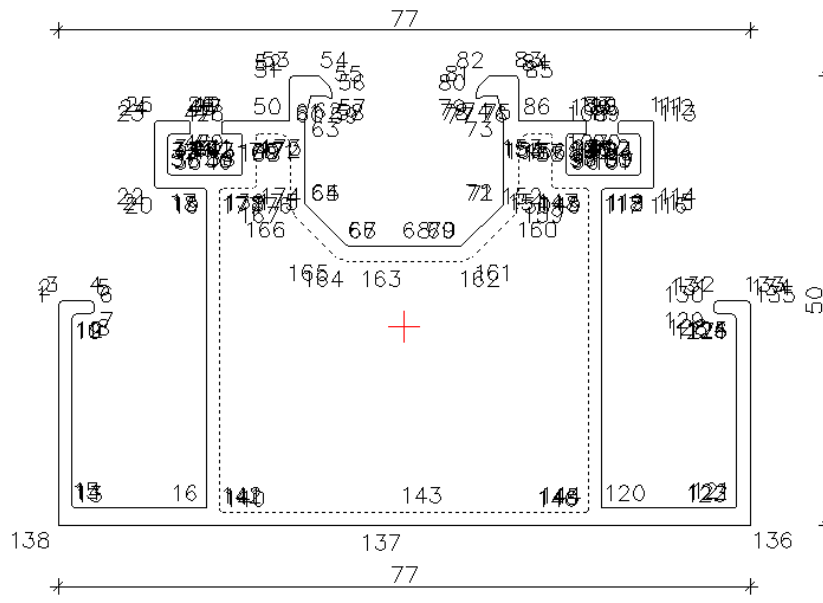
Querschnitt 3:



| | | | | | |
|------------|-------------|----------------|---------|-------------|----------------|
| $Y_s =$ | 0,05000 | m | $Z_s =$ | 0,05000 | m |
| $I_y =$ | 2,36339e-06 | m ⁴ | $I_z =$ | 2,36339e-06 | m ⁴ |
| $I_1 =$ | 2,36339e-06 | m ⁴ | $I_2 =$ | 2,36339e-06 | m ⁴ |
| $\Phi_i =$ | 0,00000 | Grad | $A =$ | 1,53600e-03 | m ² |

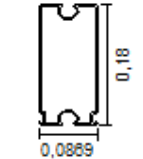
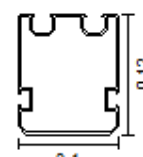
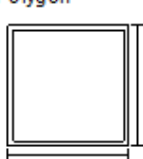
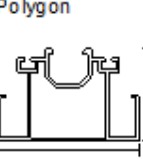
Querschnittspolygon 3 – Stütze [mm]

Querschnitt 4:



$Y_s = -28,93000 \text{ m}$ $Z_s = -0,02739 \text{ m}$
 $I_y = 1,52018e-07 \text{ m}^4$ $I_z = 2,85478e-07 \text{ m}^4$
 $I_1 = 1,52018e-07 \text{ m}^4$ $I_2 = 2,85478e-07 \text{ m}^4$
 $\Phi_1 = 0,00000 \text{ Grad}$ $A = 5,23728e-04 \text{ m}^2$
 Querschnittspolygon 4 - Querschnitt-4 [mm]

Querschnittswerte

| | | |
|---|--|---|
| 1 | <p>Polygon</p>  | <p>1 Querschnitt</p> <p>Schwerpunkt [m] $y_s = 3,448$ $z_s = -5,788$</p> <p>Fläche [m²] $A = 1,4778e-03$</p> <p>Trägheitsmomente [m⁴] $I_x = 3,2348e-06$</p> <p> $I_y = 6,4606e-06$ $I_1 = 6,4606e-06$</p> <p> $I_z = 1,8648e-06$ $I_2 = 1,8648e-06$</p> <p>Hauptachsenwinkel [Grad] $\Phi = -0,006$ $I_{yz} = 4,7036e-10$</p> <p>Mittlung der Querkraft-Schubspannungen über die Qu.-breite</p> |
| 2 | <p>Polygon</p>  | <p>2 Querschnitt</p> <p>Schwerpunkt [m] $y_s = -0,796$ $z_s = -1,133$</p> <p>Fläche [m²] $A = 1,1126e-03$</p> <p>Trägheitsmomente [m⁴] $I_x = 1,6032e-06$</p> <p> $I_y = 2,1288e-06$ $I_1 = 2,1288e-06$</p> <p> $I_z = 1,6688e-06$ $I_2 = 1,6688e-06$</p> <p>Hauptachsenwinkel [Grad] $\Phi = -0,000$ $I_{yz} = 0,0000e+00$</p> <p>Mittlung der Querkraft-Schubspannungen über die Qu.-breite</p> |
| 3 | <p>Polygon</p>  | <p>Stütze</p> <p>Schwerpunkt [m] $y_s = 0,050$ $z_s = 0,050$</p> <p>Fläche [m²] $A = 1,5360e-03$</p> <p>Trägheitsmomente [m⁴] $I_x = 3,6166e-06$</p> <p> $I_y = 2,3634e-06$ $I_1 = 2,3634e-06$</p> <p> $I_z = 2,3634e-06$ $I_2 = 2,3634e-06$</p> <p>Hauptachsenwinkel [Grad] $\Phi = 0,000$ $I_{yz} = 0,0000e+00$</p> <p>Mittlung der Querkraft-Schubspannungen über die Qu.-breite</p> |
| 4 | <p>Polygon</p>  | <p>Querschnitt-4</p> <p>Schwerpunkt [m] $y_s = -28,930$ $z_s = -0,027$</p> <p>Fläche [m²] $A = 5,2373e-04$</p> <p>Trägheitsmomente [m⁴] $I_x = 7,5332e-08$</p> <p> $I_y = 1,5202e-07$ $I_1 = 1,5202e-07$</p> <p> $I_z = 2,8548e-07$ $I_2 = 2,8548e-07$</p> <p>Hauptachsenwinkel [Grad] $\Phi = 0,000$ $I_{yz} = 0,0000e+00$</p> <p>Mittlung der Querkraft-Schubspannungen über die Qu.-breite</p> |

Materialkennwerte

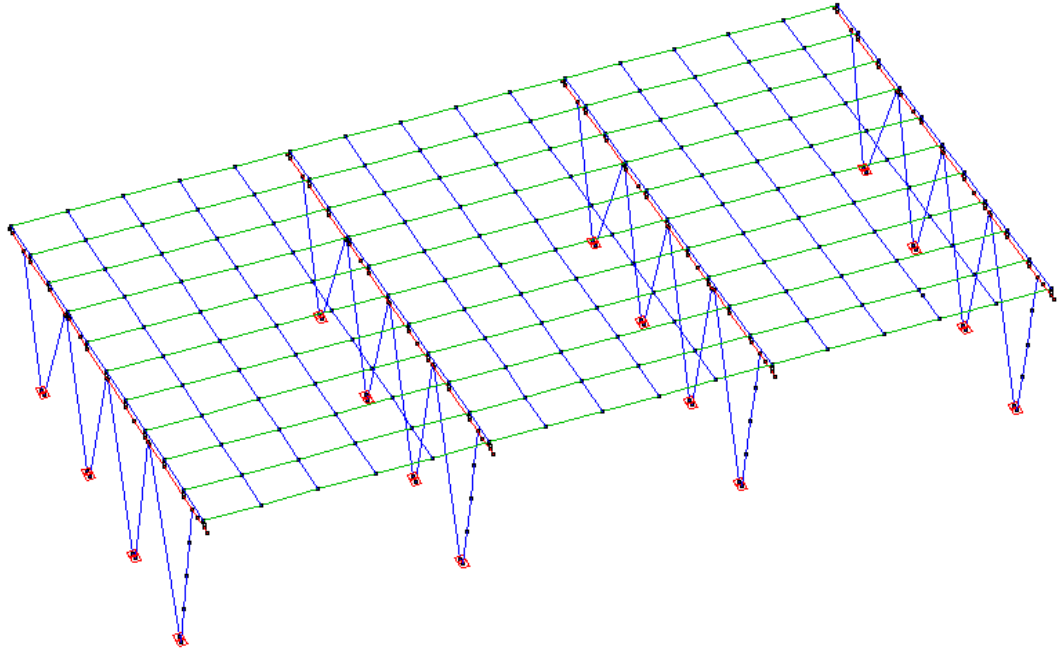
| Nr. | Art | E-Modul [MN/m ²] | G-Modul [MN/m ²] | Quer-dehzn. | alpha.t [1/K] | gamma [kN/m ²] | Verschiedenes |
|-----|---------|------------------------------|------------------------------|-------------|---------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1 Stahl | 70000 | 27000 | 0,30 | 1,20e-05 | 27,000 | $f_{yk} = 215$ [MN/m ²] |
| 2 | 2 Stahl | 70000 | 27000 | 0,30 | 1,20e-05 | 27,000 | $f_{yk} = 215$ [MN/m ²] |
| 3 | 3 Stahl | 70000 | 27000 | 0,30 | 1,20e-05 | 27,000 | $f_{yk} = 215$ [MN/m ²] |
| 4 | 4 Stahl | 70000 | 27000 | 0,30 | 1,20e-05 | 27,000 | $f_{yk} = 215$ [MN/m ²] |

4 **Berechnung**

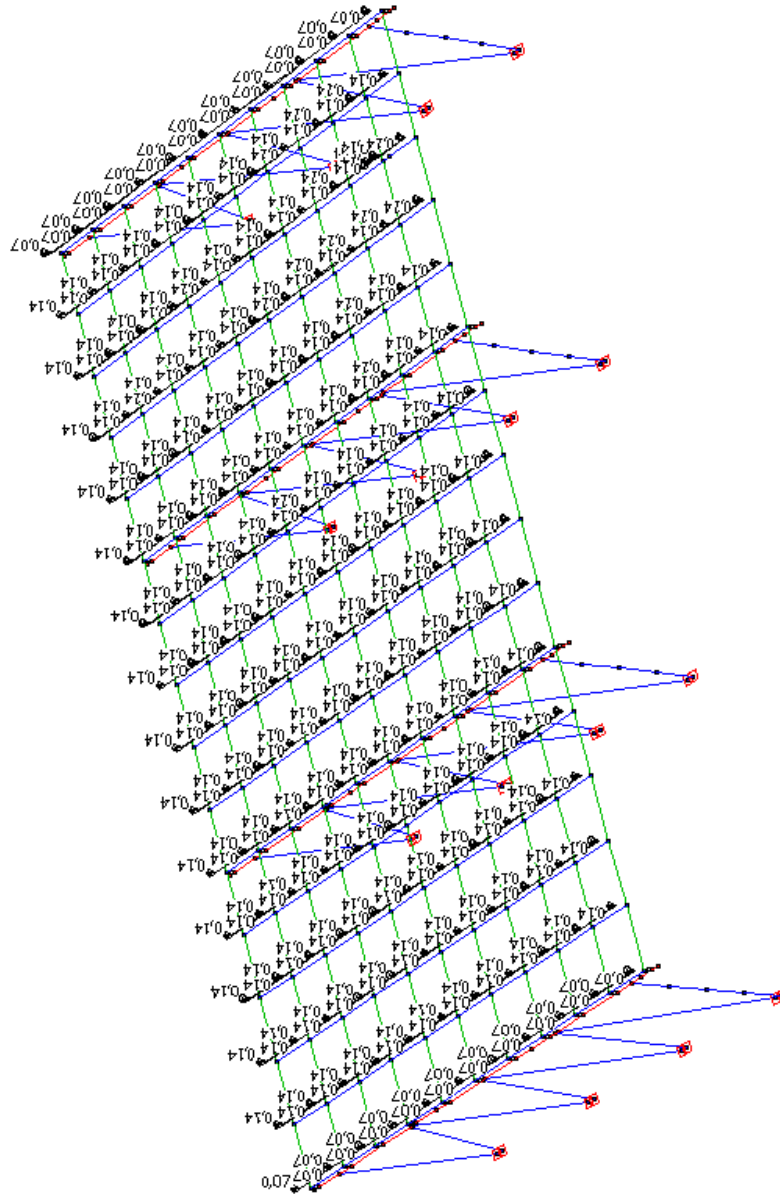
4.1 Modell M 1

4.1.1 Lastfälle

EIGENLAST

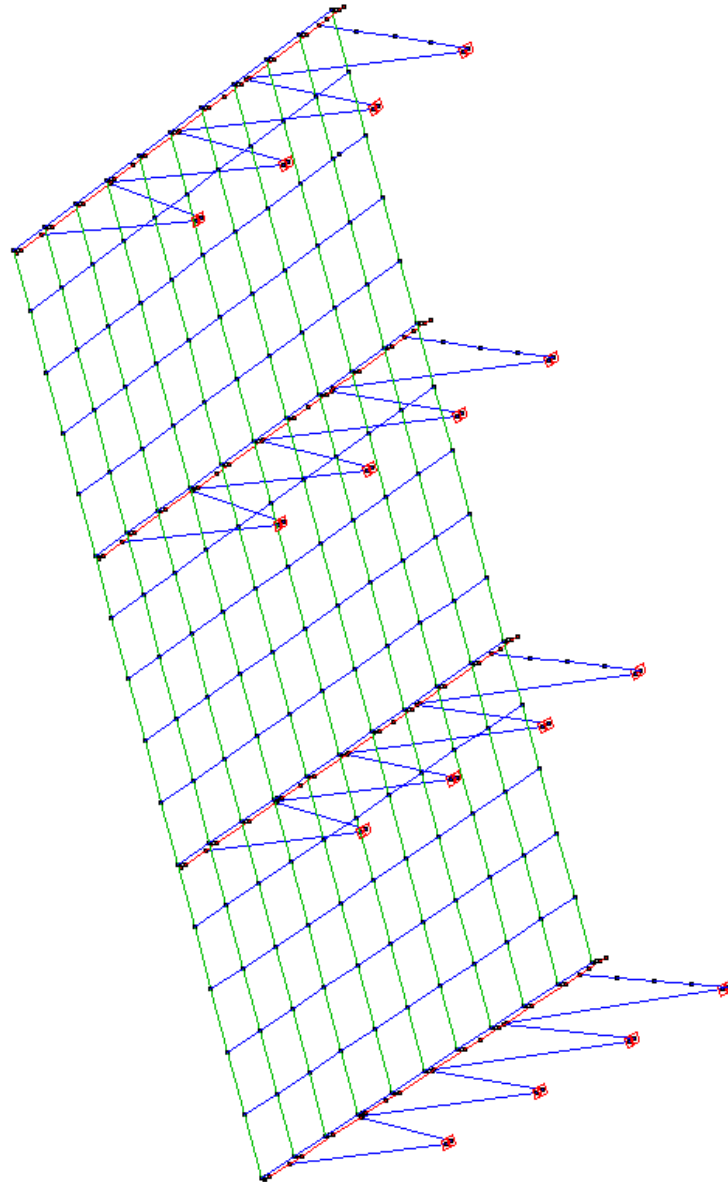


LF 1: Belastung, Eigengewicht der Konstruktion

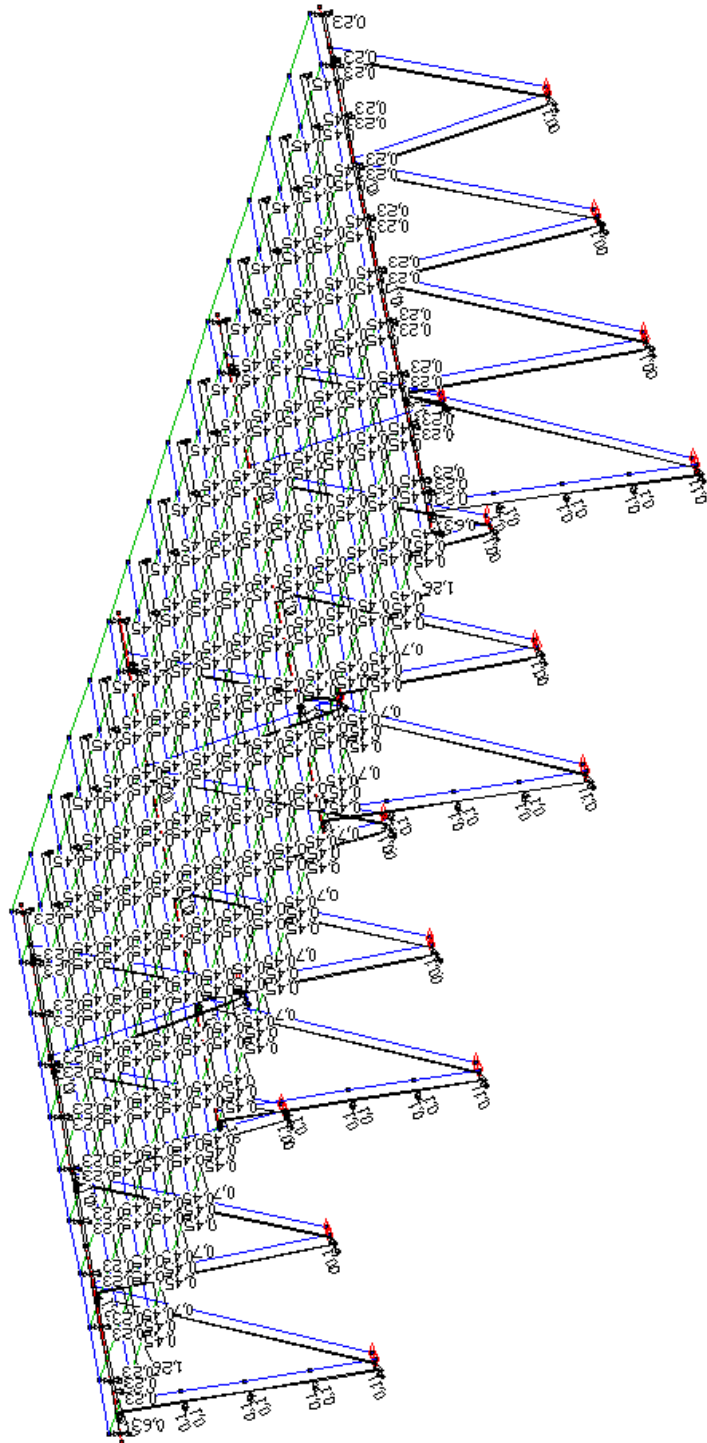


LF 2: Belastung, Gewicht der Paneele $g=0,13 \text{ kN/m}^2$

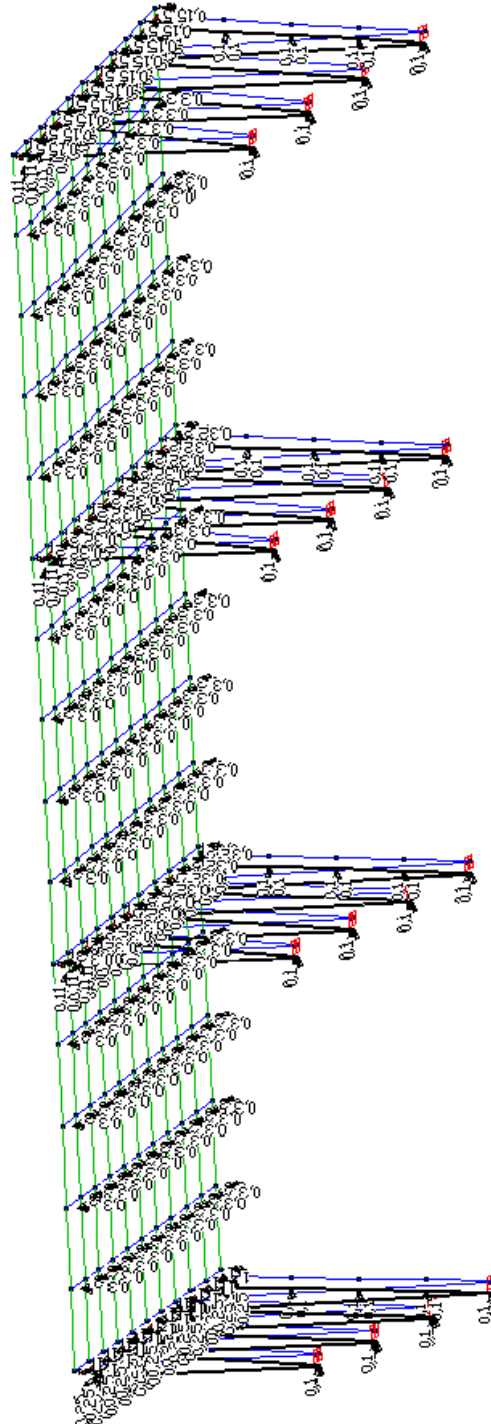
EINF. (1-2)*1



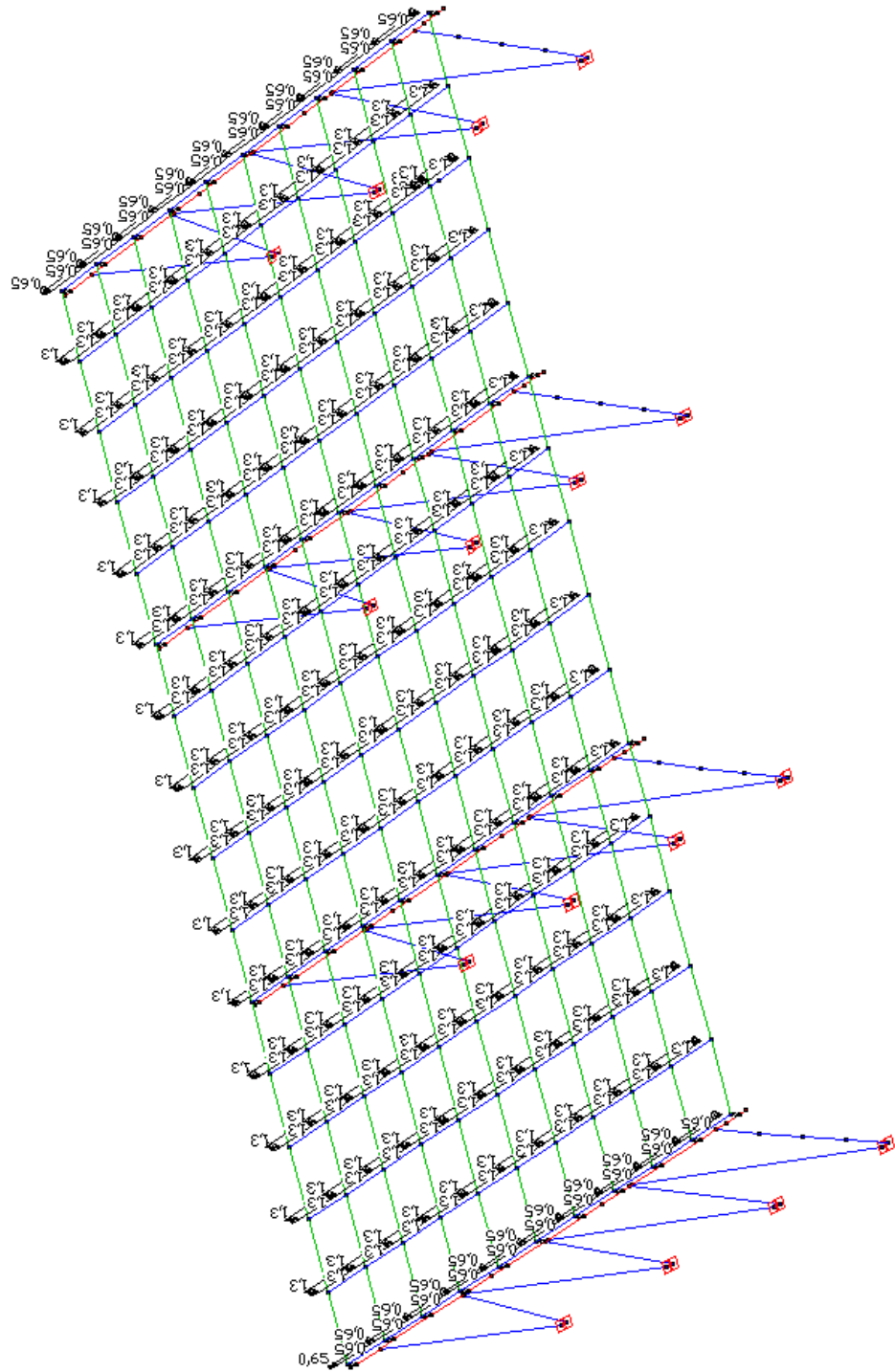
LF 3: Belastung, Summe 1 +2



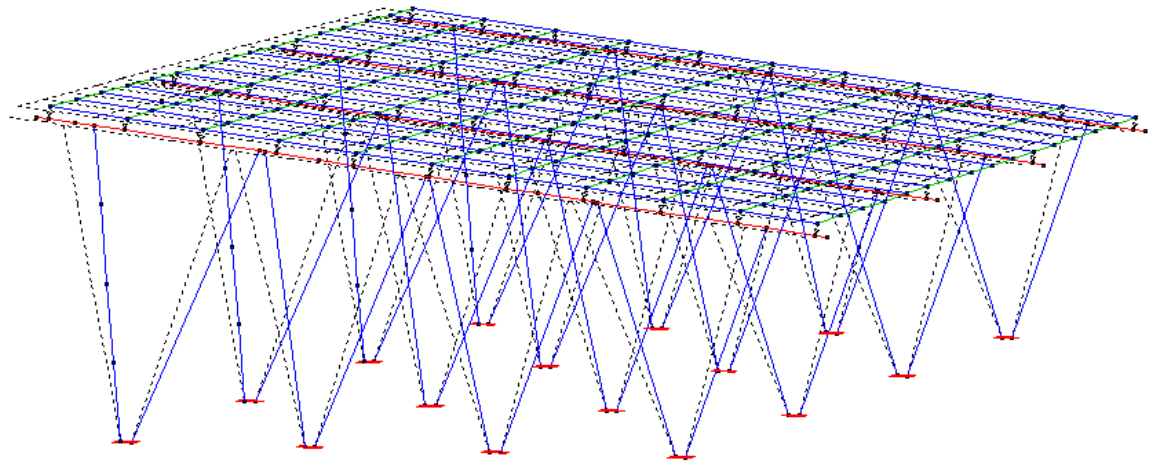
LF 4: Belastung, Wind in X Richtung Windsog nach oben



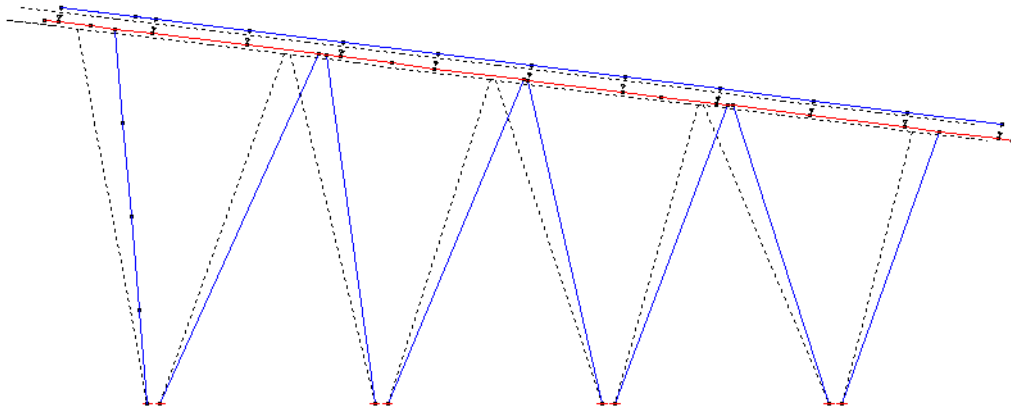
LF 6: Belastung, Wind in Y Richtung Wimsog nach oben



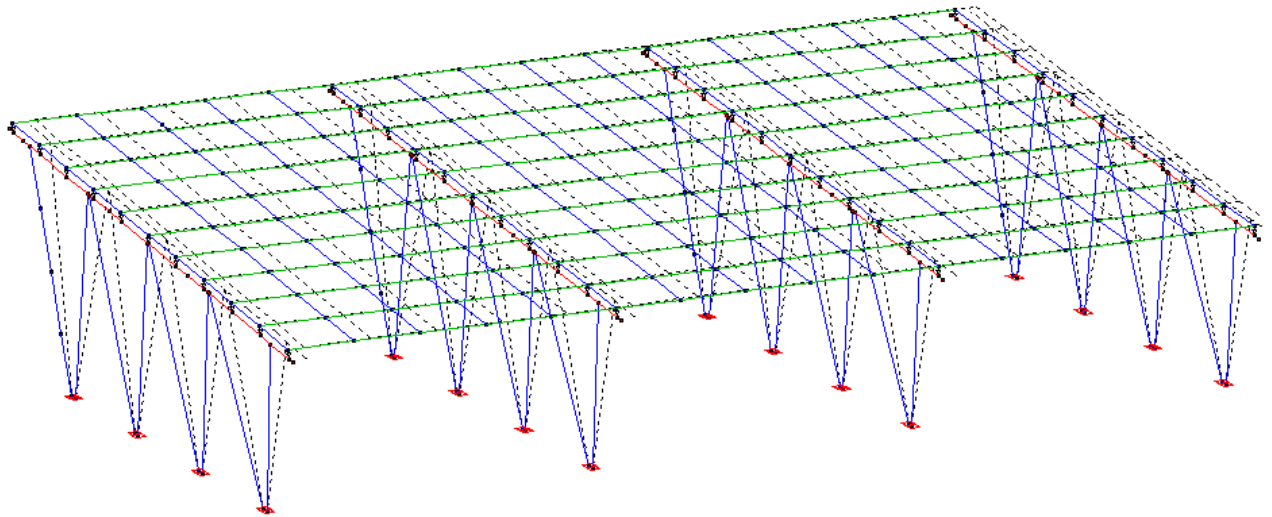
LF 7: Belastung, Schneelast $q = 1,216 \text{ kN/m}^2$



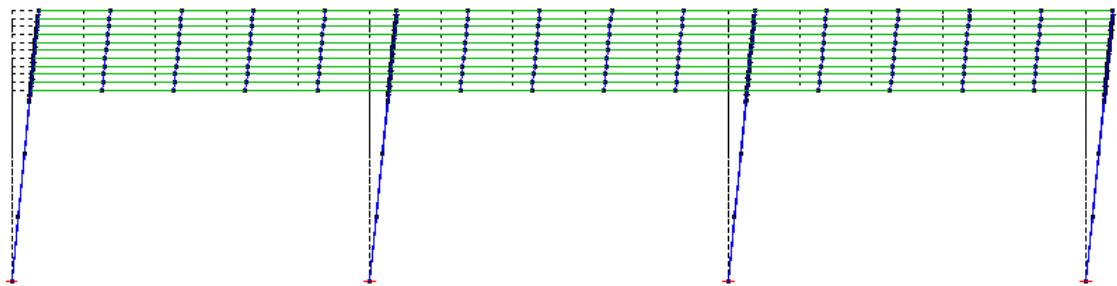
Vorverformung 1: Faktor = 20,0



Vorverformung 1: Faktor = 20,0

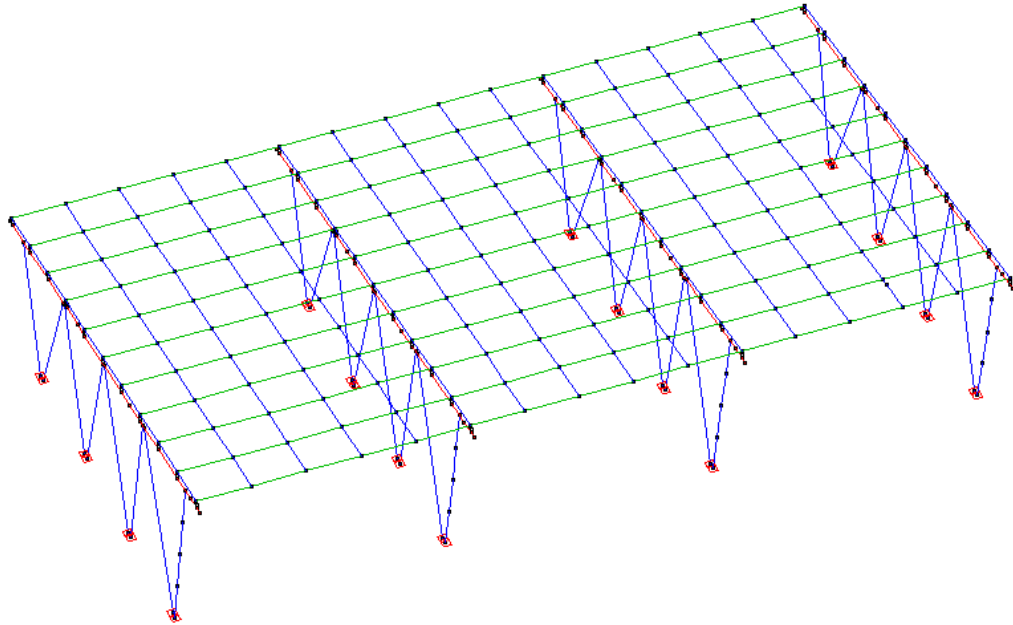


Vorverformung 2: Faktor = 20,0

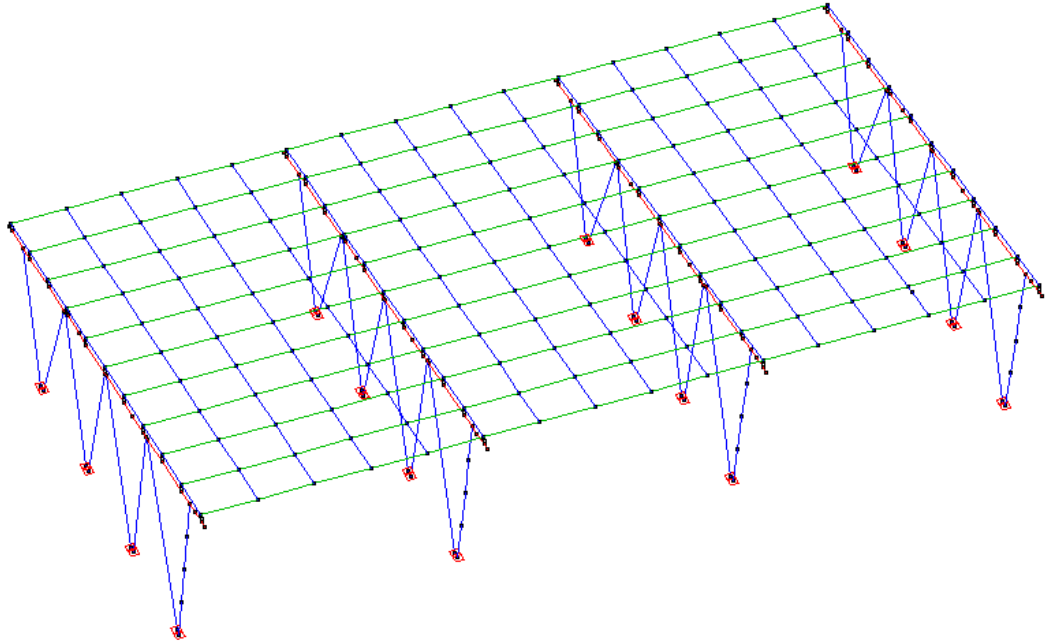


Vorverformung 2: Faktor = 20,0

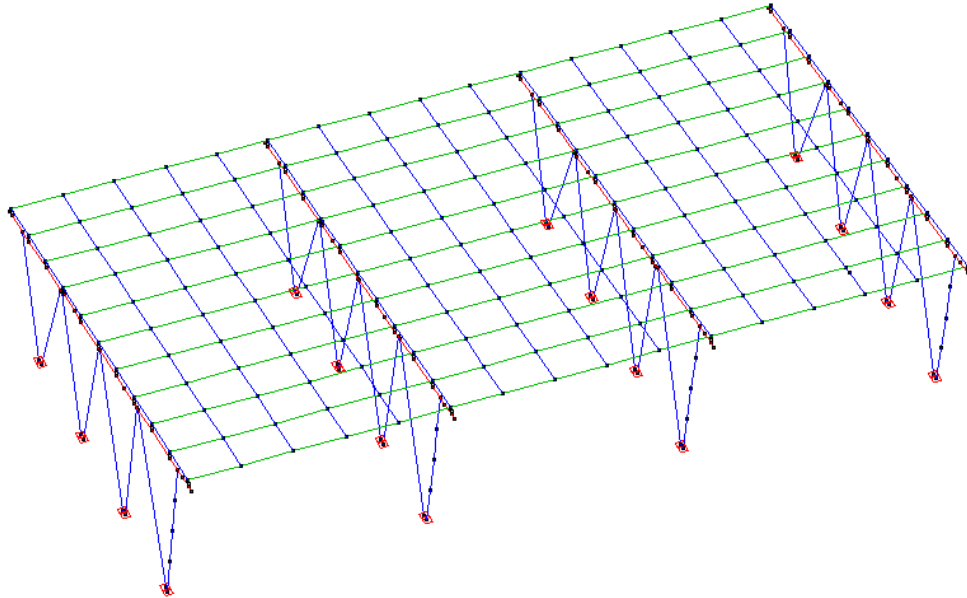
LASTGRUPPE



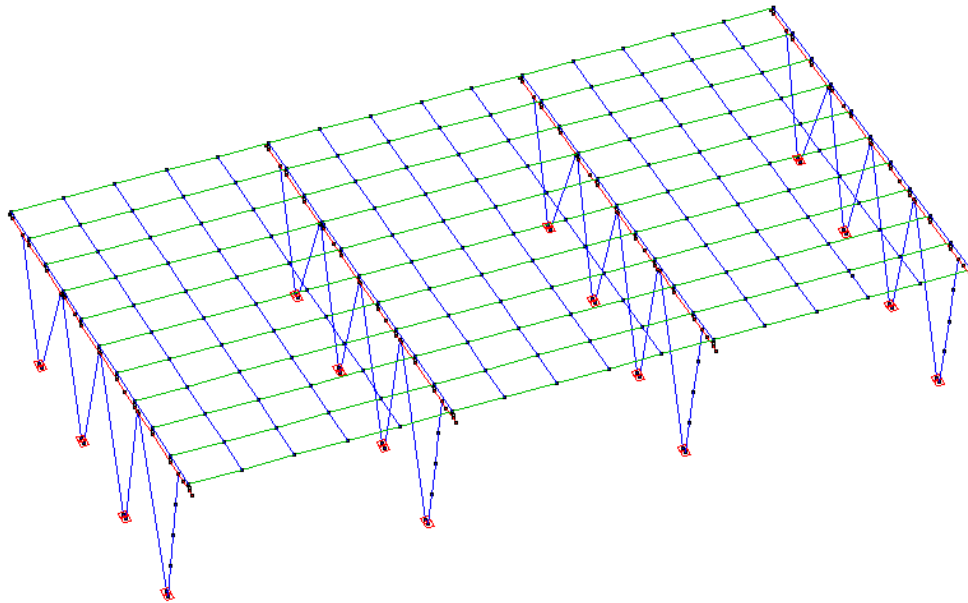
LF 8: Belastung, Komb.1=1,35*G+1,5*S+Vorver.1



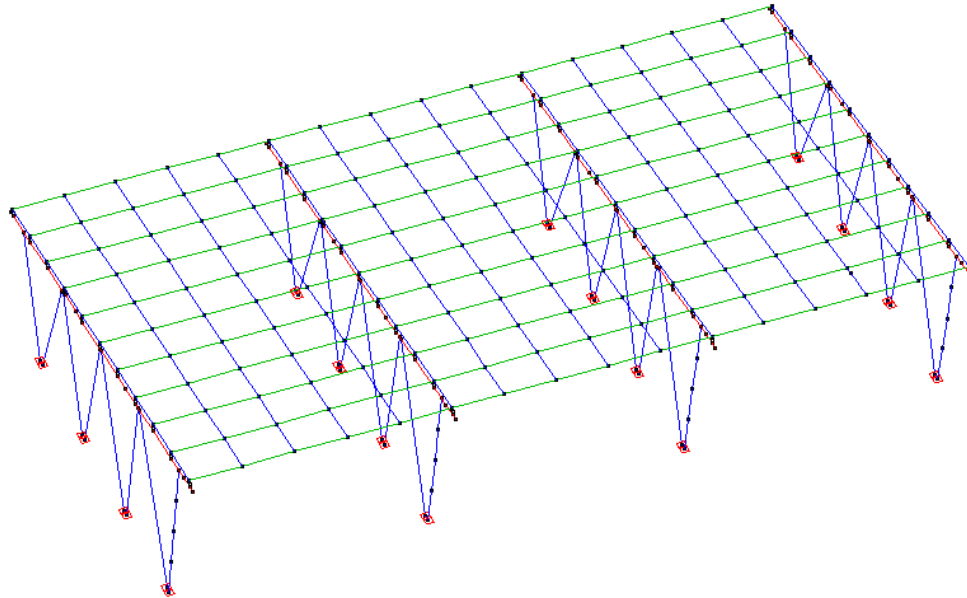
LF 9: Belastung, Komb.2=1,35*G+1,5*S+Vorver.2



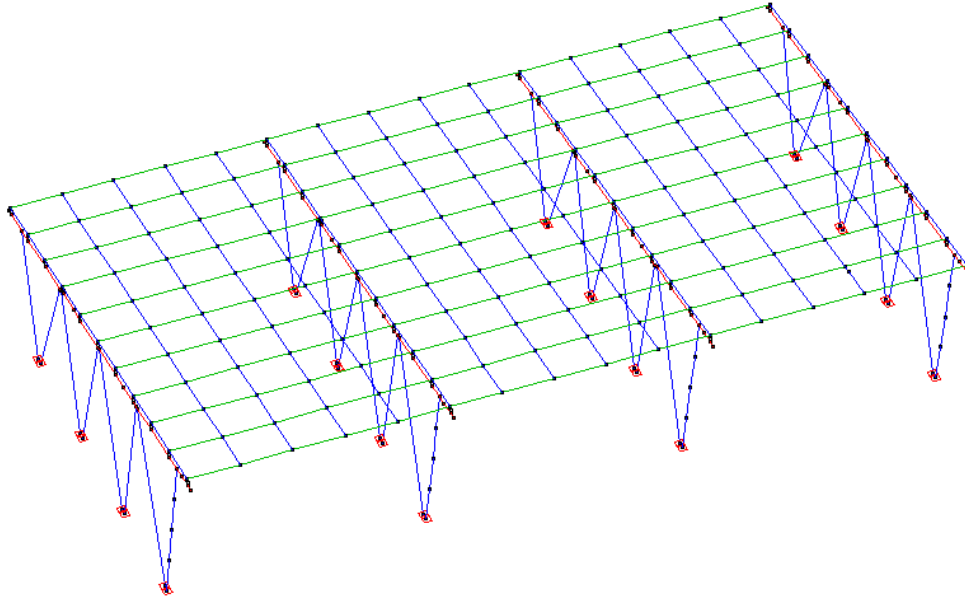
LF 10: Belastung, Komb.3=1,35*G+1,5*S+ 1,5*0,6 W(4) +Vover.1



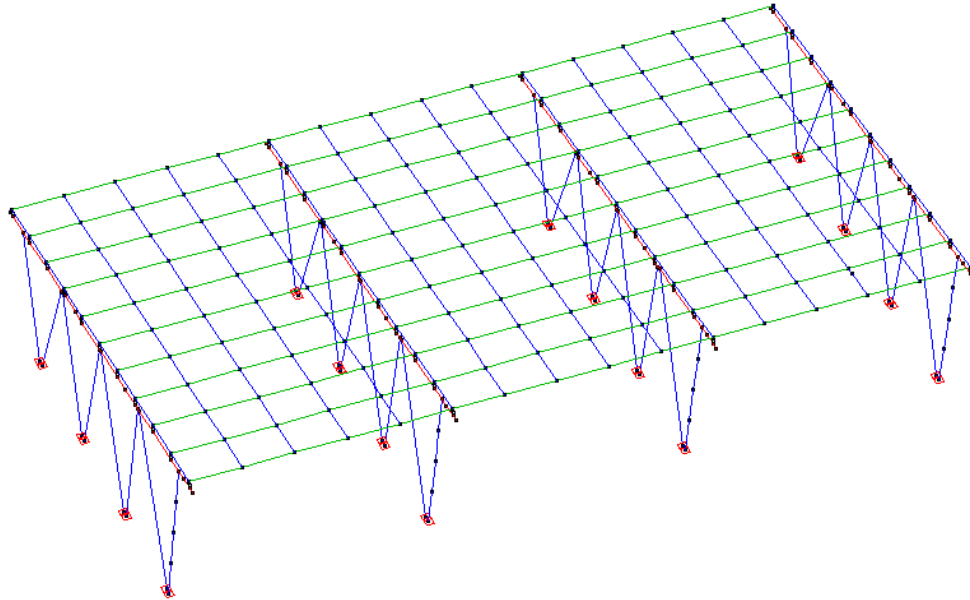
LF 11: Belastung, Komb.4=1,35*G+1,5*S+ 1,5*0,8 W(5) +Vorver.1



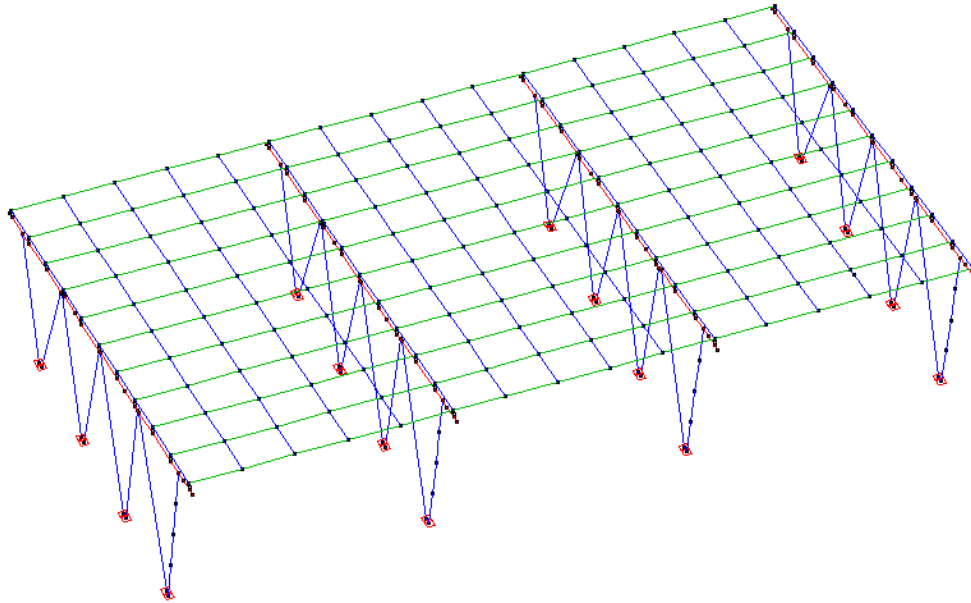
LF 12: Belastung, Komb.5=1,35*G+1,5*S+ 1,5*0,6 W(6) +Vorver.1



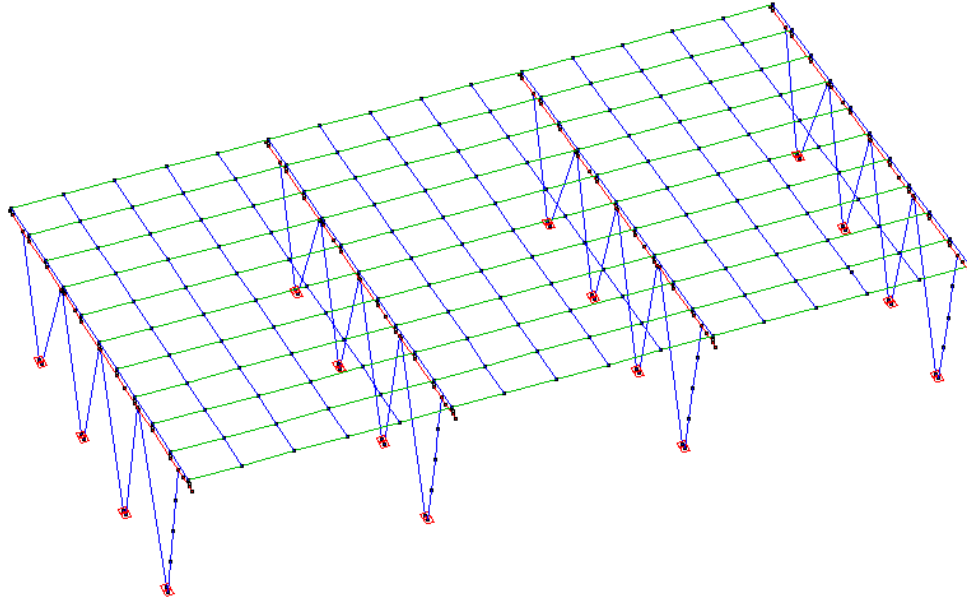
LF 13: Belastung, Komb.6=1,35*G+1,5*W(4)+ 1,5*0,5*S +Vorver.1



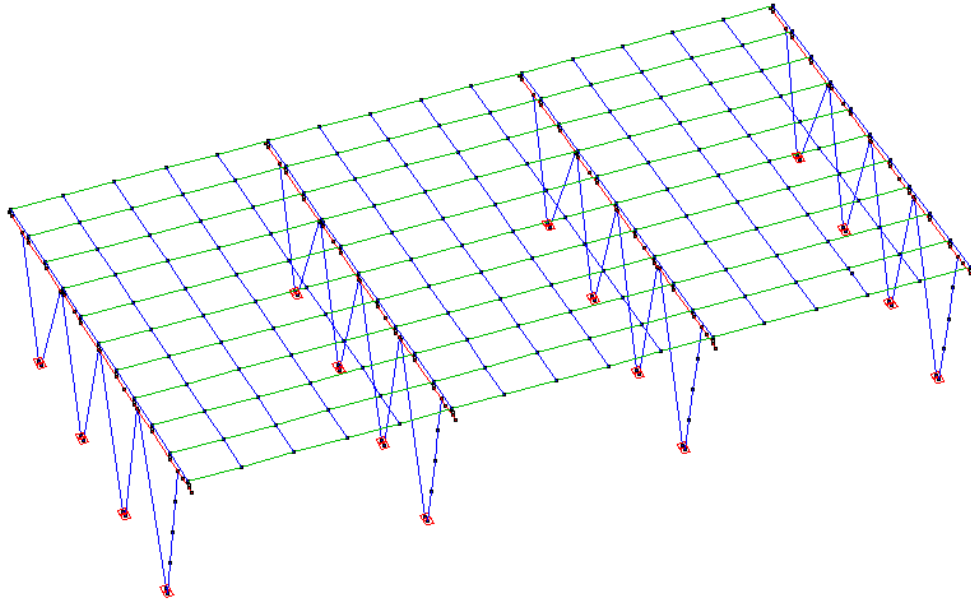
LF 14: Belastung, Komb.7=1,35*G+1,5*W(5)+ 1,5*0,5 *S +Vorver.1



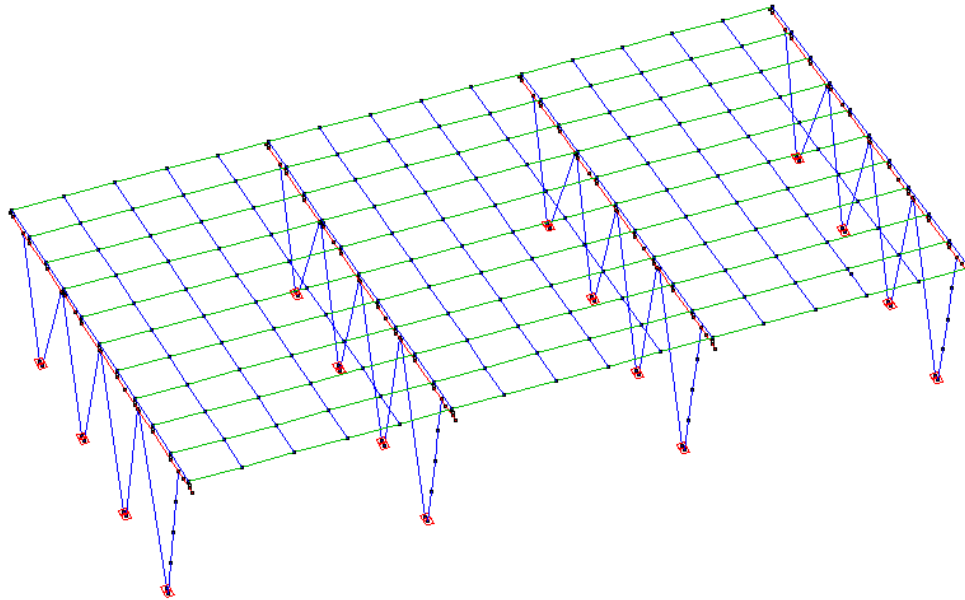
LF 15: Belastung, Komb.8=1,35*G+1,5*W(0)+ 1,5*0,5 *S +Vorver.2



LF 16: Belastung, Komb.9=1,35*G+1,5*W(4) +Vorver.1



LF 17: Belastung, Komb.10=1,35*G+1,5*W(5) +Vorver.1

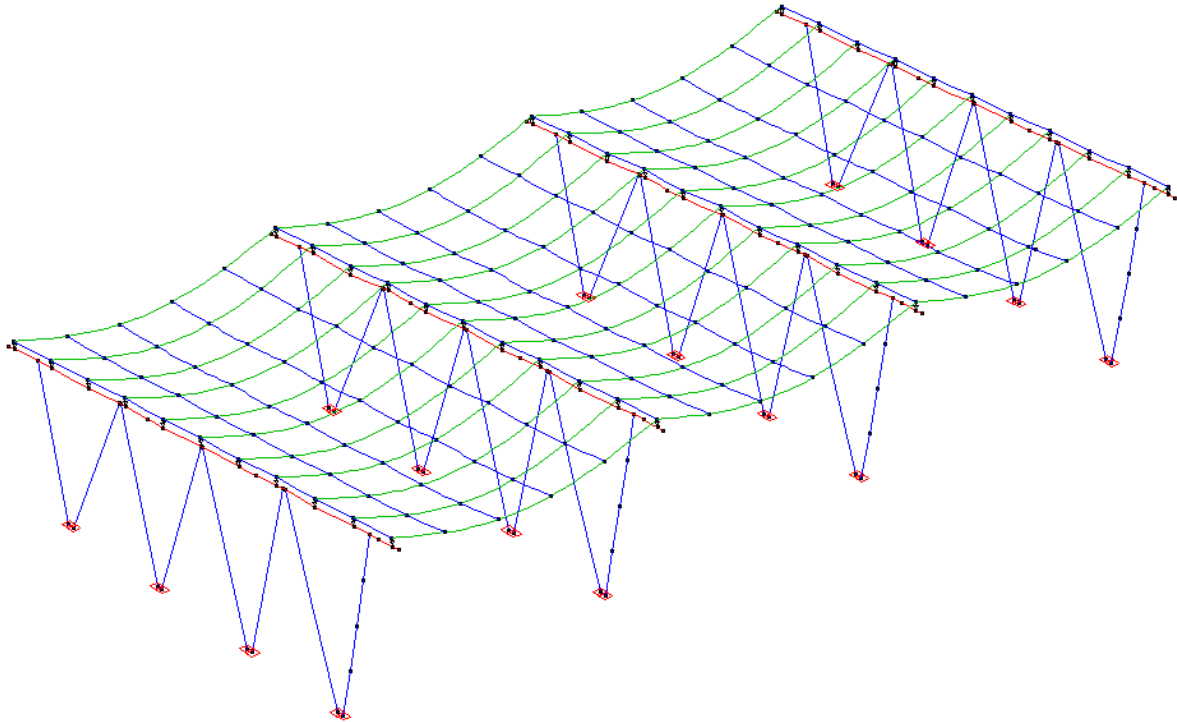


LF 18: Belastung, Komb.11=1,35*G+1,5*W(Ø) +Vorver.2

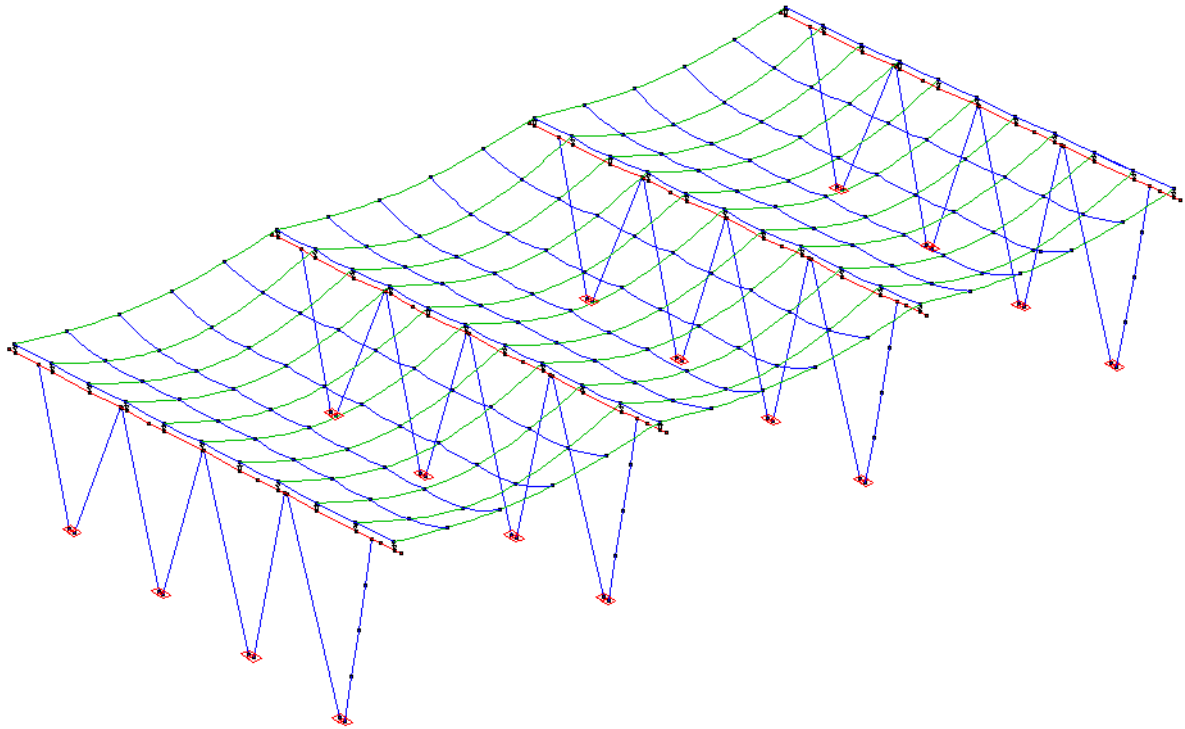
4.1.2 Schnittgrößen

Es werden nur die Bemessungsschnittgrößen ausgegeben. Die Schnittgrößen einzelner Lastfälle sind dem Anhang A1 zu entnehmen.

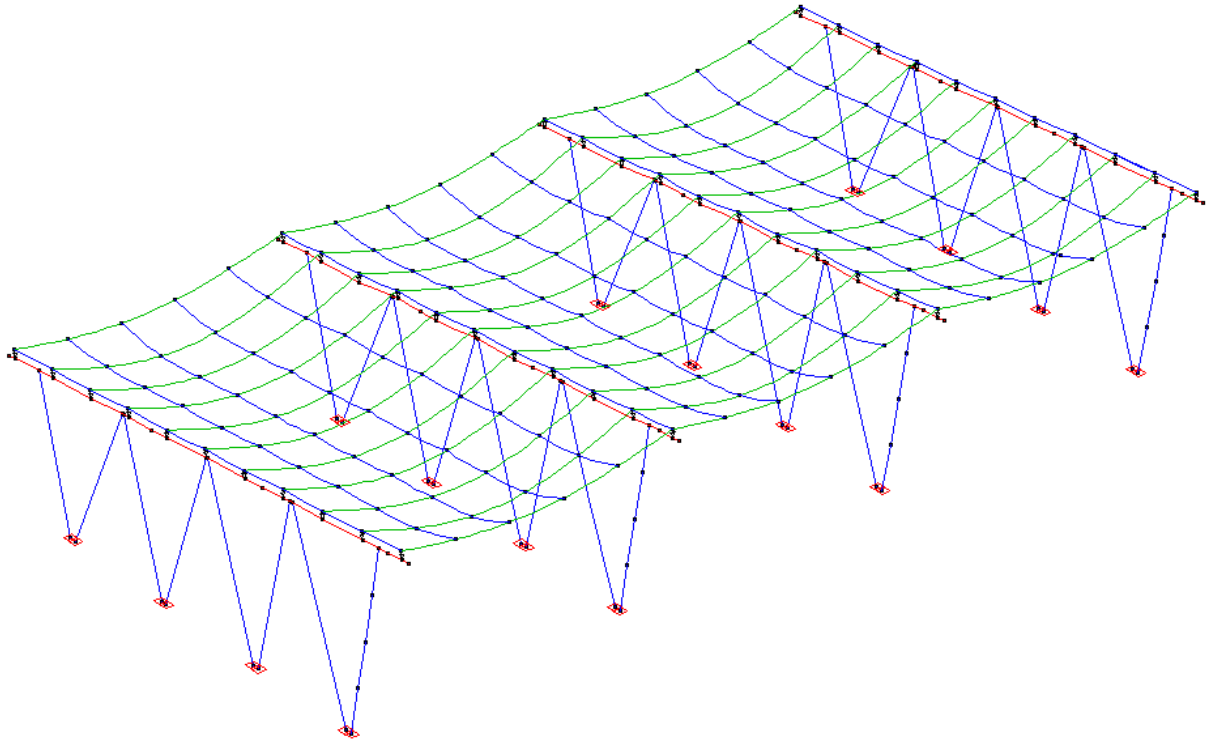
4.1.3 Verformung



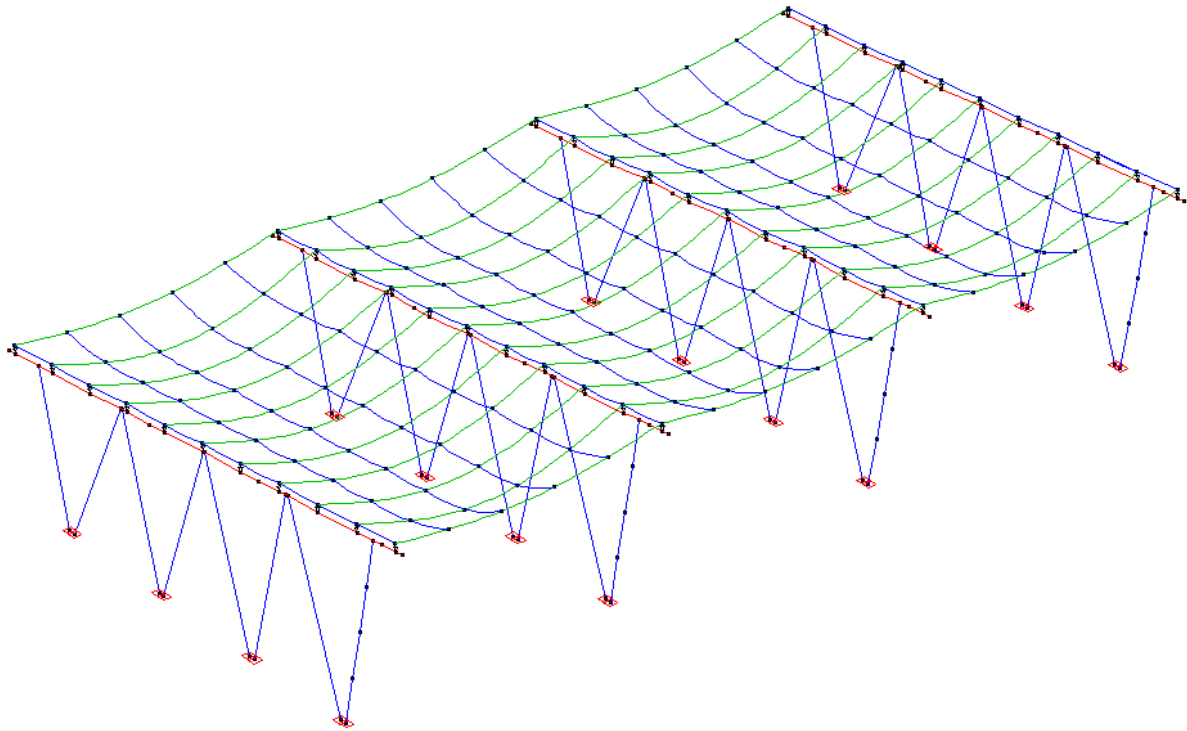
LF 1: Eigengewicht der Konstruktion
Deformationen u [mm], Faktor = 542,3
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/1,31 [mm]



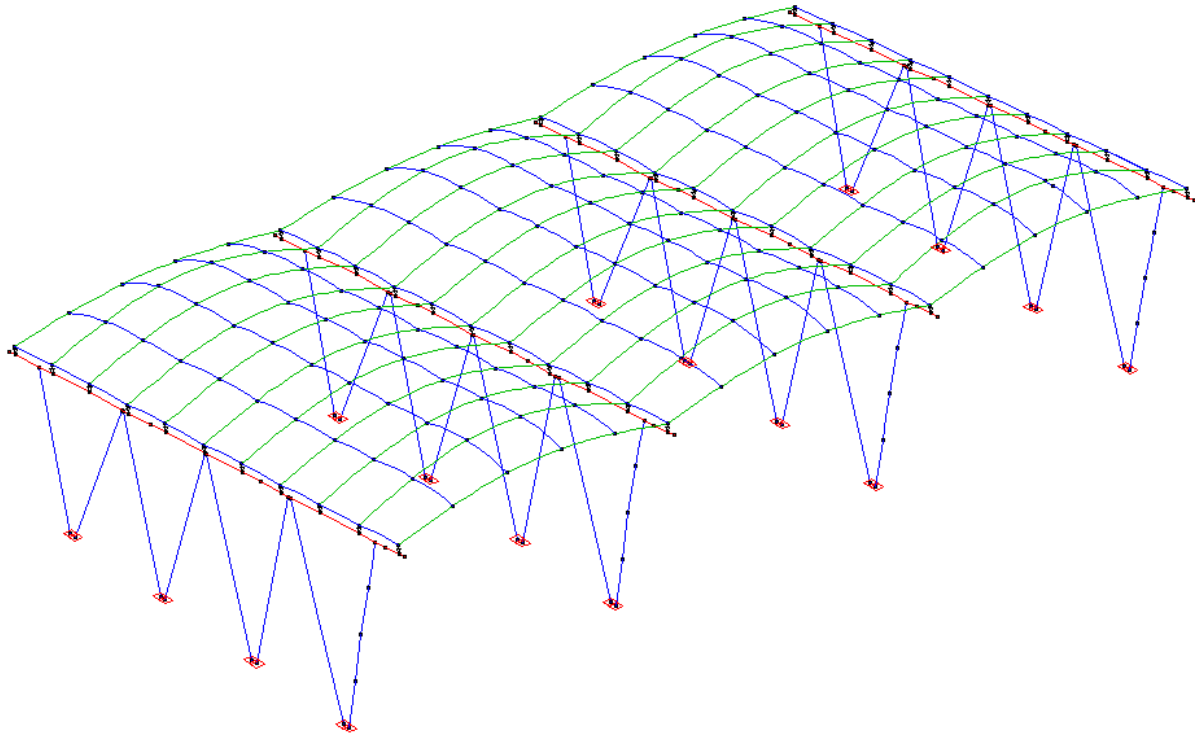
LF 2: Gewicht der Paneele $g=0,13 \text{ kN/m}^2$
Deformationen u [mm], Faktor = 229,0
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/3,07 [mm]



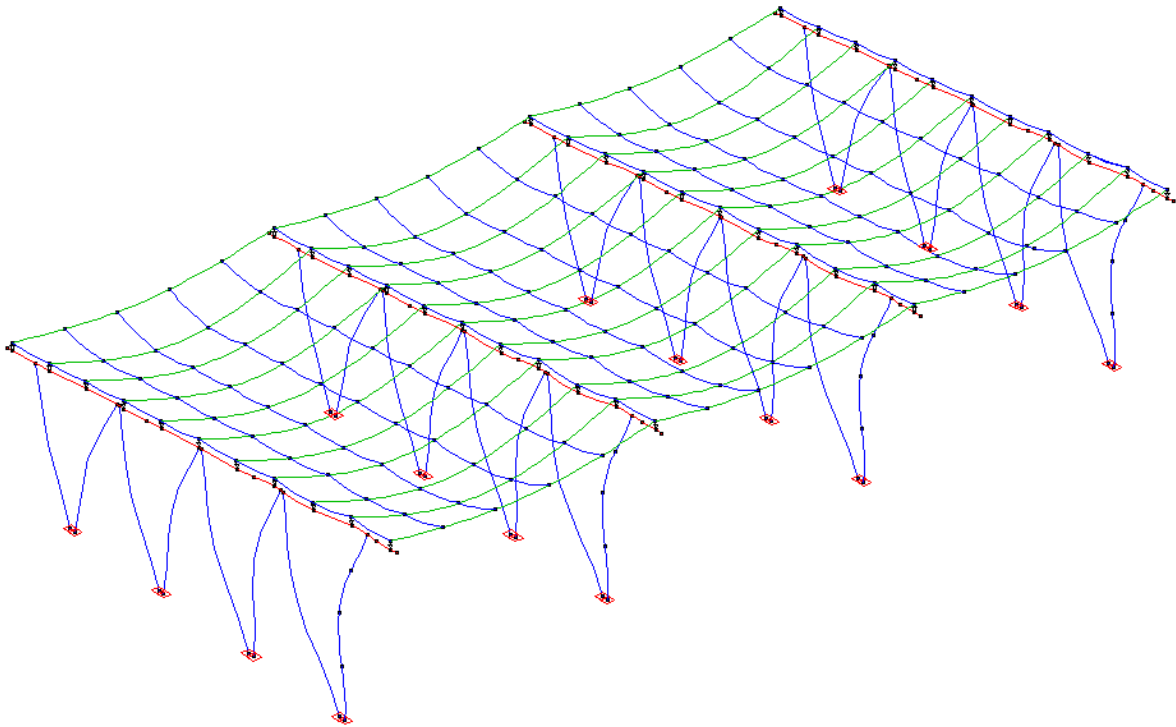
LF 3: Summe 1 +2
Deformationen u [mm], Faktor = 161,0
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/4,38 [mm]



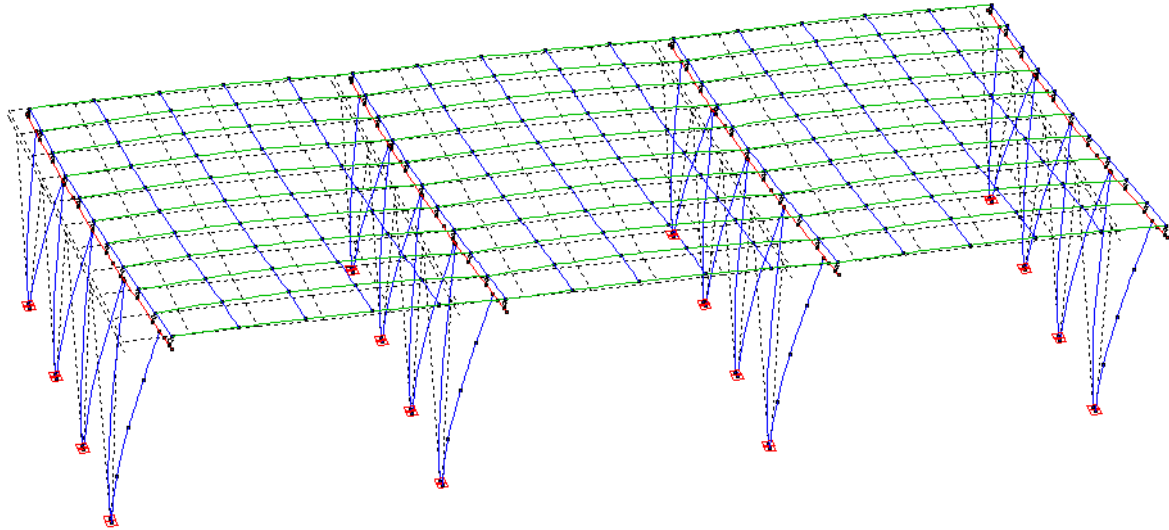
LF 7: Schneelast $q = 1,216 \text{ kN/m}^2$
Deformationen u [mm], Faktor = 24,7
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/28,55 [mm]



LF 4: Wind in X Richtung Windsog nach oben
Deformationen u [mm], Faktor = 68,4
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/10,18 [mm]



LF 5: Wind in X Richtung Winddruck nach unten
Deformationen u [mm], Faktor = 1070,3
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,69 [mm]



LF 6: Wind in Y Richtung Winsog nach oben
Deformationen u [mm], Faktor = 18,0
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/42,43 [mm]

4.2 Bemessung

4.2.1 Bemessungsschnittgrößen

Die Kobbinatorik und die Bemessung werden programmintern von Infograph über das Modul DIN EN 1993 verwendet, da die Kombinationswerte zum Eurocode 9 identisch sind.

Lastfallkombination 2, K1 aus allen Kombinationen 8-18

| Exklusive Auswahl | | Faktor |
|-------------------|---|--------|
| 8 | Komb.1= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 9 | Komb.2= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \text{Vorver.2}$ | 1,000 |
| 10 | Komb.3= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 W(4) + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 11 | Komb.4= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 W(5) + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 12 | Komb.5= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 W(6) + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 13 | Komb.6= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(4) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 14 | Komb.7= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(5) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 15 | Komb.8= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(6) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S + \text{Vorver.2}$ | 1,000 |
| 16 | Komb.9= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(4) + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 17 | Komb.10= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(5) + \text{Vorver.1}$ | 1,000 |
| 18 | Komb.11= $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W(6) + \text{Vorver.2}$ | 1,000 |

EN 1993-1-1 Einwirkungen

Standard Bemessungsgruppe

G - Eigenlast

$\text{Gamma.sup} / \text{gamma.inf} = 1 / 1$

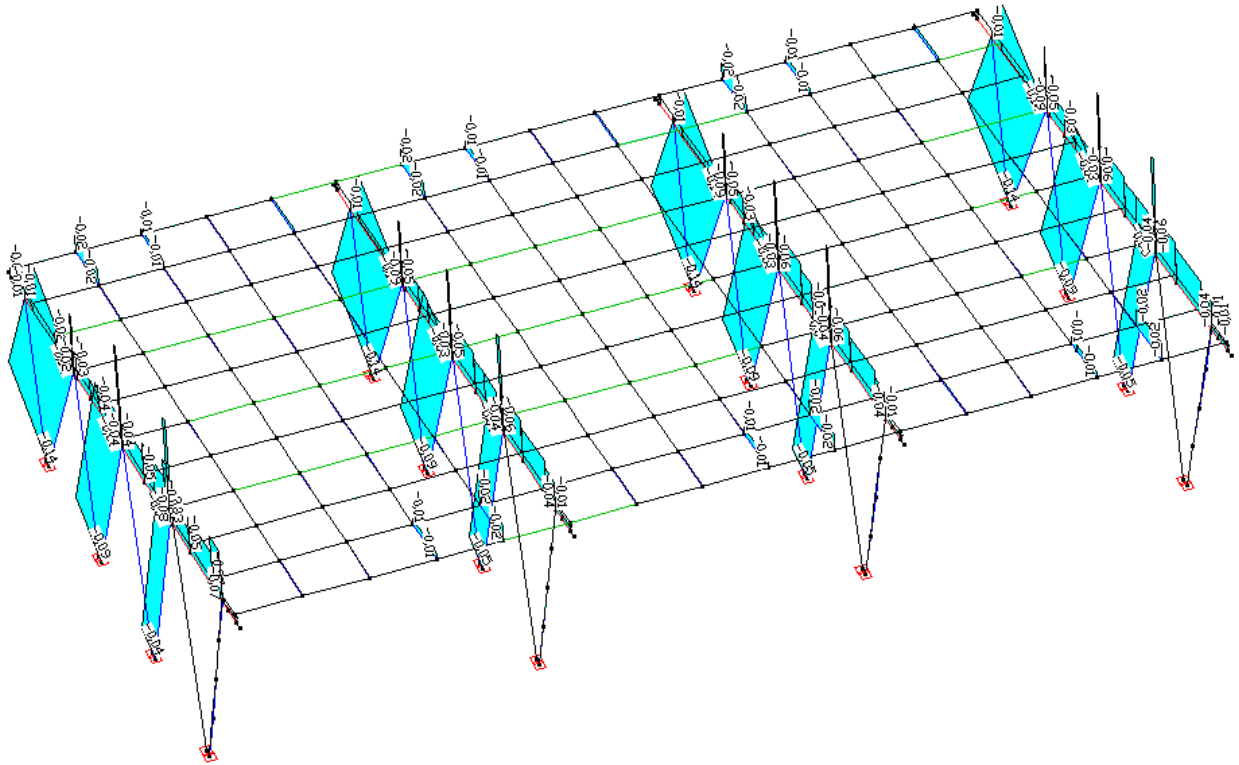
Lastfälle

K2 K1 aus allen Kombinationen 8-18

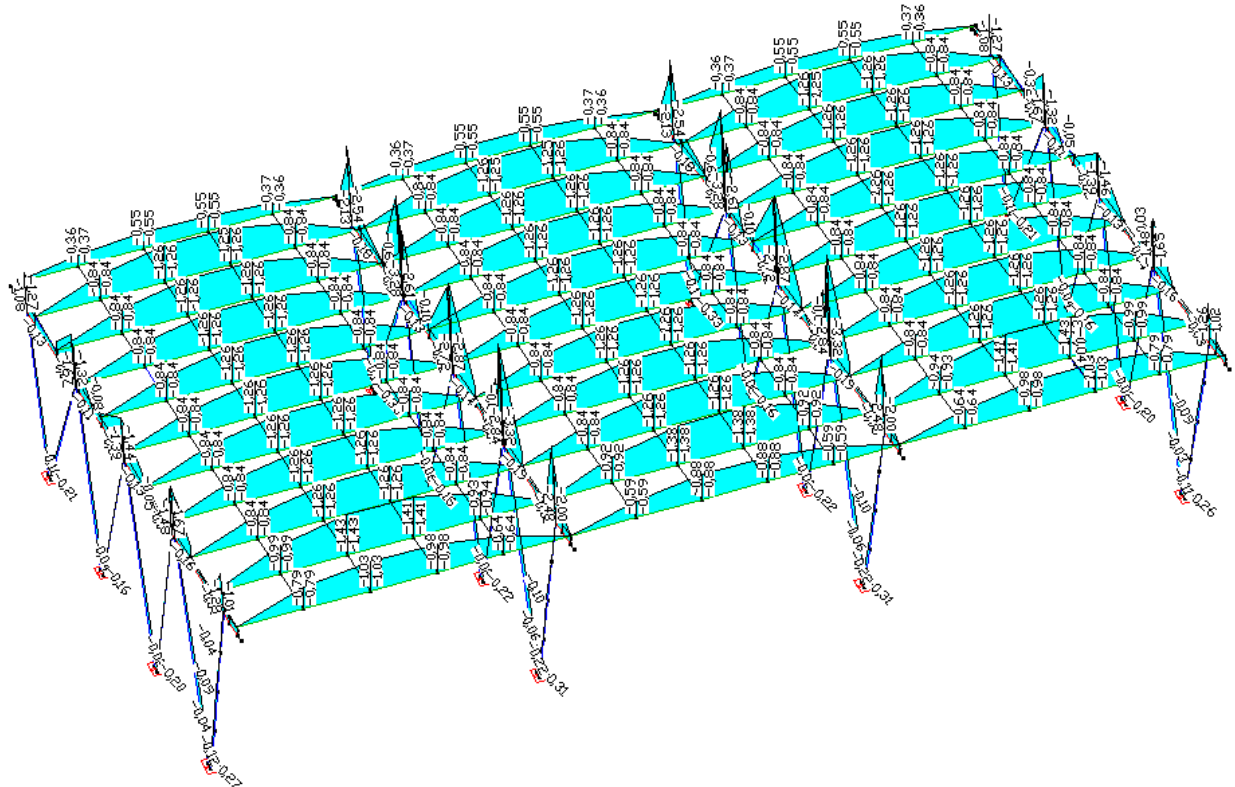
1. Ständige und vorübergehende Situation

Endzustand

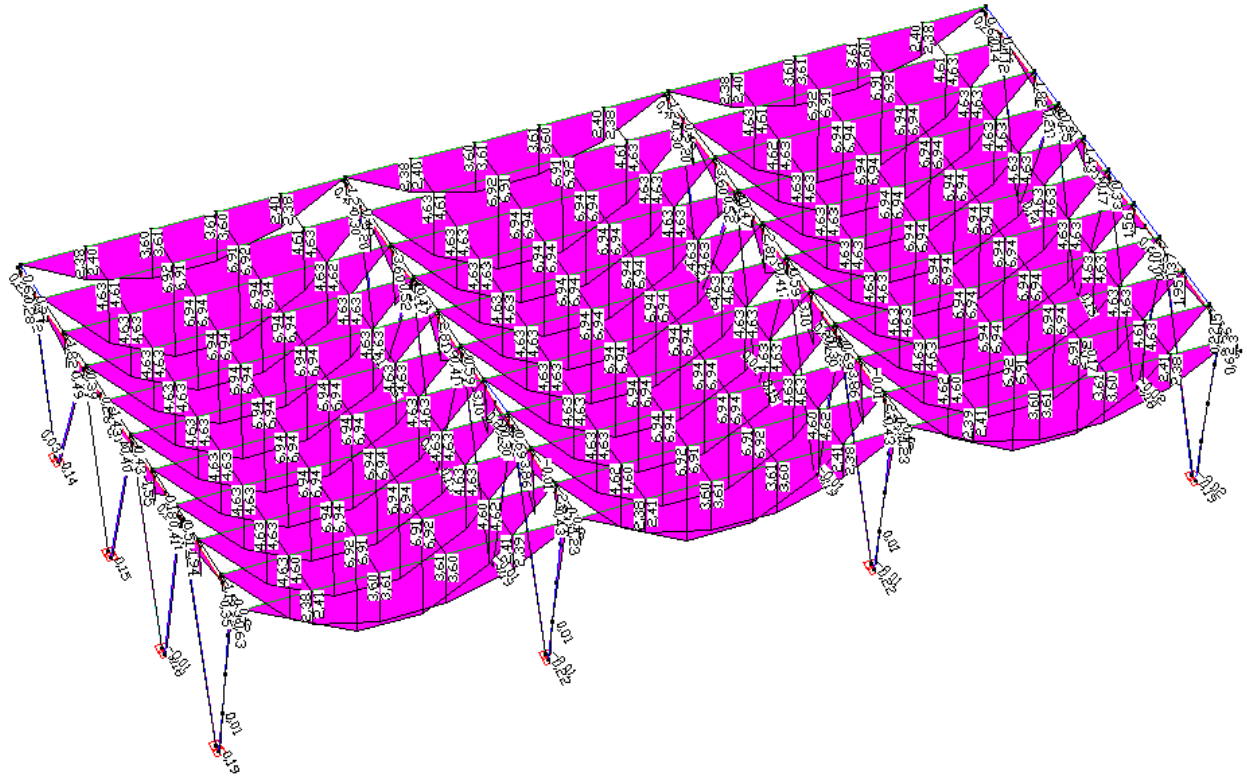
G Eigenlast



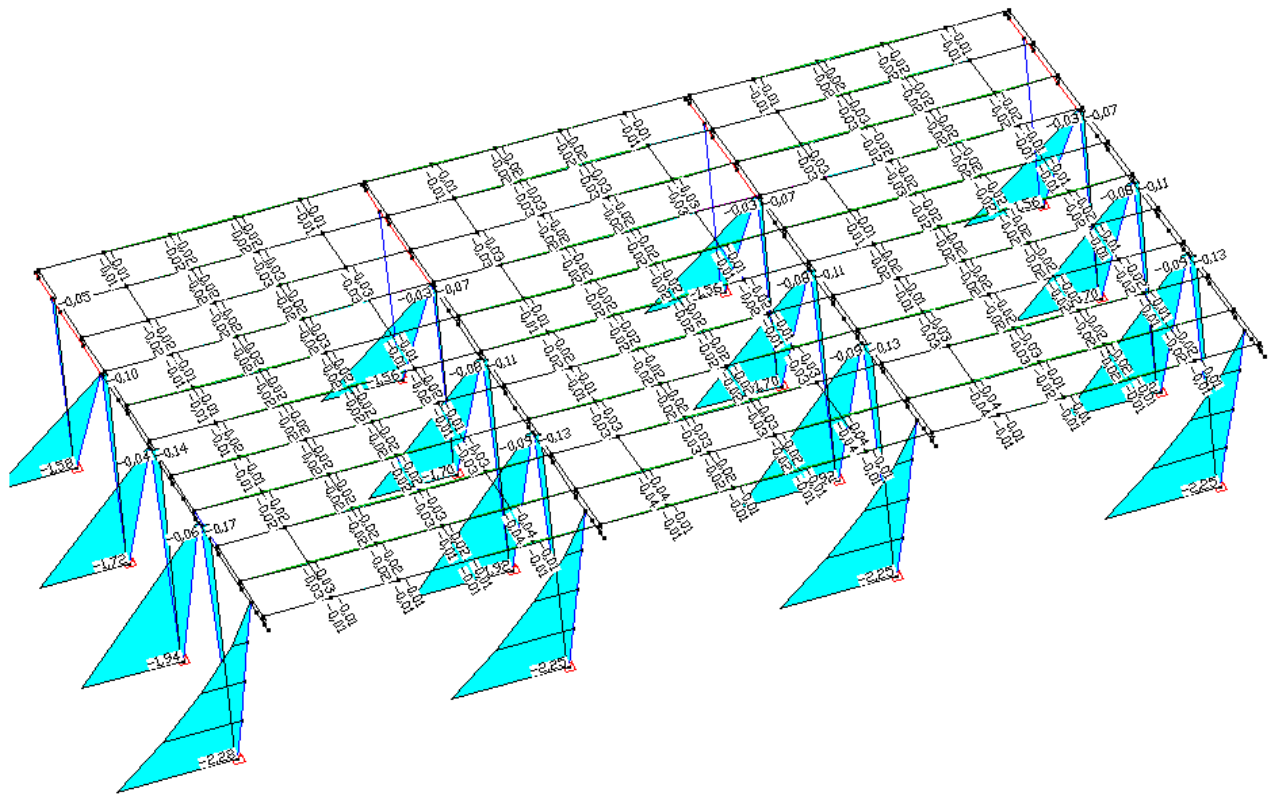
LFK EN1993 SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min Mx [kNm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,15/0,00 [kNm]



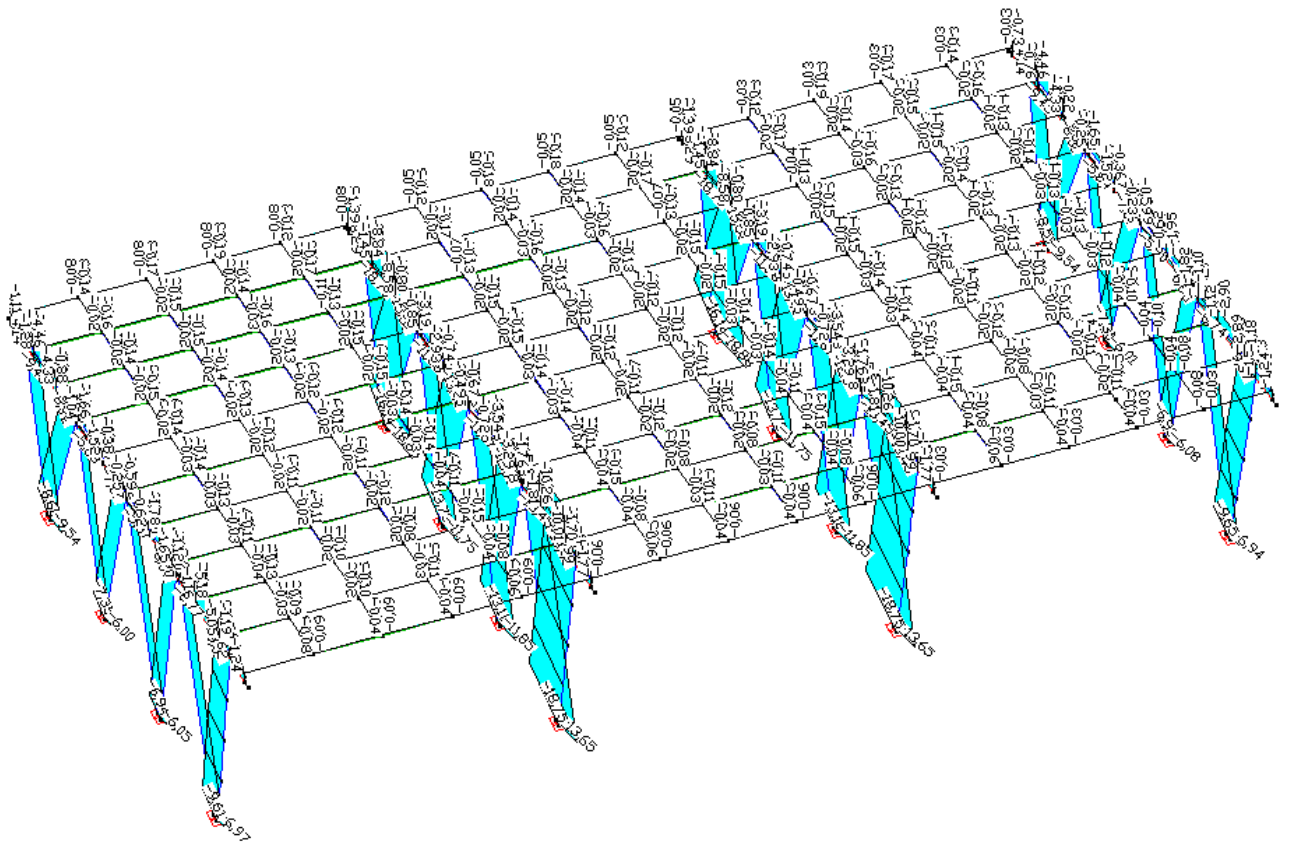
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min My [kNm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -3.32/0,00 [kNm]



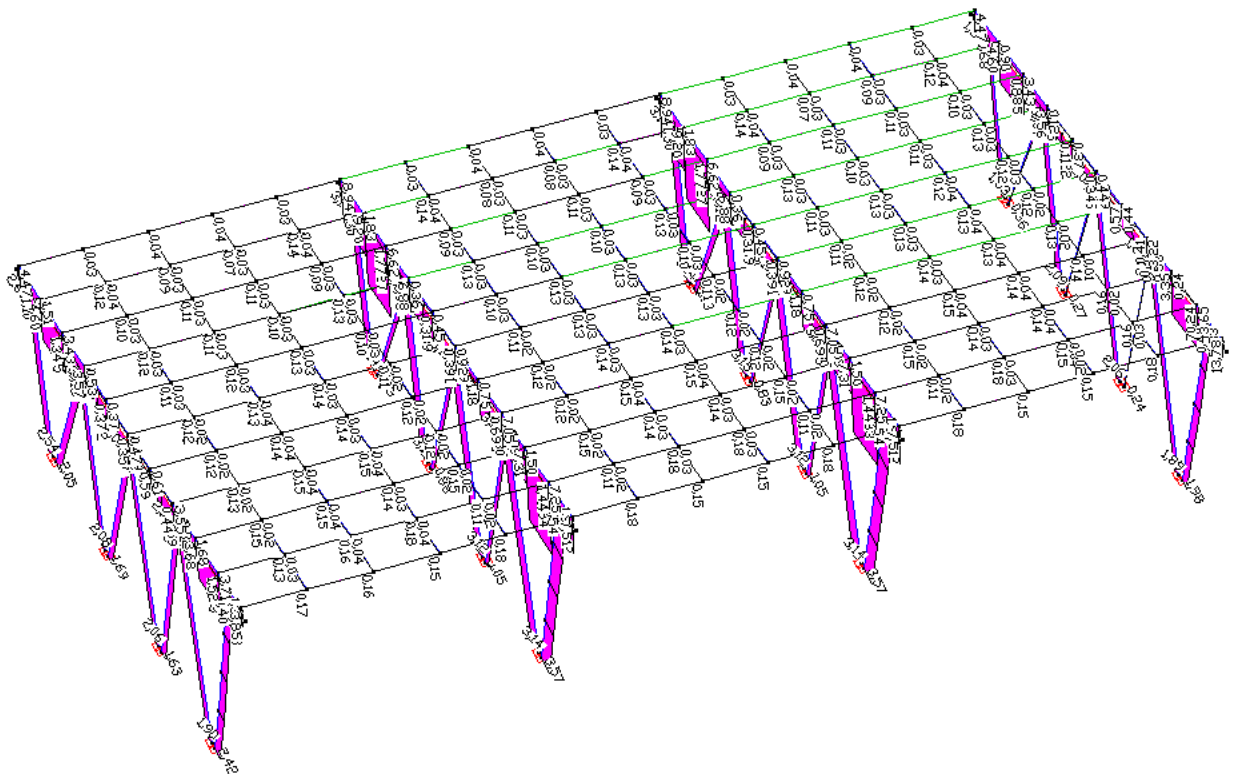
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen max My [kNm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,02/6,94 [kNm]



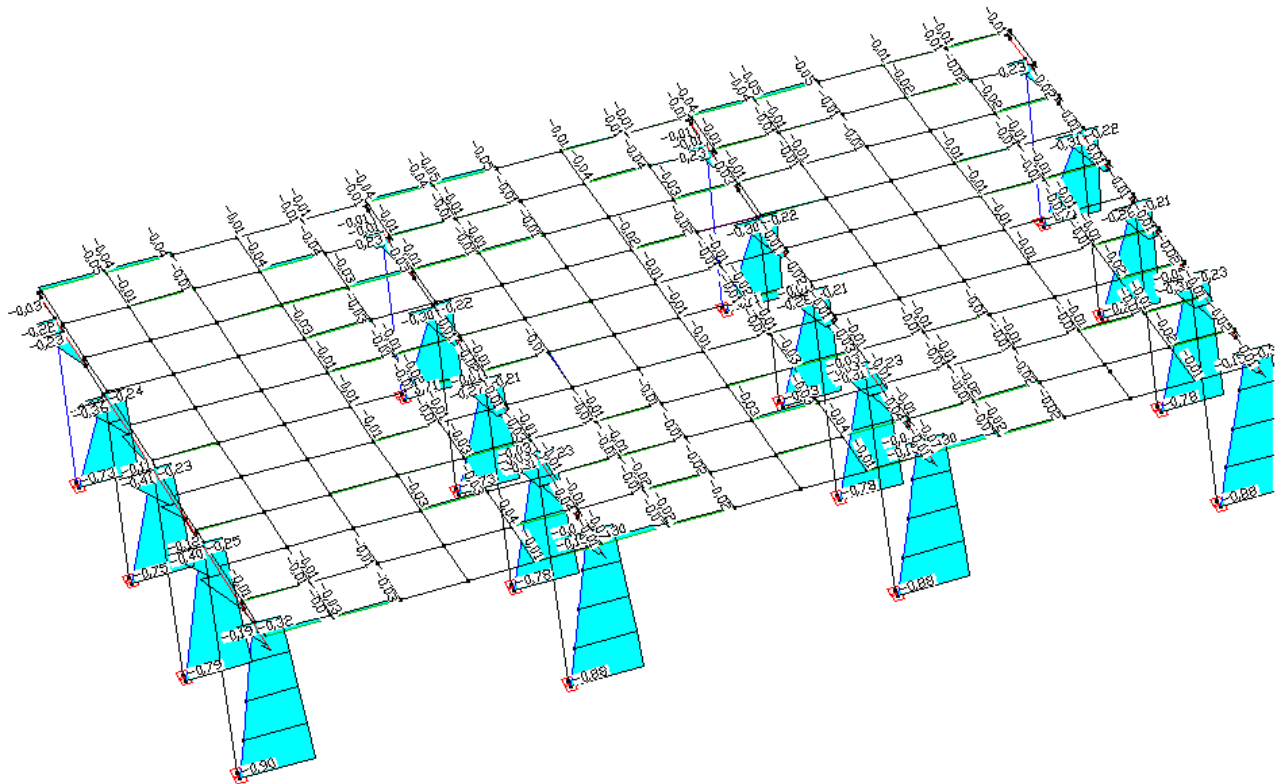
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min Mz [kNm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -2,28/0,00 [kNm]



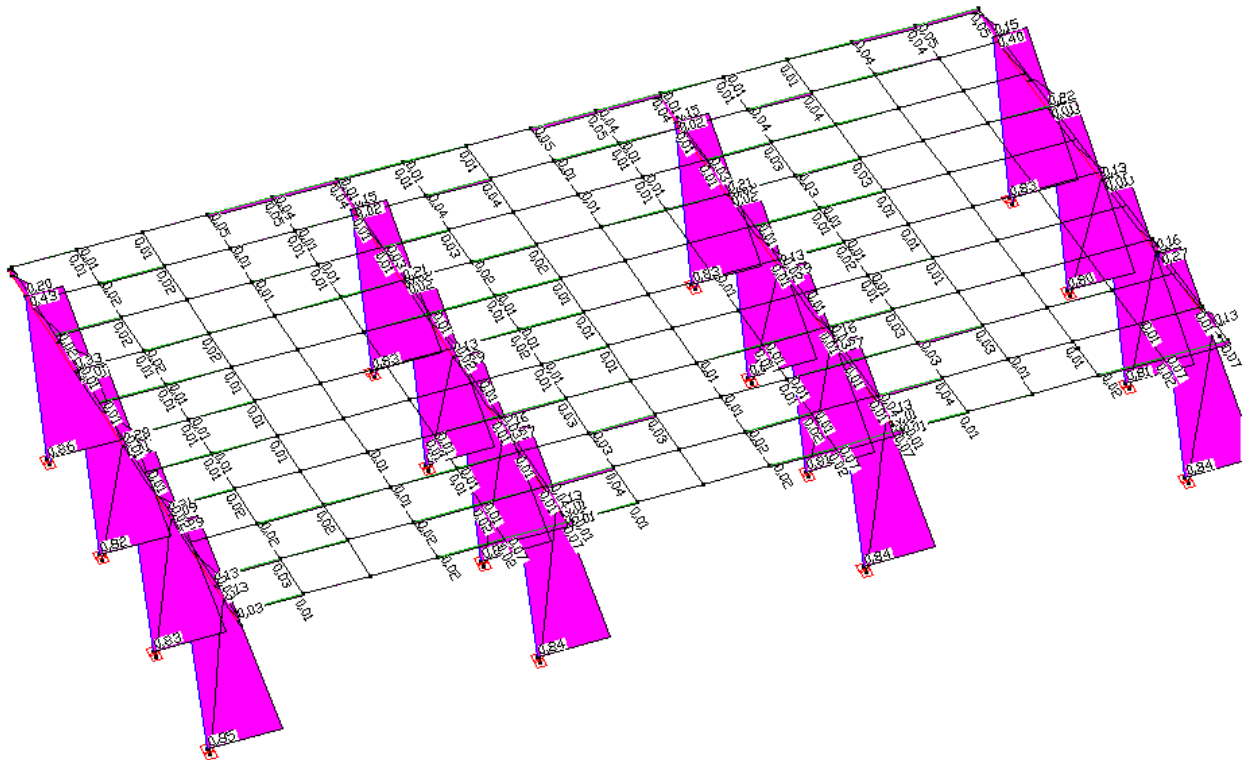
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min Nx [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -18,88/0,00 [kN]



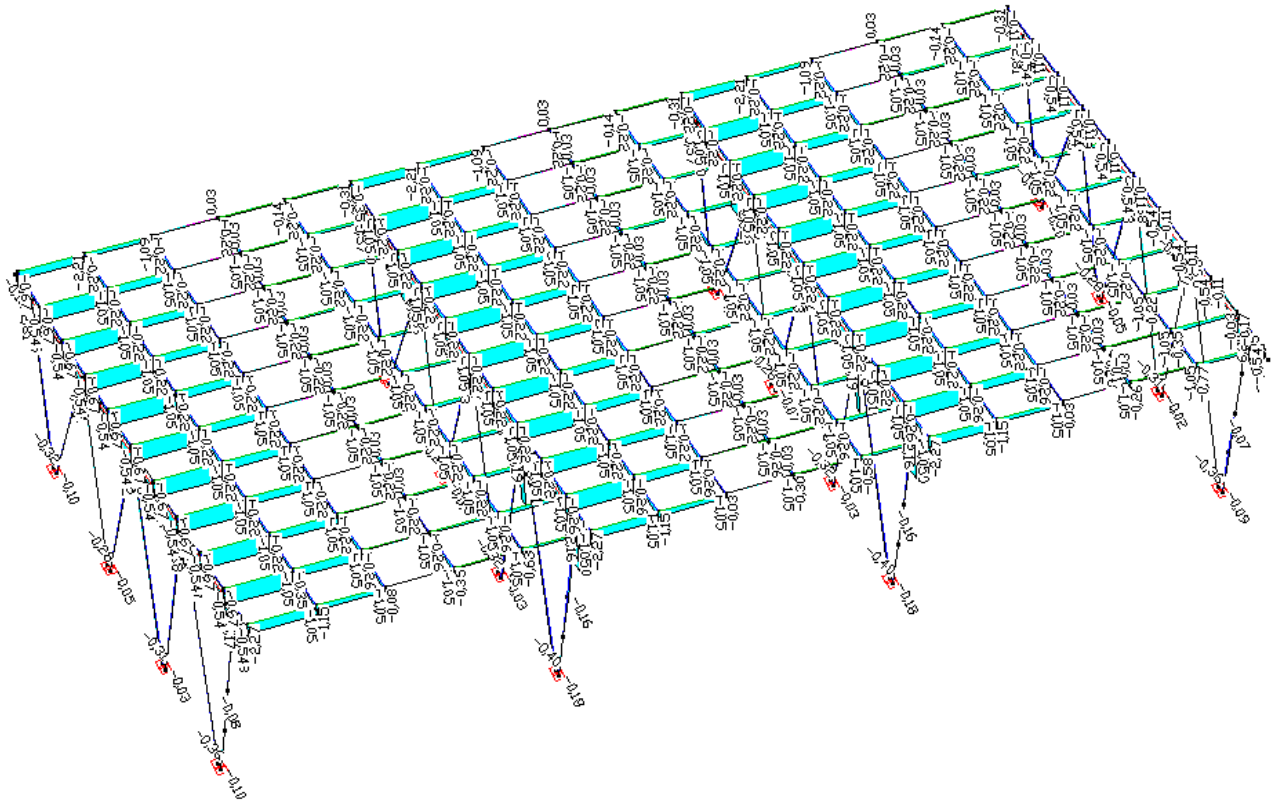
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen max Nx [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,00/13,34 [kN]



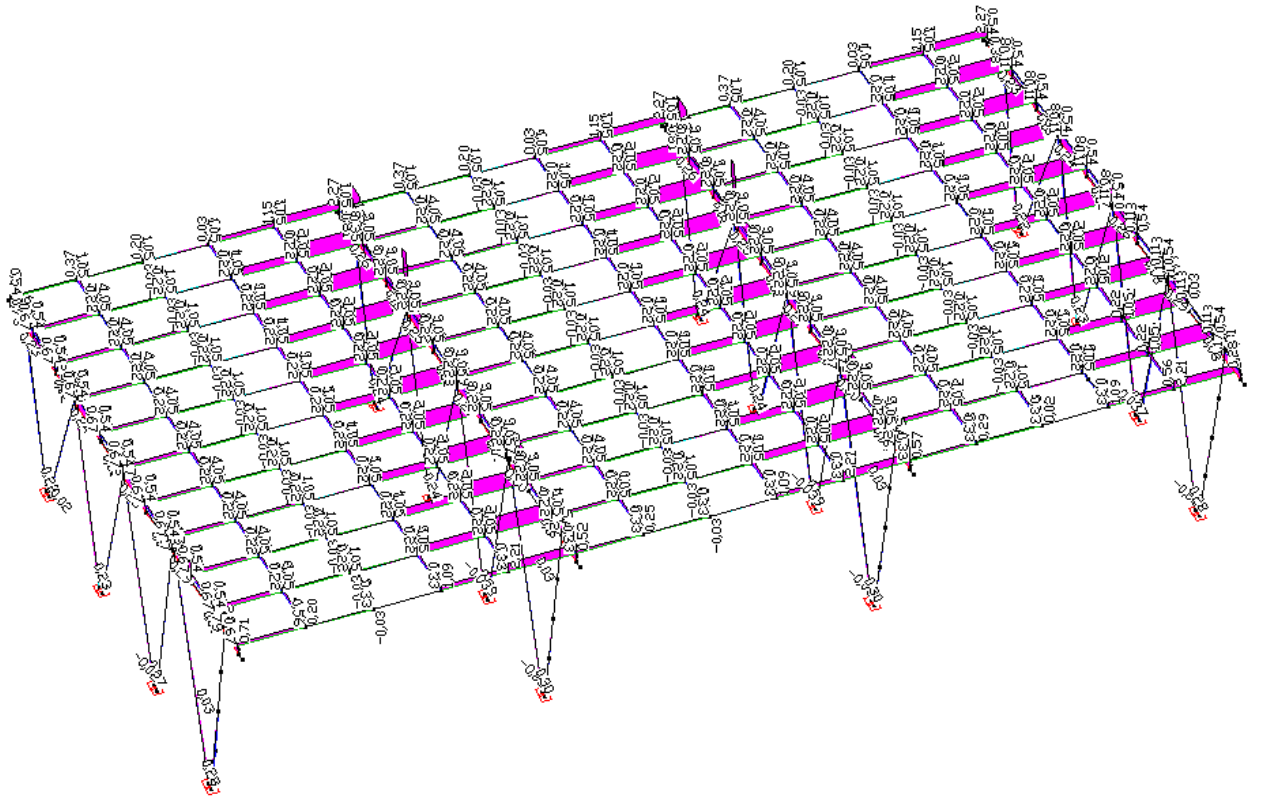
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min Q_y [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,90/0,00 [kN]



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen max Q_y [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,00/0,86 [kN]



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen min Qz [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -15,19/0,03 [kN]



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Schnittgrößen max Qz [kN]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,03/15,95 [kN]

4.2.2 Spannungsnachweise

DIN EN 1999-1-1:

6.2.4 Druckbeanspruchung

(1)P Für den Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft N_{Ed} muss folgender Nachweis erfüllt werden:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.20)$$

EN ANMERKUNG Die durch die Verschiebung der Schwerpunktschwerachse eines asymmetrisch geschweißten Querschnitts bedingte Außermittigkeit darf vernachlässigt werden. **EN**

(2) Als Bemessungswert der Drucktragfähigkeit unter gleichbleibender Druckkraft $N_{c,Rd}$ sollte der kleinere der Werte $N_{u,Rd}$ und $N_{c,Rd}$ angesetzt werden, wobei :

a) in Querschnitten mit unausgefüllten Löchern $N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2} \quad (6.21)$

b) andere Querschnitte
$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1} \quad (6.22)$$

Dabei ist

A_{net} die Nettoquerschnittsfläche, mit Lochabzügen bei unausgefüllten Löchern und gegebenenfalls einem Abzug zur Berücksichtigung der Festigkeitsreduktion die in der WEZ, siehe 6.2.2.3. Bei Löchern in Bereichen mit reduzierter Dicke darf der Lochabzug auf die reduzierte Dicke anstelle der Bauteildicke berechnet werden;

A_{eff} wirksame Querschnittsfläche auf der Grundlage einer reduzierten Dicke zur Berücksichtigung örtlichen Beulens und der Festigkeitsreduktion in der WEZ, aber unausgefüllte Lochflächen nicht angesetzt.

6.2.5 Biegebeanspruchung

6.2.5.1 Grundlage

(1)P Für den Bemessungswert des einwirkenden Biegemomentes M_{Ed} muss in jedem Querschnitt folgender Nachweis erfüllt werden:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad (6.23)$$

ANMERKUNG Die durch die Verschiebung der Schwerpunktschse eines asymmetrisch geschweißten Querschnitts bedingte Außermittigkeit darf vernachlässigt werden. **AN**

(2) Als Bemessungswert der Biegetragfähigkeit eines Querschnitts unter einachsiger Biegung M_{Rd} wird der kleinere der Werte $M_{u,Rd}$ und **AN** $M_{o,Rd}$ **AN** angesetzt, wobei

$$M_{u,Rd} = W_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad \text{in einem Nettoquerschnitt und} \quad (6.24)$$

$$\text{AN} M_{o,Rd} = \alpha W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1} \quad \text{AN}$$

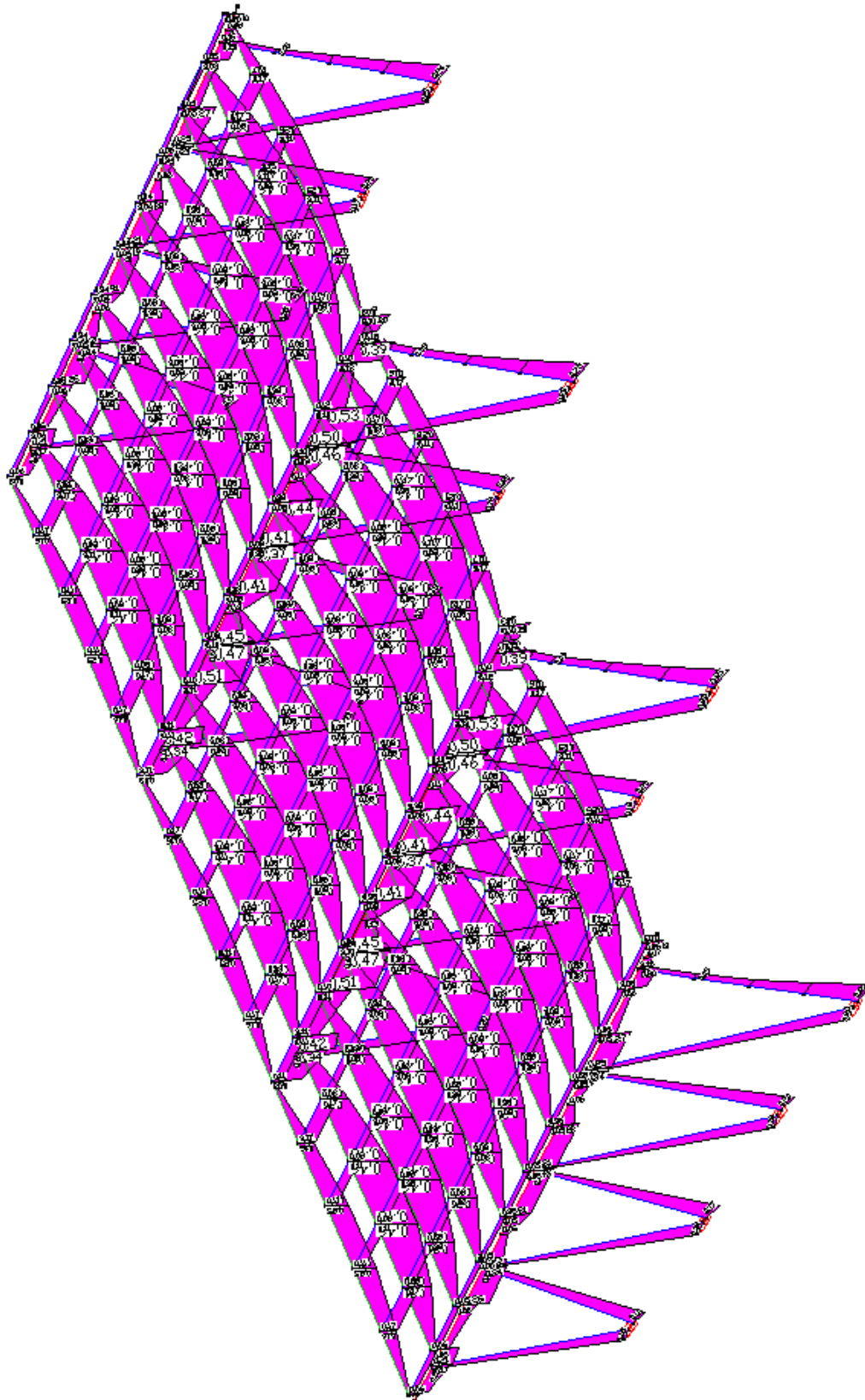
Dabei ist

α der Formfaktor, siehe Tabelle 6.4;

W_{el} das elastische Widerstandsmoment des Bruttoquerschnitts (siehe 6.2.5.2);

W_{net} das elastische Widerstandsmoment des Nettoquerschnittes unter Berücksichtigung von Löchern und bei geschweißten Querschnitten der Festigkeitsreduktion in der WEZ (siehe 6.2.5.2). Der letztgenannte Abzug basiert auf der reduzierten Dicke $\rho_{u,haz} \cdot t$.

Auf der sicheren Seite wird eine zulässige Spannung von **fo = 195,45 N/mm² angesetzt.**



Ausnutzung nach EN 1993-1-1 [-]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,53 [-]

Max. Querschnittsausnutzung nach EN 1993-1-1

| Querschnitt | Stab | Ort [m] | Kombination | Situation | Klasse | Ausnutzung | |
|-------------------------|------|------------|-------------|-----------|--------|------------|------|
| 1 1 Querschnitt - Stahl | 406 | 2 | 1,06 | Ständige | 1 | 3 | 0,46 |
| 2 2 Querschnitt - Stahl | 282 | 2 | 0,75 | Ständige | 1 | 3 | 0,53 |
| 3 Stütze - Stahl | 670 | 2 | 0,97 | Ständige | 1 | 3 | 0,25 |
| 4 Querschnitt-4 - Stahl | 505 | 2 | 0,97 | Ständige | 1 | 3 | 0,17 |

4.2.3 Detailnachweise

4.2.3.1 Fußpunkt

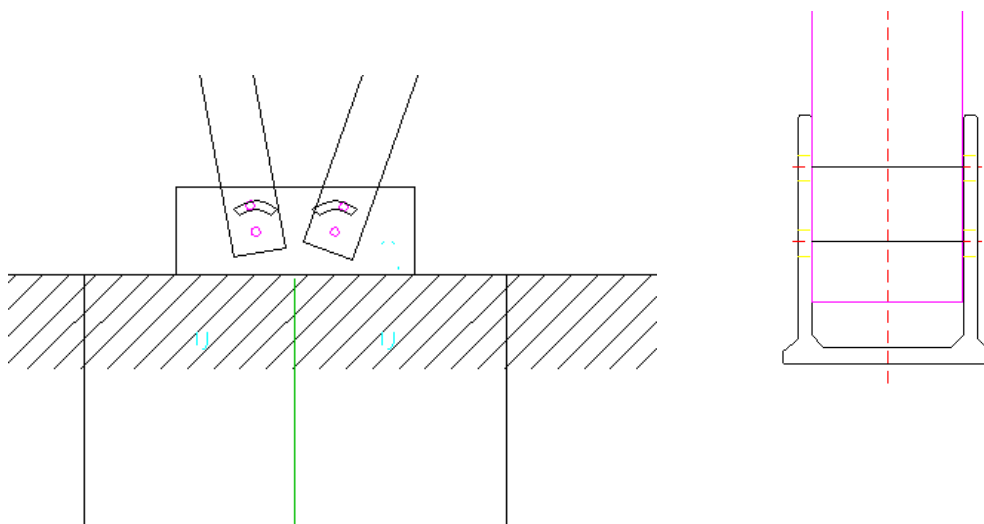
a) Modell

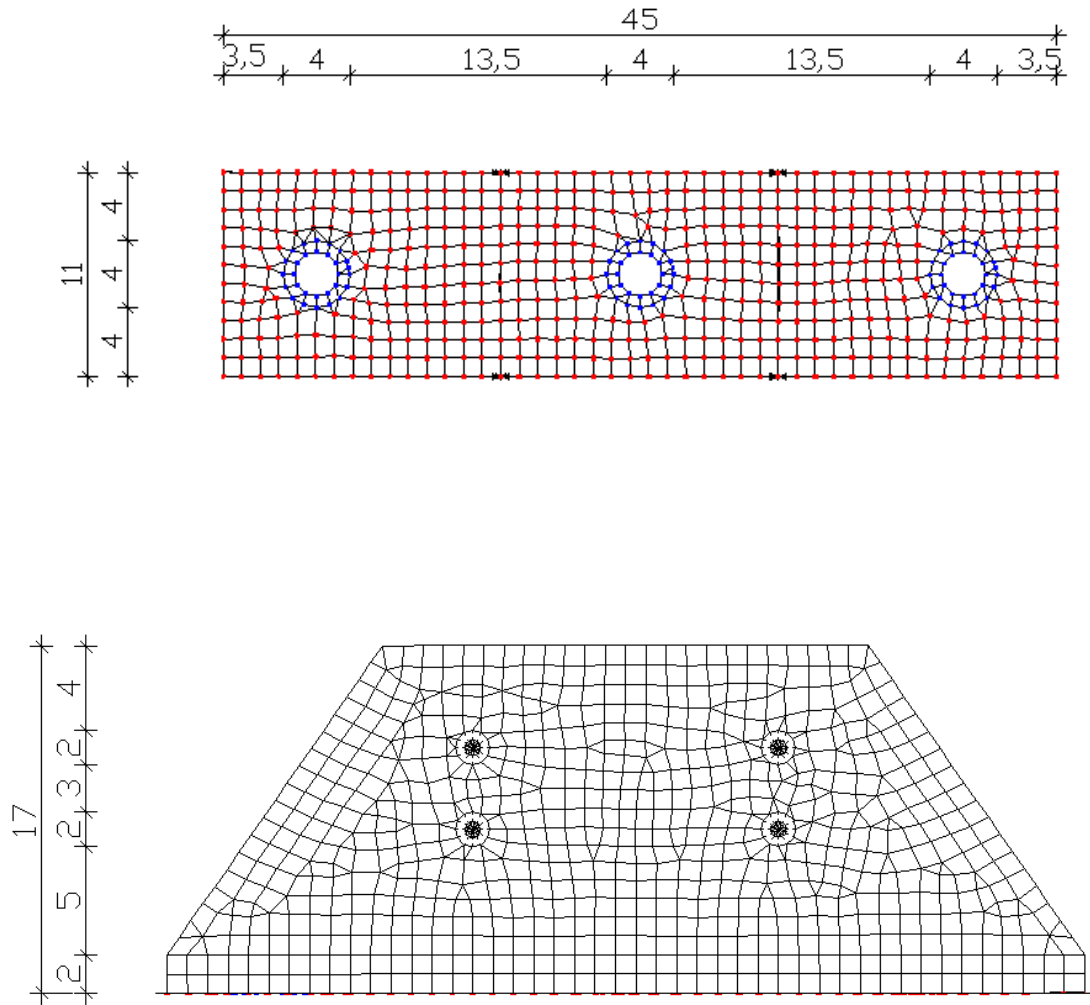
Der Fußpunkt aller Stützen wurde als eingespannt in der vorliegenden Berechnung betrachtet. Die Einspannung erfolgt über ein Blechprofil aus Aluminium. Dieses weist eine Wandstärke von 11 mm auf und wird mittels 3 Schrauben mit dem Baugrund befestigt. Der Nachweis des Baugrundes ist nicht Gegenstand dieser Berechnung.

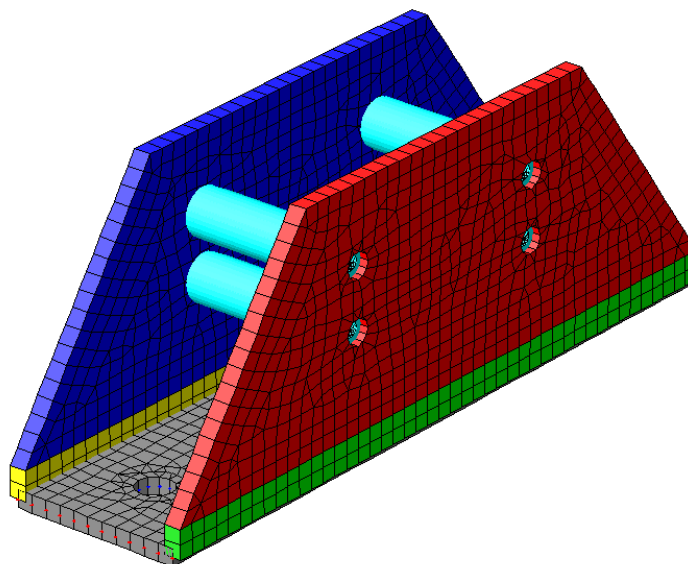
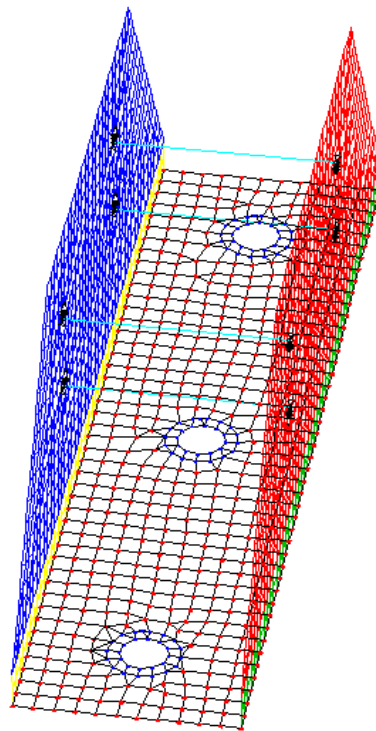
Für den Nachweis des Blechprofils wird folgendes FEM-System zugrunde gelegt:

Das Blechprofil wird aus Schalenelementen modelliert. Die Platte für das Blechprofil wird gebetet bzw. über punktuelle Lager gelagert. Bei diesen Lagern (rote Lager) dürfen keine Zugspannungen vorhanden sein.

Im Bereich der Verankerung mit dem Untergrund werden die Lager (blau) nur auf Druckkräfte aktiviert.







Querschnittsfarbe

b) Belastung

Schnittgrößen aus dem Haupsystem:

Maßgebend sind die Schnittgrößen der Kombination K2

Auflagerpunkt 1

Für Max $M_x = 2,21$ kNm

Korrespondierende Schnittkräfte:

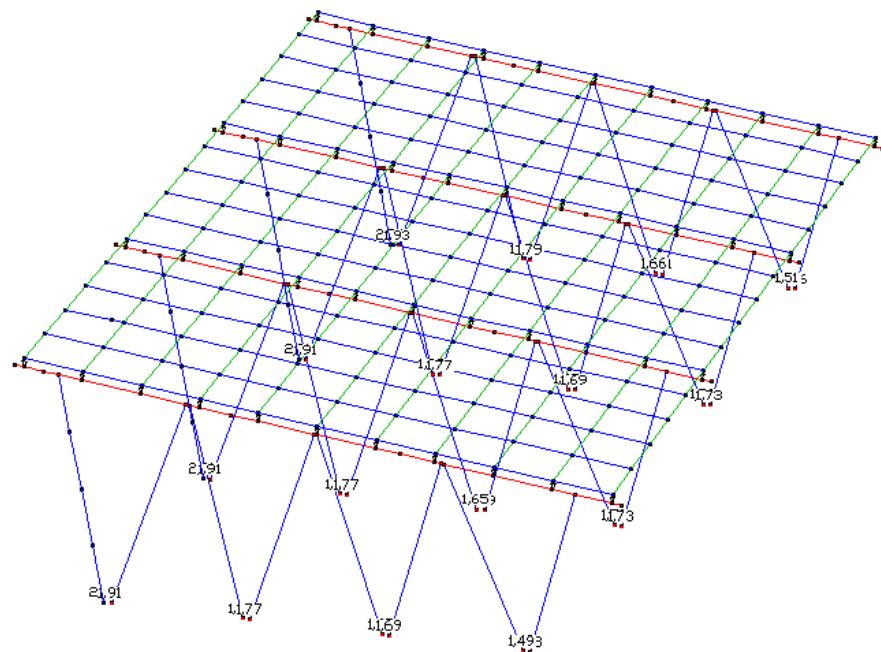
$M_z = -0,42$ kNm

$M_y = 0,03$ kNm

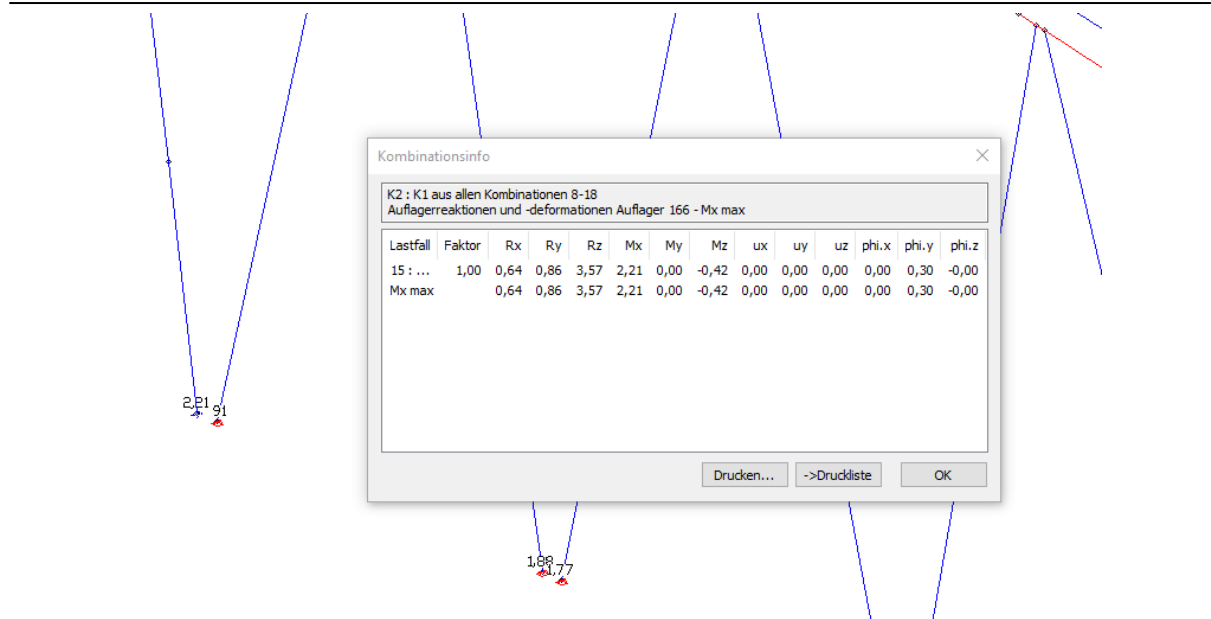
$R_x = 0,64$ kN

$R_y = 0,86$ kN

$R_z = 3,57$ kN



LFK 2: K1 aus allen Kombinationen 8-18
Auflagerreaktionen im Lokalsystem max $M_x(l)$ [kNm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 1,49/2,24 [kNm]



Kräfte in Z Richtung:

Aus Mx

Verteilung der Kräfte auf 2 Schrauben:

Zugkraft nach oben = nach unten

$$2,21 / 0,1 * 2 = 11,05 \text{ kN}$$

Aus Rz in Z Richtung:

$$Rz = 3,57/4 = 0,9 \text{ kN}$$

$$Z = 11,05 - 0,9 = 10,15 \text{ kN}$$

Druckkraft

$$D = 11,05 + 0,9 = 11,95 \text{ kN}$$

Kräfte in X Richtung

Aus Mz

$$0,42/0,1*2 = 2,1 \text{ kN}$$

Aus Rx in X Richtung

$$Rx = 0,64/ 4 = 0,16 \text{ kN}$$

$$Z = 2,1 + 0,16 = 2,26 \text{ kN}$$
$$D = 2,1 - 0,16 = 1,94 \text{ kN}$$

Kräfte in Y Richtung

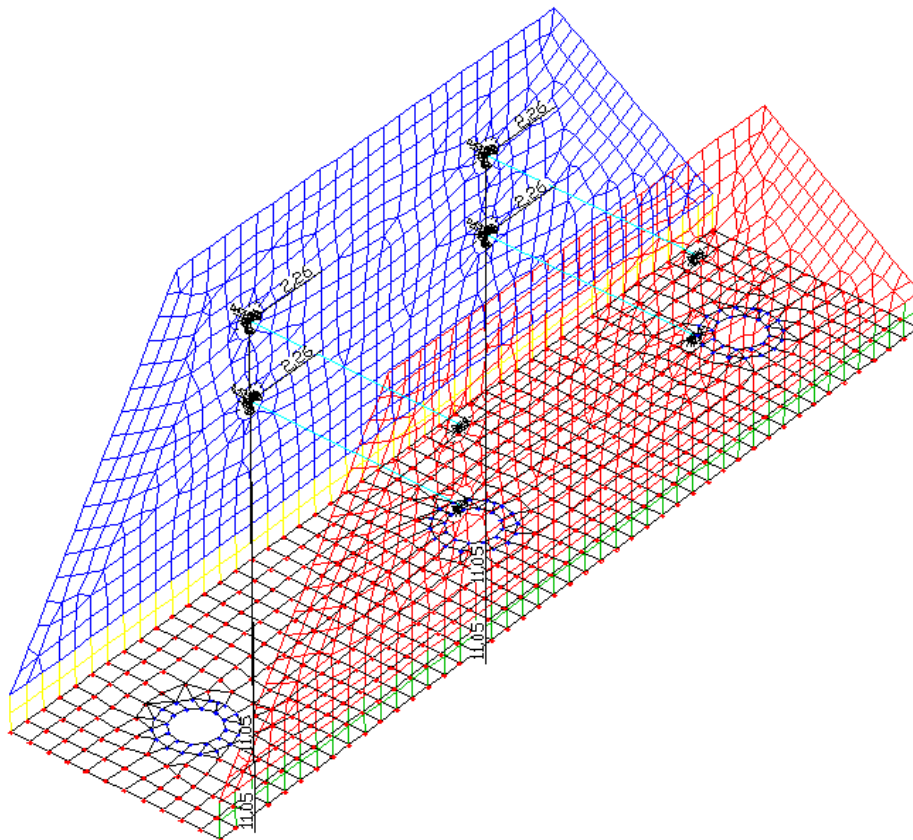
$R_y = 0,86 \text{ kN}$ wird über zwei Schrauben verteilt.

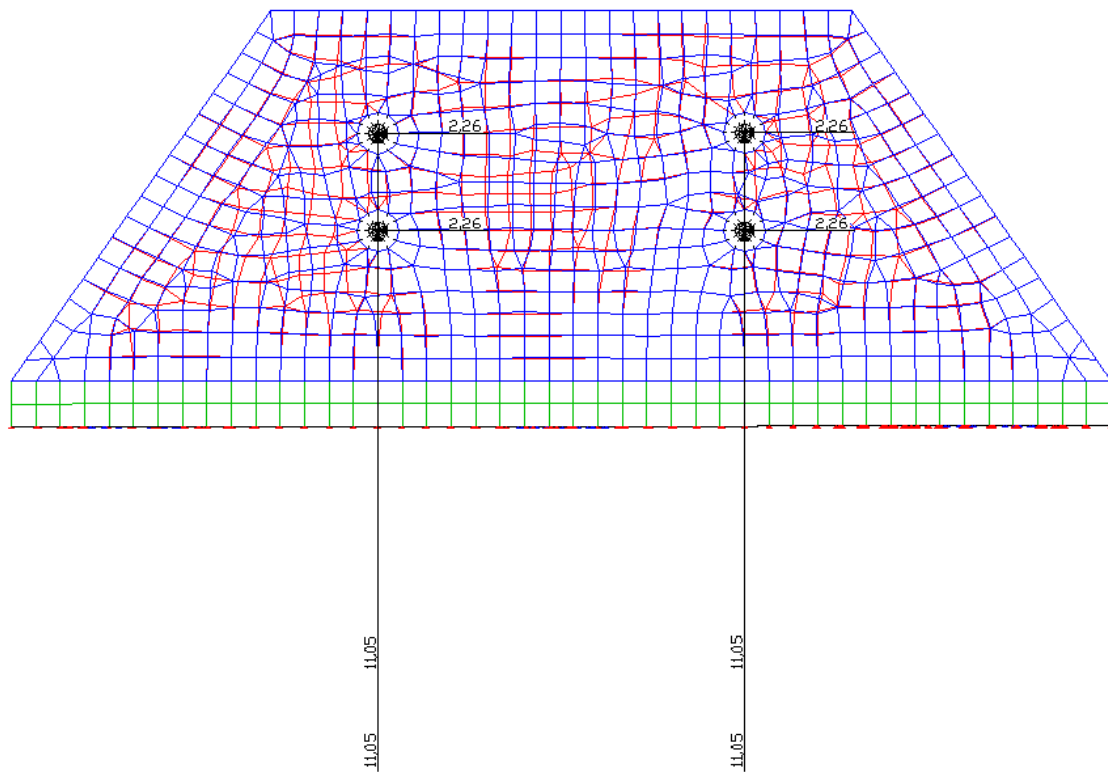
Auflagerpunkt 2

Auf der sicheren Seite liegend werden die Lasten wie bei Auflagerpunkt 1 angesetzt.

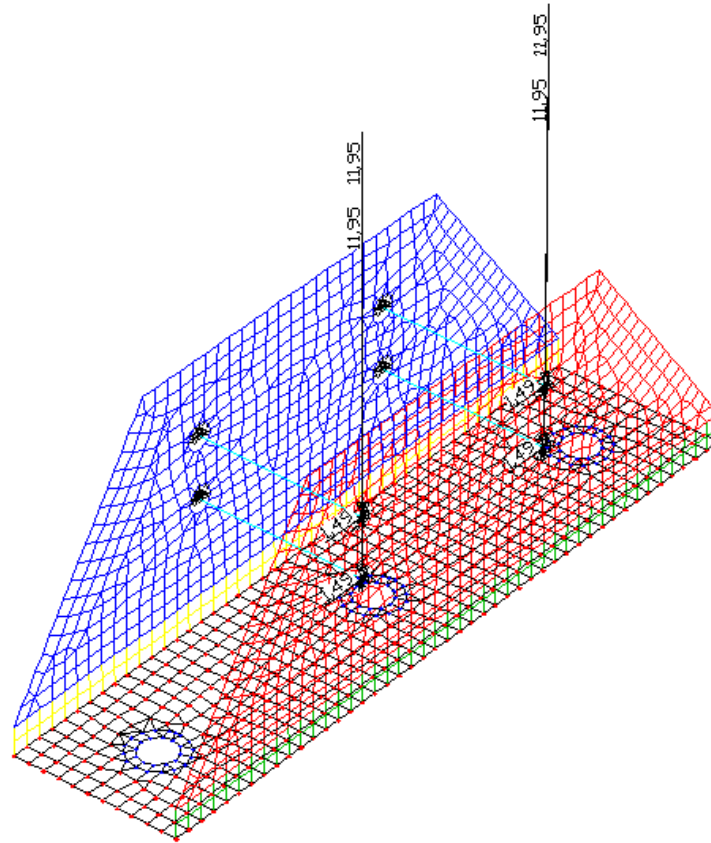
Lastbilder:

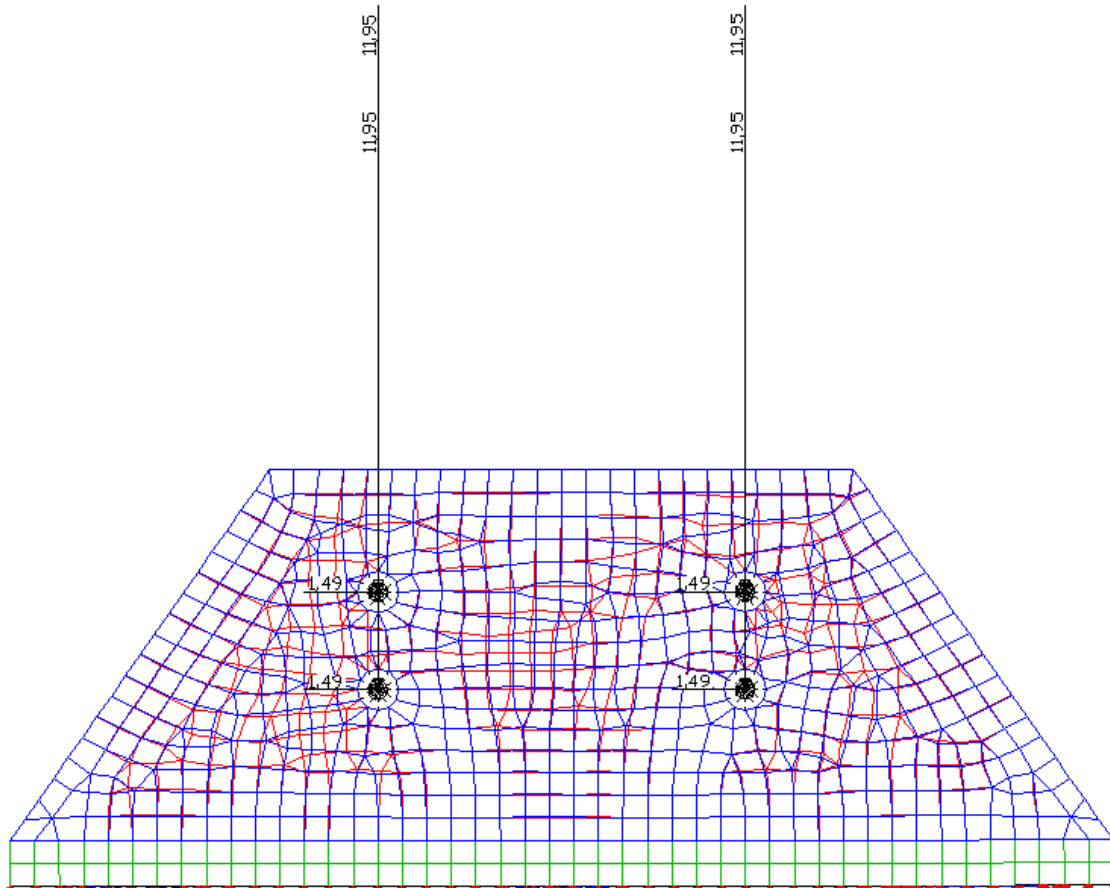
Zugkräfte



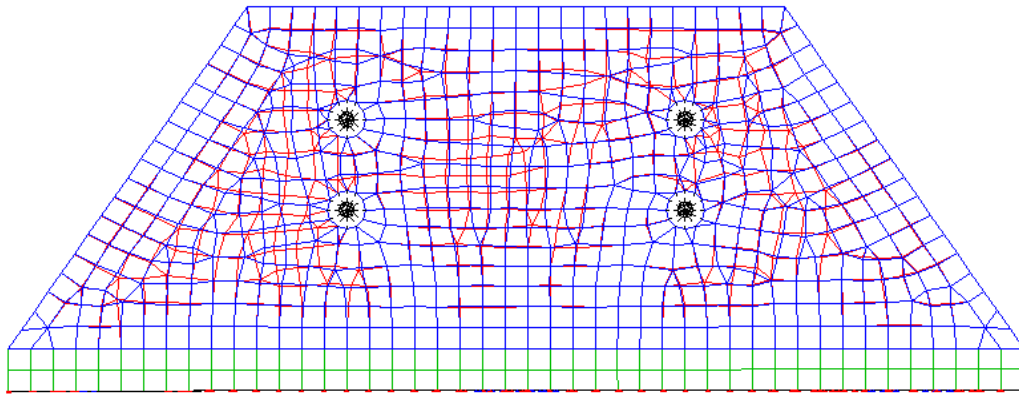


Druckkräfte



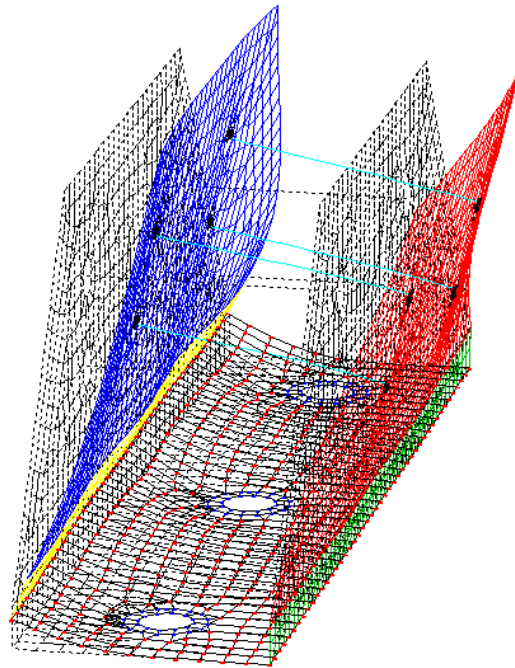


EINF:(1-2)*1



Verformung

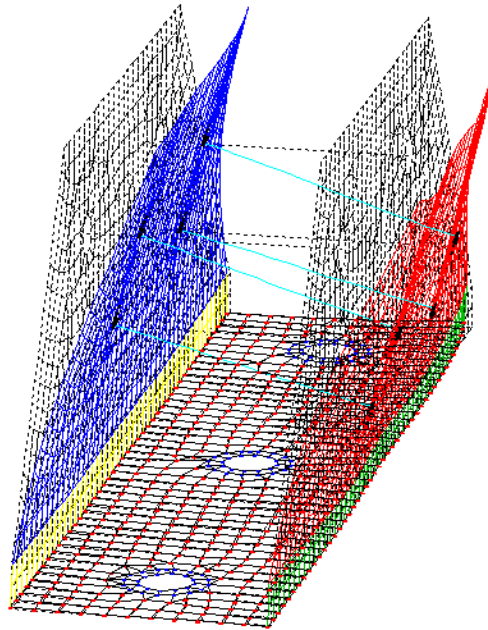
LF 1:



LF 1: Zugkräfte
Deformationen u [mm], Faktor = 95,8
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,52 [mm]
Querschnittsfarbe

- 1-Boden ■
- 2-Wand-1-unten ■
- 3-Wand-1-oben ■
- 4-Wand-2-unten ■
- 5-Wand-2-oben ■
- 6-RO 30/10 ■

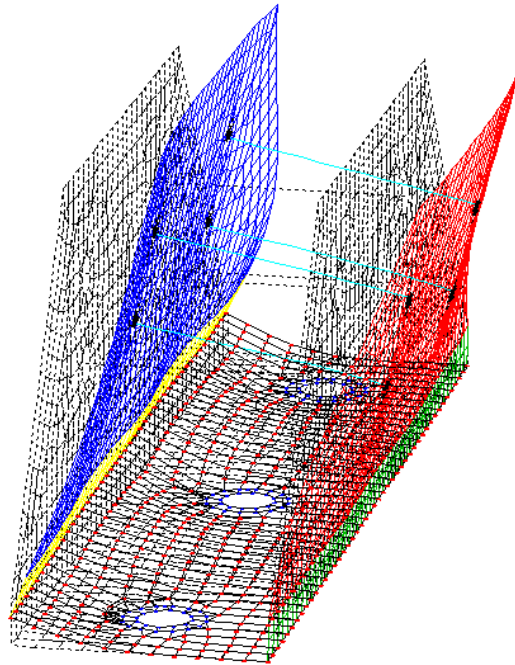
LF 2



LF 2: Druckkräfte
Deformationen u [mm], Faktor = 1372,6
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,04 [mm]
Querschnittsfarbe

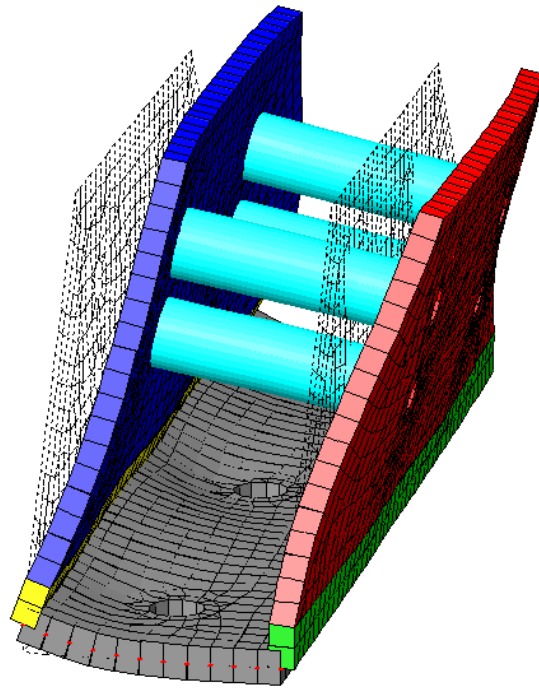
1-Boden ■
2-Wand-1-unten ■
3-Wand-1-oben ■
4-Wand-2-unten ■
5-Wand-2-oben ■
6-RO 30/10 ■

LF1 + LF 2



LF 3: 1+2
Deformationen u [mm], Faktor = 92,4
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,53 [mm]
Querschnittsfarbe

- 1-Boden ■
- 2-Wand-1-unten ■
- 3-Wand-1-oben ■
- 4-Wand-2-unten ■
- 5-Wand-2-oben ■
- 6-RO 30/10 ■



LF 3: 1+2
Deformationen u [mm], Faktor = 92,4
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,53 [mm]
Querschnittsfarbe

1-Boden ■
2-Wand-1-unten ■
3-Wand-1-oben ■
4-Wand-2-unten ■
5-Wand-2-oben ■
6-RO 30/10 ■

Die Streckgrenze ist $f_0 = 215 \text{ N/mm}^2$

Die zulässige Spannung beträgt:

$$215 / \gamma_{M1} = \mathbf{195,45 \text{ N/mm}^2} \quad \gamma_{M1} = 1,1 \quad (\text{DIN EN 1999-1-1: 6.1.3})$$

Vorhandene Spannungen:

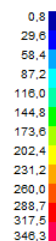
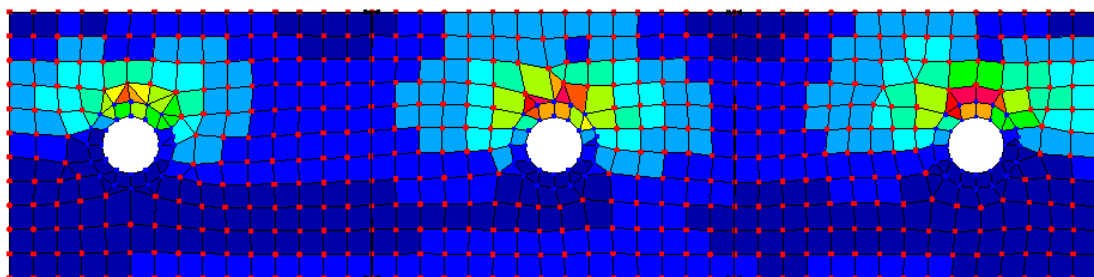
Spannung in der Platte.

Spannungen

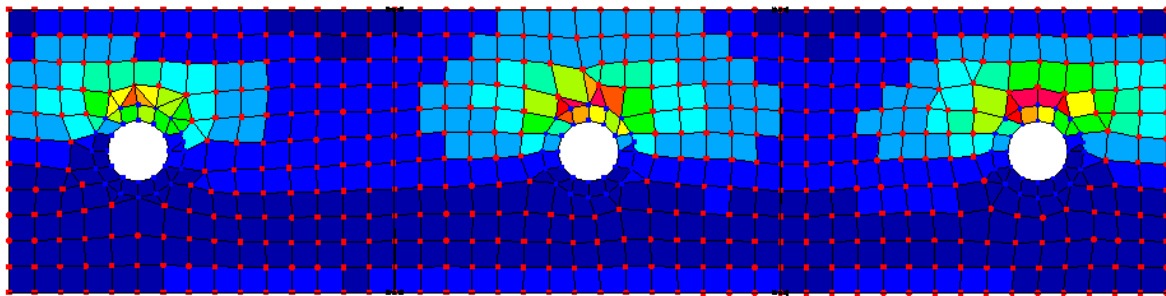
- σ_x, σ_y Extremale Normalspannungen aus Biegung und Normalkraft.
- σ_{xy} Extremale Schubspannungen aus Drillmoment und Schubkraft
- τ_{xy}, τ_{xz} Extremale Schubspannungen aus Querkraft und Torsion.
- σ_v Maximale **Vergleichsspannung**.
- σ_1, σ_2 Extremale Hauptspannungen.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_x \cdot \sigma_z + \sigma_y \cdot \sigma_z) + 3 \cdot (\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2 + \sigma_{yz}^2)}$$

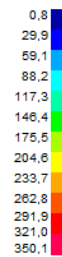
Vergleichsspannung nach der Huber-v.Mises-Fließbedingung



LF 3_1+2
 Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) Sigma.v oben [MN/m²]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0.82/346,33 [MN/m²]
 Berechnung in den Elementschwerpunkten



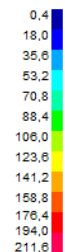
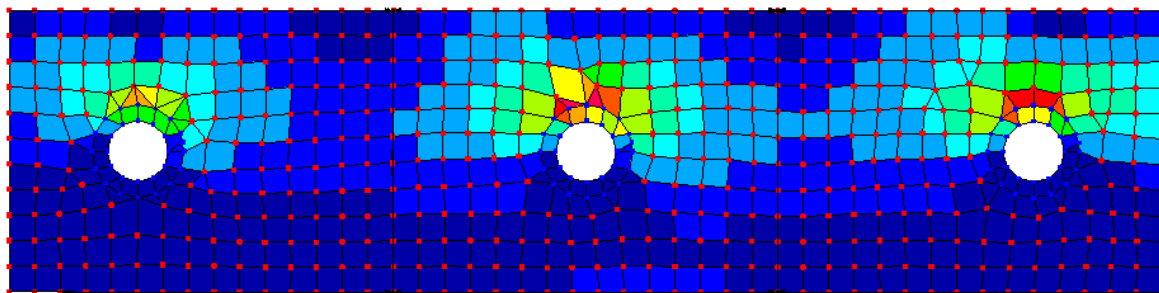
LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,85/350,06 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



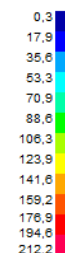
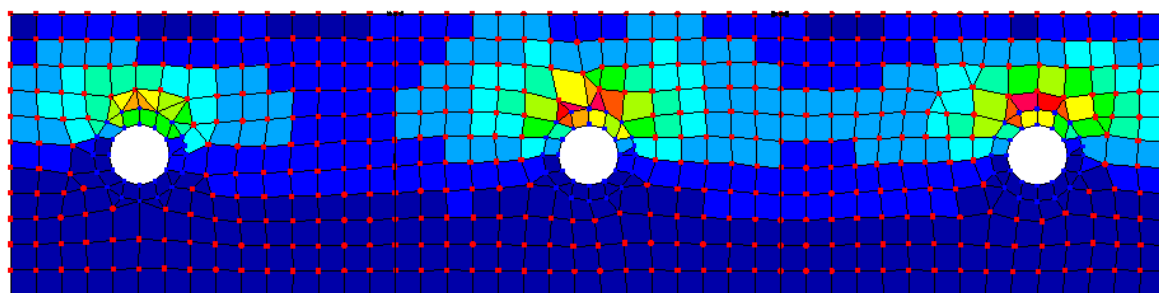
Im Bereich der Verankerungen (blaue Lager) sind Spannungen bis zu 350 N/mm^2 vorhanden. Diese überschreiten die zulässige von $195,45 \text{ N/mm}^2$.

Zur Minimierung der Spannung wird eine Unterlegscheibe mit einer Stärke von 15 mm darauf gelegt. Die Unterlegscheibe ist 8 cm breit und 40 cm lang.

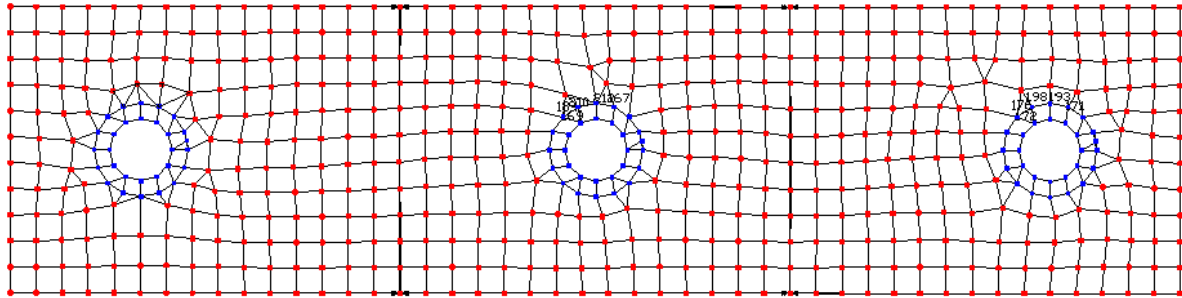
Programmintern werden sie Spannungen mit eine Plattenstärke von $d = 15 \text{ mm}$ statt 11 mm.



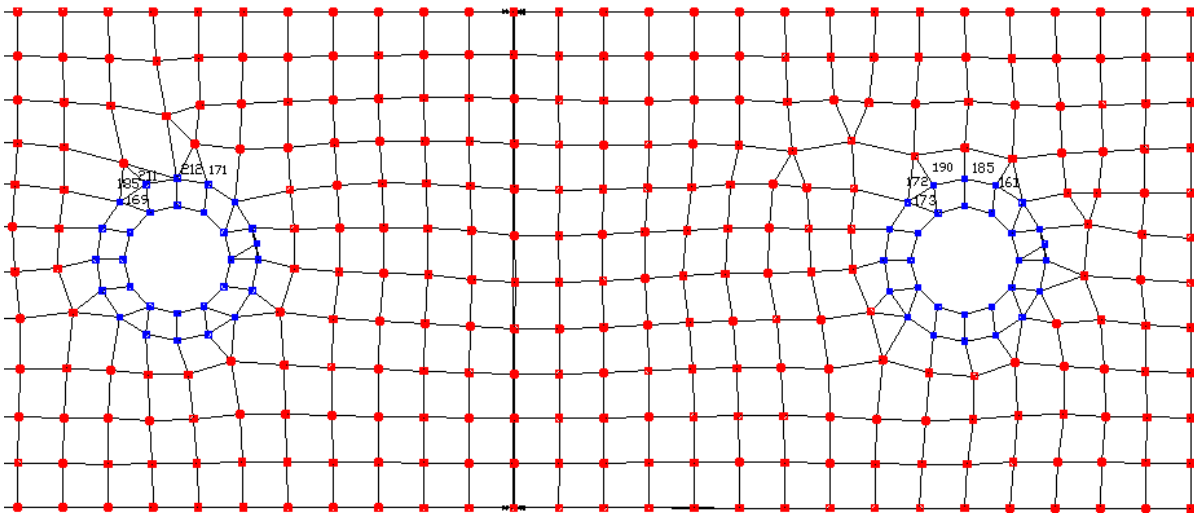
LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,38/211,64 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



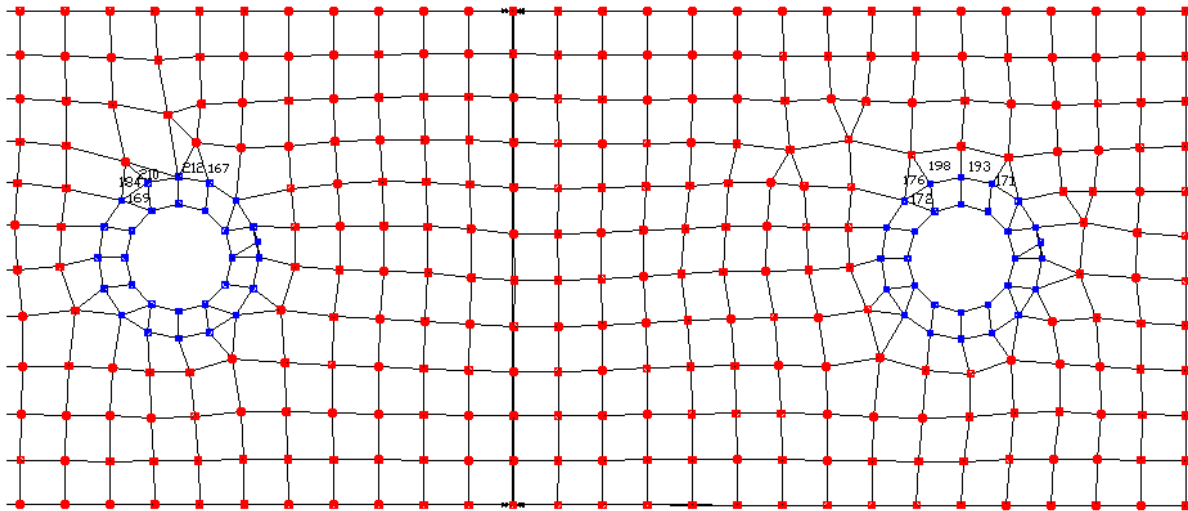
LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,29/212,22 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) $\Sigma\sigma_x$ unten $\geq 160,00$ [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,29/212,22 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) $\Sigma\sigma_x$ oben $\geq 160,00$ [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,38/211,64 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



LF 3: 1+2
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) σ_{max} unten $\geq 160,00$ [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,29/212,22 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Die vereinzelt überschreitungen sind hinnehmbar. Unter der Unterscheibe ist die Platte mit 11 mm Stärke.

Nachweis der Lochleibung

Es gilt nach DIN EN 1999-1-1, Tabelle 8.5

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.11)$$

Dabei ist α_b der kleinste Wert ist von α_d , $\frac{f_{ub}}{f_u}$ und 1,0; aber $\leq 0,66$ für Langlöcher (8.12)

in Krafrichtung:

— für am Rand liegende Schrauben: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$; (8.13)

— für innen liegende Schrauben: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$; (8.14)

rechtwinklig zur Krafrichtung:

— für am Rand liegende Schrauben:

k_1 ist der kleinere Werte von $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$ oder 2,5 (8.15)

— für innen liegende Schrauben:

k_1 ist der kleinste Werte von $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ oder 2,5 (8.16)

f_u charakteristischer Wert der Zugfestigkeit der Werkstoffe der verbundenen Teile

f_{ub} charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes

d Durchmesser des Verbindungsmittels

d_0 Lochdurchmesser

e_1, e_2, p_1, p_2 siehe Bild 8.1 ⁵⁾

Überprüfen der Schraubenabstände

Knotenblech $t = 11 \text{ mm}$

$d = 14 \text{ mm}$

Schrauben M12- 5,6

$e_1 = 40 \text{ mm} \geq 2 \times d = 32 \text{ mm}$

$e_1 = 40 \text{ mm} \leq 4 \times t + 40 \text{ mm} = 84 \text{ mm}$

$p_1 = 35 \text{ mm} \geq 2,5 \times 14 = 35 \text{ mm}$

$p_1 = 35 \text{ mm} \leq 14 \times 14 = 196 \text{ mm}$

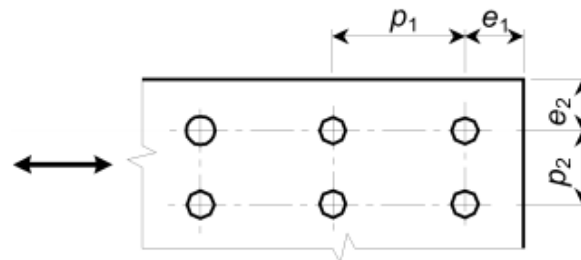
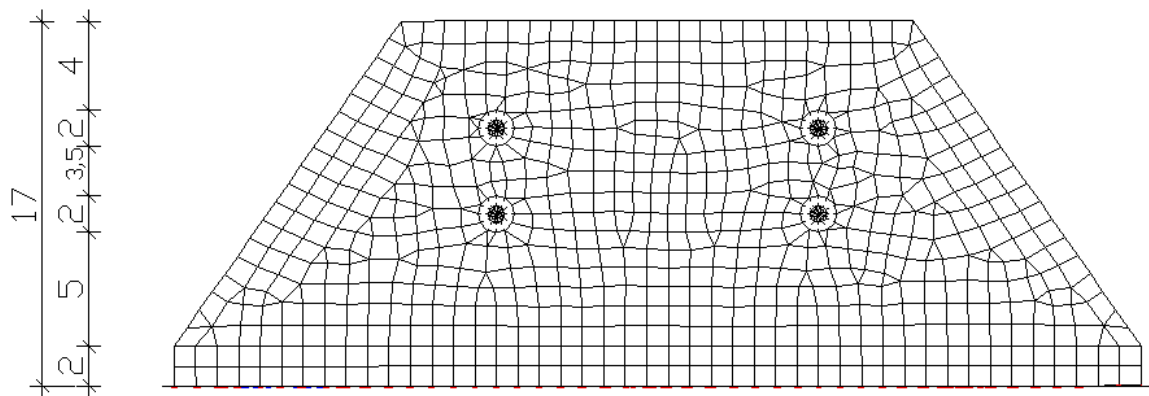


Bild 8.1 — Bezeichnungen der Abstände



Nachweise:

Am Rand

$$\alpha_{b,r} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \times d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{array} \right.$$

$$40/3 \cdot 14 = 0,95$$

$$\alpha_{b,r} = 0,95$$

$$k = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = (2,5 \cdot 0,95 \cdot 25,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1)/1,25 = \mathbf{75,6 \text{ kN}}$$

Für innen liegende Schraube:

$$\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4};$$

$$\alpha_{b,r} = 0,583$$

$$F_{b,Rd} = (1,8 \cdot 0,583 \cdot 25,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1)/1,25 = \mathbf{41,42 \text{ kN}}$$

$$k = 1,8$$

Nachweis Schrauben

Nachweis auf Abscheren je Scherfuge. Festigkeitsklasse 5. 6

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

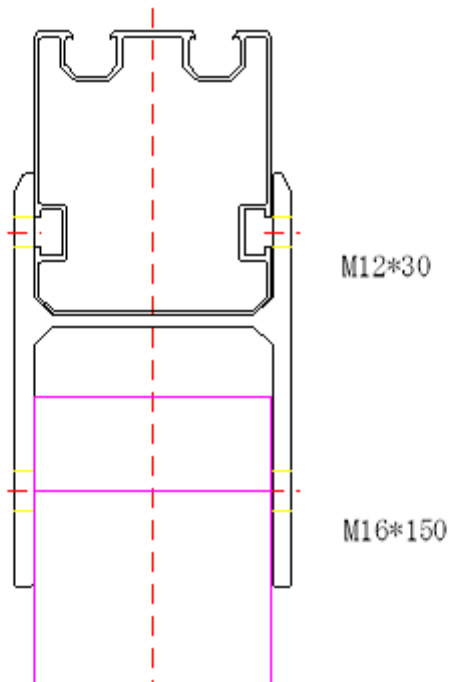
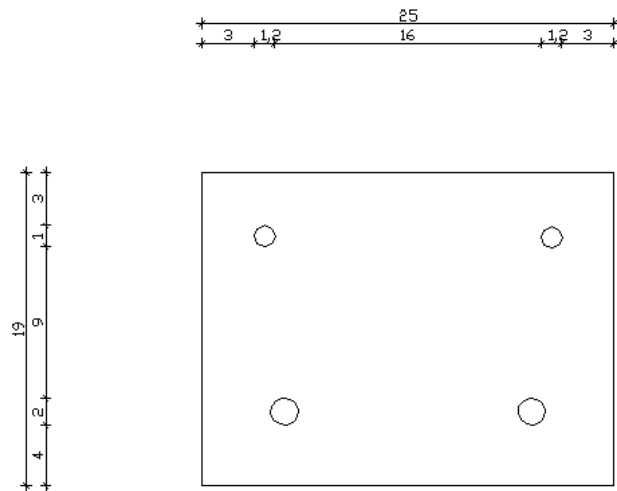
$$\alpha = 0,6$$

$$f_{ub} = 50$$

$$A = 1,13 \text{ cm}^2$$

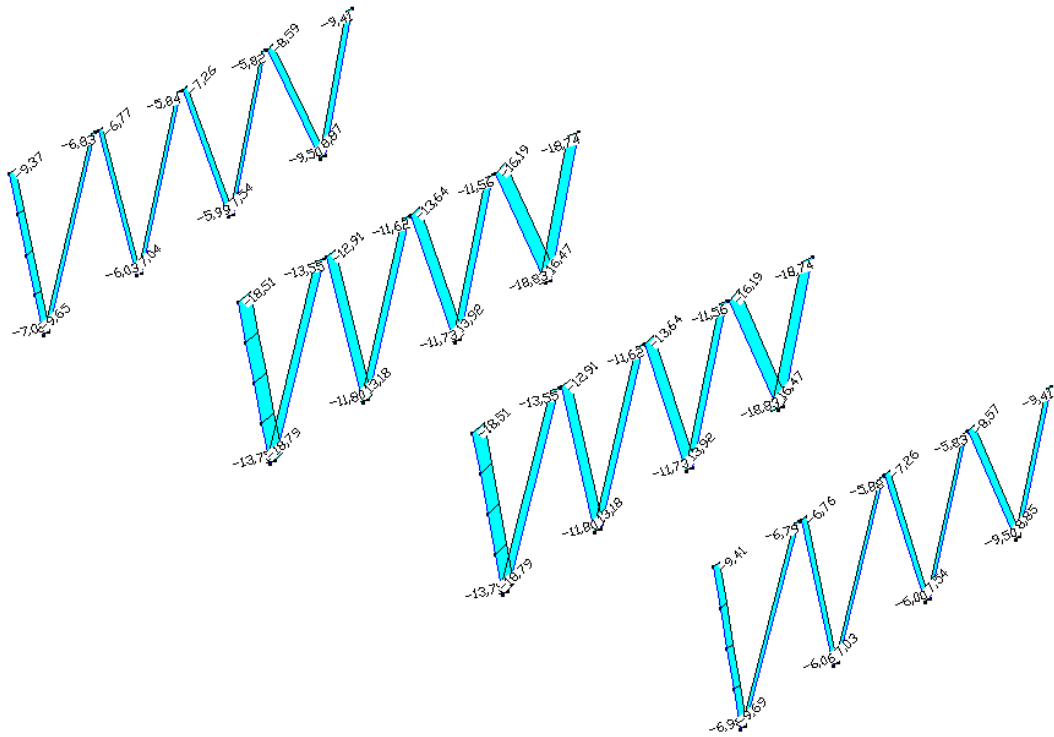
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 * 50 * 1,13/1,25 = \mathbf{27,12 \text{ kN}} \leq \text{Max } F_{v,Ed} = \mathbf{12 \text{ kN}}$$

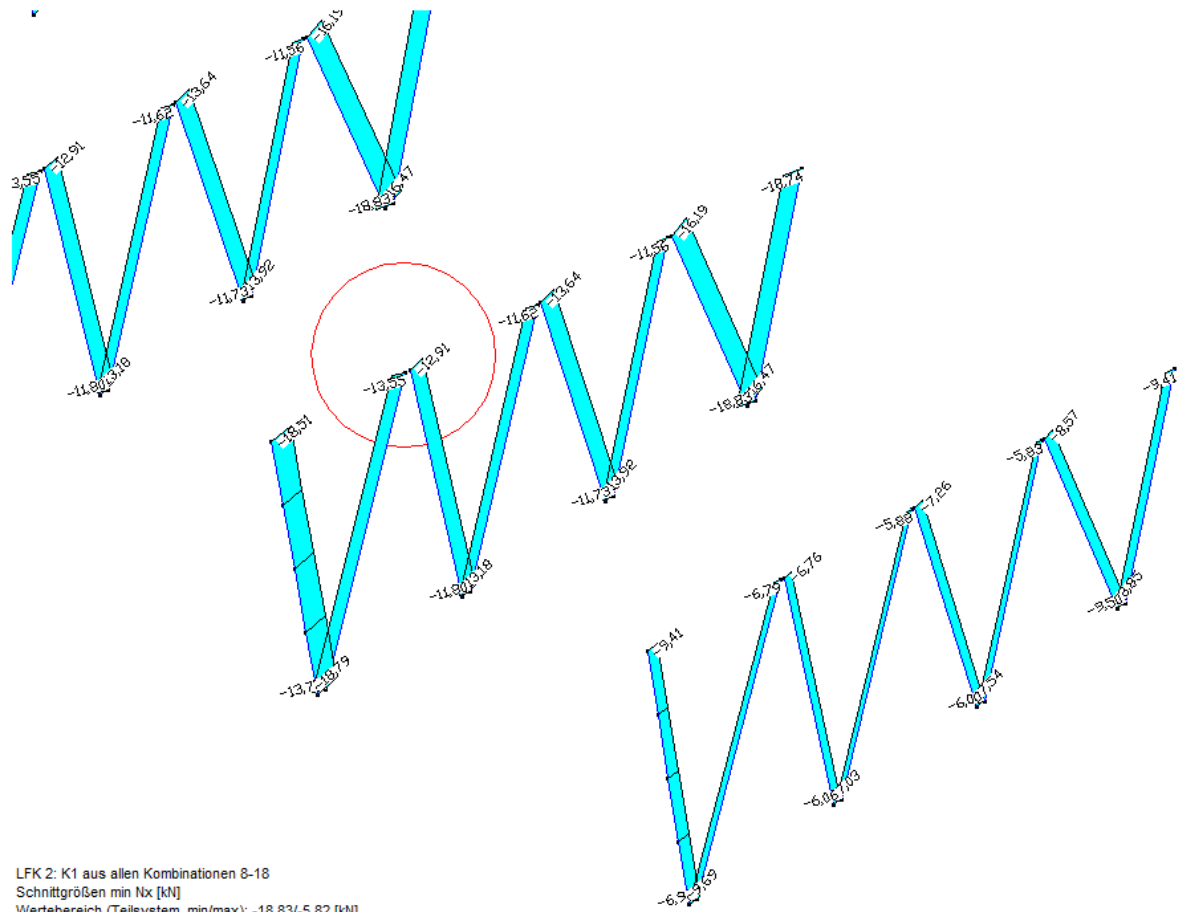


Belastung

Aus FEM Berechnung



LFK 2: K1 aus allen Kombinationen 8-18
Schnittgrößen min Nx [kN]
Wertebereich (Teilsystem, min/max): -18,83/-5,82 [kN]



Maßgebende Stelle rot eingekreist.

$N_d = -13,59 \text{ kN}$

Korrespondierende Schnittgrößen

$Q_y = 0,4 \text{ kN}$

$Q_z = 0,4 \text{ kN}$

Nachweis obere Schrauben M 12

Abscheren je Scherfuge. Festigkeitsklasse 5. 6

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

$\alpha = 0,6$

$f_{ub} = 50$

$A = 1,13 \text{ cm}^2$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$F_{v,Rd} = 0,6 * 50 * 1,13/1,25 = \mathbf{27,12 \text{ kN}} \leq \text{Max } F_{v,Ed} = 13,59/2 = \mathbf{6,795 \text{ kN}}$

Nachweis untere Schrauben M 16

Abscheren je Scherfuge. Festigkeitsklasse 5. 6

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

$\alpha = 0,6$

$f_{ub} = 50$

$A = 2 \text{ cm}^2$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$F_{v,Rd} = 0,6 * 50 * 2/1,25 = \mathbf{48 \text{ kN}} \leq \text{Max } F_{v,Ed} = 13,59/2 = \mathbf{6,795 \text{ kN}}$

Nachweis Lochleibung Lasche, 8 mm

Überprüfen der Schraubenabstände

Knotenblech $t = 8 \text{ mm}$

$d_{\text{oben}} = 12 \text{ mm}$

$d_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$

Schrauben M12- M16, 5,6

unten

$e1 = 40 \text{ mm} \geq 2 \times d = 32 \text{ mm}$

$e1 = 40 \text{ mm} \leq 4 \times 8 + 40 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$

$p1 = 90 \text{ mm} \geq 2,5 \times 8 = 20 \text{ mm}$

$p1 = 90 \text{ mm} \leq 14 \times 8 = 112 \text{ mm}$

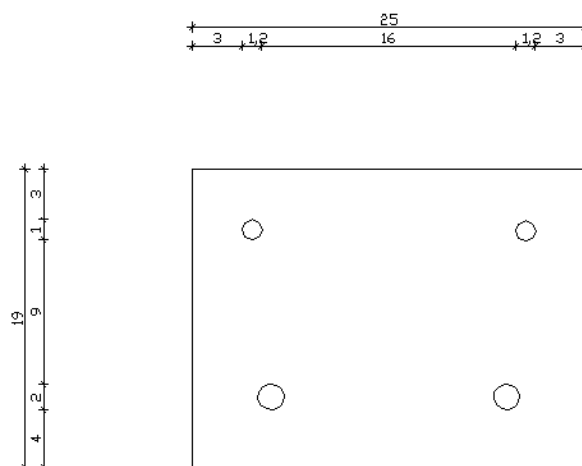
oben

$e1 = 30 \text{ mm} \geq 2 \times 12 = 24 \text{ mm}$

$e1 = 30 \text{ mm} \leq 4 \times 8 + 40 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$

$p1 = 90 \text{ mm} \geq 2,5 \times 8 = 20 \text{ mm}$

$p1 = 90 \text{ mm} \leq 14 \times 8 = 112 \text{ mm}$



Nachweise:

Am Rand unten

$$\alpha_{b,r} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \times d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \end{array} \right.$$

$$40/3 \cdot 16 = 0,83$$

$$\alpha_{b,r} = 0,83$$

$$k = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = (2,5 \cdot 0,83 \cdot 36 \cdot 1,6 \cdot 0,8)/1,25 = \mathbf{76,49 \text{ kN}}$$

Für innen liegende Schraube:

$$z_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4};$$

$$\alpha_{b,r} = 1,625$$

$$F_{b,Rd} = (1,8 \cdot 0,583 \cdot 25,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1)/1,25 = \mathbf{41,42 \text{ kN}}$$

$$k = 1,8$$

4.3 Modell M2:

Analog zu Modell M1

Wuppertal, den 15.07.2020



H + A Ingenieure

Schönebecker Straße 145 a

42283 Wuppertal



H & A Ingenieure UG

Schönebeckerstr 145 a
D- 42283 wuppertal
Tel: 00 49 202 515 67 202

