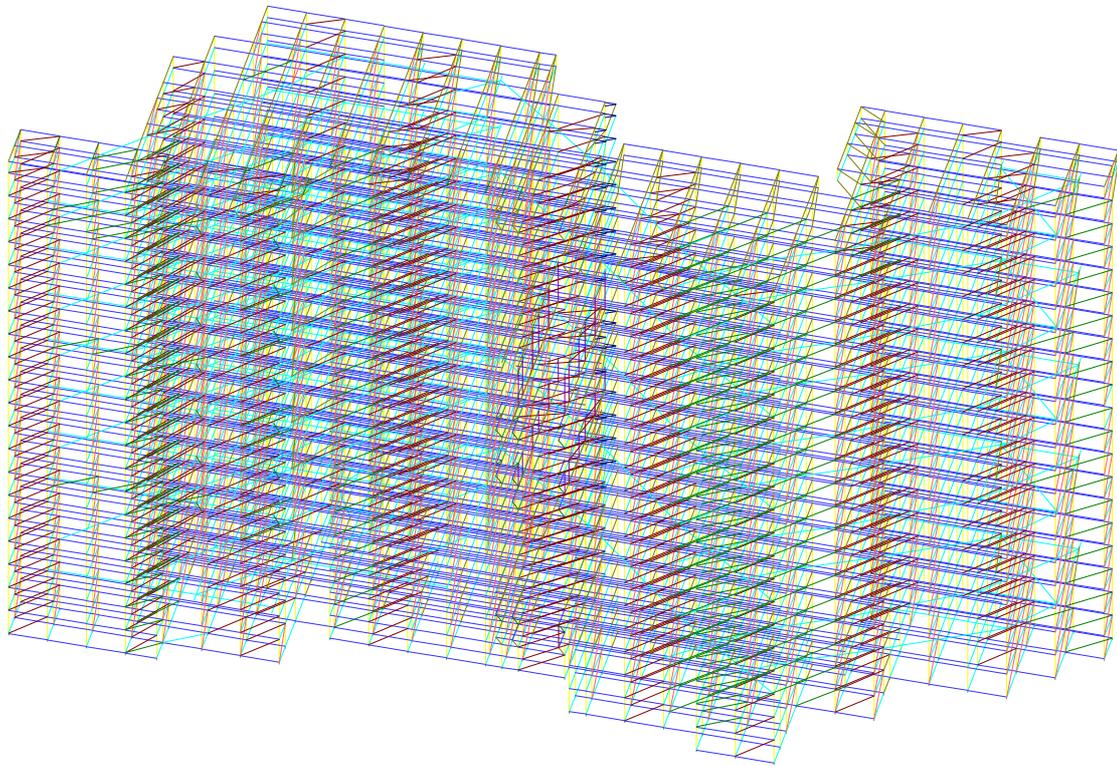


Präsentation

des Statik-Programms Scia Engineer



Demostatik
Layher AllroundGerüst®

Ansprechpartner:
SCIA Software GmbH
Dipl.-Ing. Helmut Wrede
h.wrede@scia.de

| | |
|---|----|
| 1. Allgemeines | 3 |
| 1.1. Direkte Gerüstmodellierung | 3 |
| 1.2. Gerüstvorlagen | 3 |
| 1.3. Projektdaten | 3 |
| 2. Automatisch generierte Übersichtszeichnungen | 4 |
| 2.1. Schnitt - F (1:200) | 4 |
| 2.2. Schnitt - N (1:200) | 5 |
| 3. Statisches System | 6 |
| 3.1. Gesamtsystem mit Horizontalaussteifungen | 6 |
| 3.2. Querschnitte | 6 |
| 3.3. Horizontale Tragelemente, Seitenschutz | 9 |
| 3.4. Auflagenummern | 10 |
| 3.5. Knotenaufleger | 11 |
| 3.6. Kupplungen | 13 |
| 3.7. Gelenktypen | 13 |
| 3.8. Kennlinien | 13 |
| 4. Berechnung | 15 |
| 4.1. Nichtlineare LF-Kombinationen | 15 |
| 4.2. Rechenprotokoll | 16 |
| 4.3. Knickfigur, Verzweigungslastfaktor 1,7 für Kombination NC3 | 17 |
| 5. Nachweise | 18 |
| 5.1. Grenzzustand der Tragfähigkeit | 18 |
| 5.2. Ausnutzungen der Stiele | 18 |
| 5.3. Nachweis für Gerüstquerschnitte nach EN 12811 | 18 |
| 5.4. Nachweis für Stahlbauquerschnitte nach EN 1993-1-1 | 20 |
| 5.5. Kupplungsnachweise | 23 |
| 6. Ein in Scia Engineer erstelltes Gerüst, exportiert in ein CAD-Programm | 26 |

1. Allgemeines

1.1. Direkte Gerüstmodellierung

Alle üblichen Modellierungs- und Bearbeitungsfunktionen (Kopieren, Verschieben, Spiegeln usw.) und alle verfügbaren Werkzeuge (BKS, Aktivität, Layer usw.) der generischen Umgebung von Scia Engineer stehen zum Einrichten eines Analyse- oder Strukturmodells (bzw. CAD-Modells) des Gerüsts zur Verfügung. Falls bereits ein 2D- oder 3D-CAD-Modell des Gerüsts vorliegt, wird dieses direkt als Analysemodell importiert. Sogar ein Architekturmodell wird importiert, sodass Sie das Gerüst direkt am vorhandenen Bauwerk modellieren können. Außerdem werden vorbereitete Anwenderblöcke, also vom Benutzer definierte standardisierte oder parametrisierte Geometrieblöcke wie häufig benötigte Rahmensysteme, ins Modell eingelesen.

1.2. Gerüstvorlagen

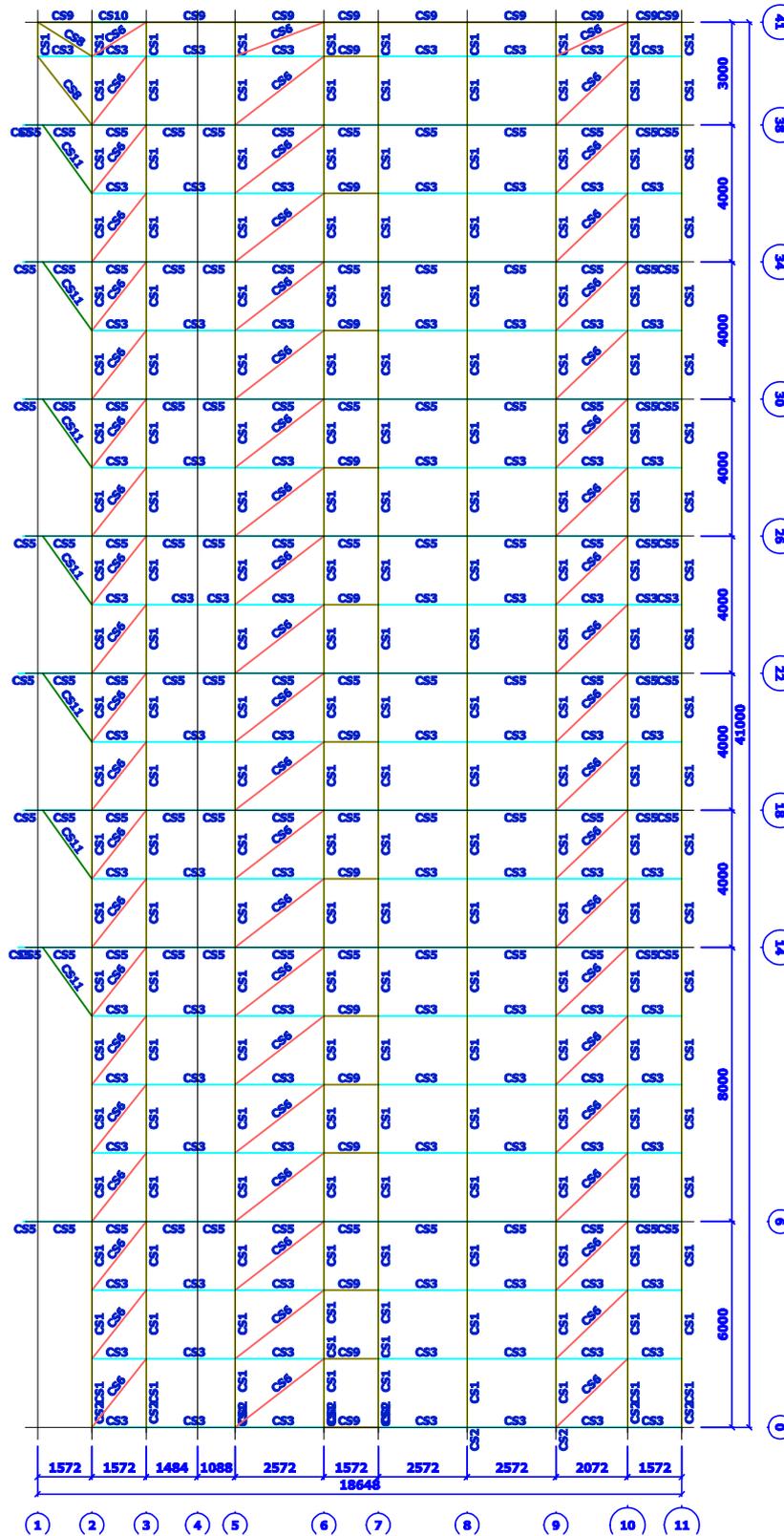
Ingenieure, die regelmäßig Gerüste bemessen, werden die Möglichkeit zum Vorbereiten maßgeschneiderter Vorlagen für alle vorkommenden Gerüsttypen schätzen. Der Vorteil von Vorlagen besteht darin, dass alle Regeldaten (Materialien, Querschnitte, Steifigkeiten, Kombinationen, Basisgeometrie usw.) nur einmal definiert werden müssen, nämlich beim Erstellen der Vorlage. So wird die Eingabe stark beschleunigt.

1.3. Projektdaten

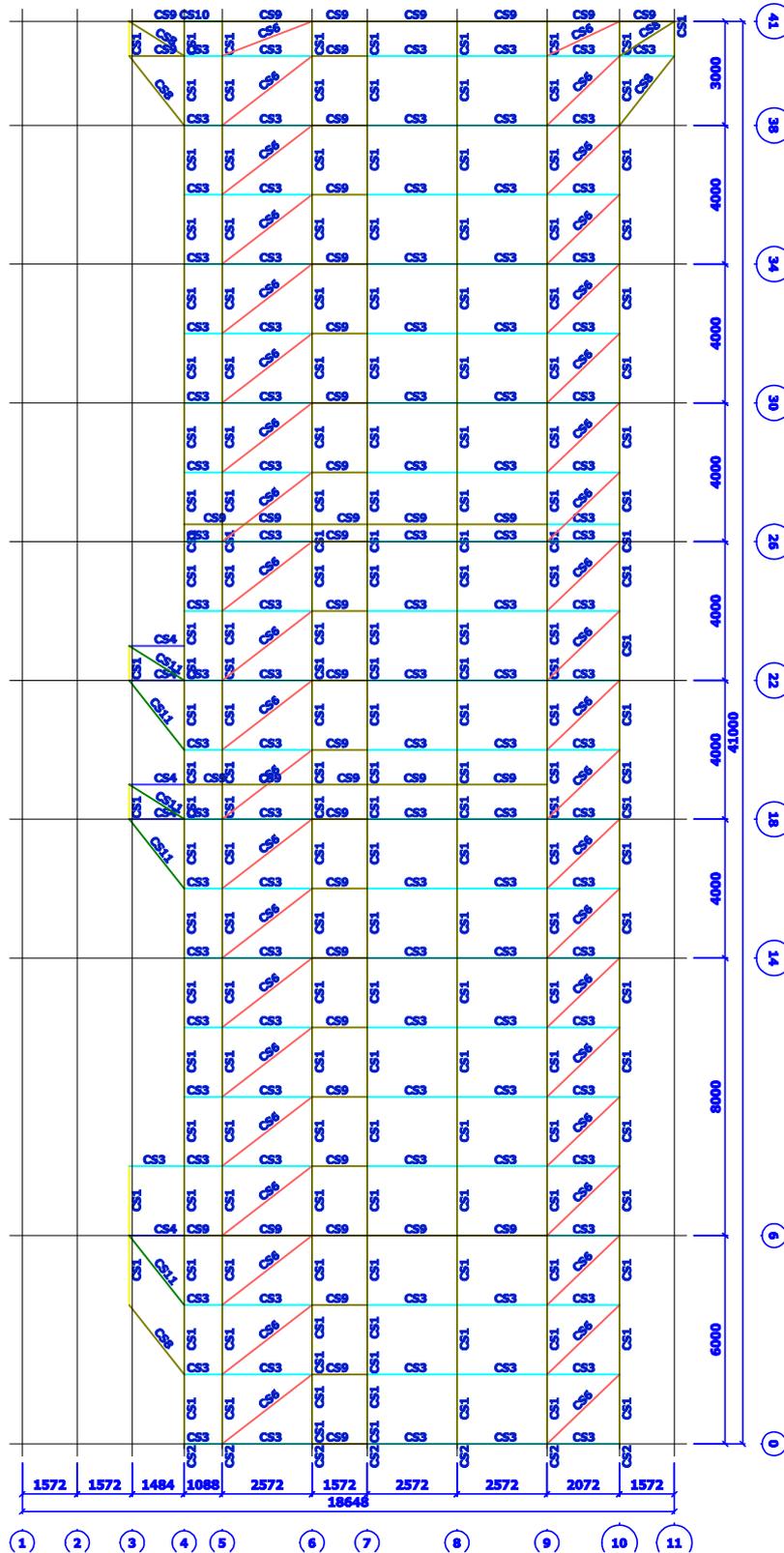
| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Lizenzname | SCIA Software GmbH |
| Projekt | SCIA Engineer Demostatik |
| Teil | Layher AllroundGerüst® |
| Beschreibung | Nachweise nach Eurocode |
| Bearbeiter | Wrede |
| Datum | 15.08.2014 |
| Struktur | Rahmen XYZ |
| Anzahl Knoten: | 4629 |
| Anzahl Stäbe: | 13946 |
| Anzahl 2D-Teile: | 0 |
| Anzahl Körper: | 0 |
| Anzahl Querschnitte: | 13 |
| Anzahl Lastfälle: | 10 |
| Anzahl Materialien: | 1 |
| Erdbeschleunigung [m/s ²] | 10,000 |
| Staatsnorm | EC-EN |

2. Automatisch generierte Übersichtszeichnungen

2.1. Schnitt - F (1:200)

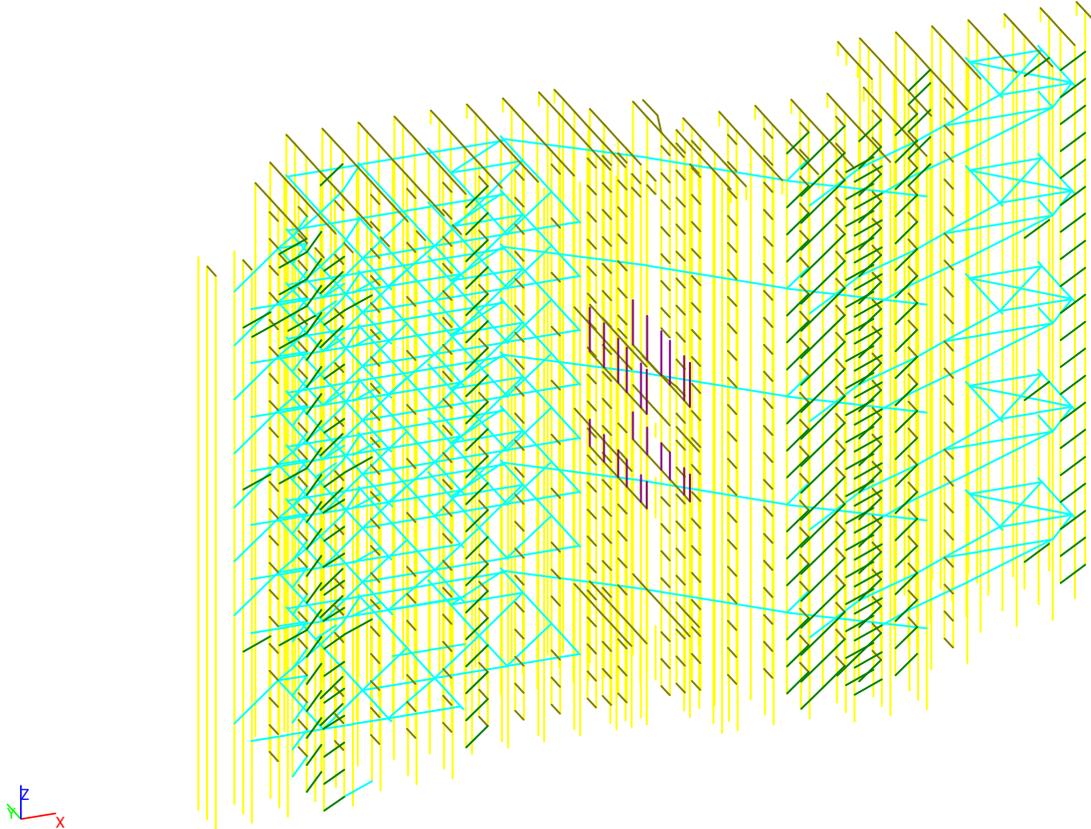


2.2. Schnitt - N (1:200)

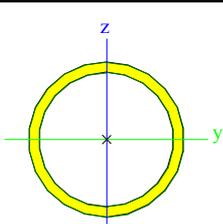
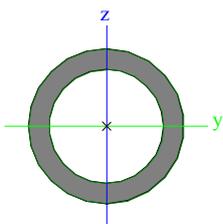


3. Statisches System

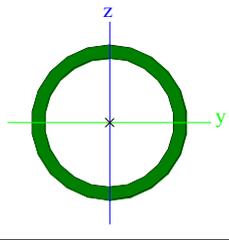
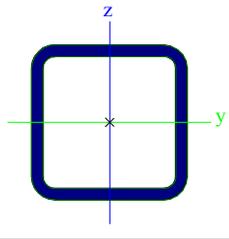
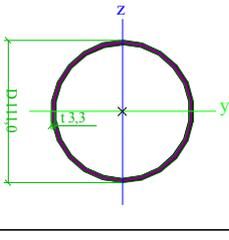
3.1. Gesamtsystem mit Horizontalaussteifungen



3.2. Querschnitte

| Name | Typ | Materialangabe | Herstellung | A [cm ²] | I _y [cm ⁴] | I _z [cm ⁴] | Bild |
|------|------------|----------------|-------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| CS1 | RO48.3X3.2 | S 235 | gewalzt | 4,53 | 11,60 | 11,60 |  |
| CS2 | RO38X5 | S 235 | gewalzt | 5,18 | 7,22 | 7,22 |  |

| Name | Typ | Materialangabe | Herstellung | A [cm ²] | I _y [cm ⁴] | I _z [cm ⁴] | Bild |
|------|----------------------|----------------|-------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| CS3 | RO48.3X3.2 | S 235 | gewalzt | 4,53 | 11,60 | 11,60 | |
| CS4 | RO48.3X3.2 | S 235 | gewalzt | 4,53 | 11,60 | 11,60 | |
| CS5 | RHS | S 235 | gewalzt | 19,32 | 3695,01 | 95,86 | |
| CS6 | RO48.3X2.3 | S 235 | gewalzt | 3,32 | 8,81 | 8,81 | |
| CS7 | RO48.3X2.3 | S 235 | gewalzt | 3,32 | 8,81 | 8,81 | |
| CS8 | RO48.3X2.3 | S 235 | gewalzt | 3,32 | 8,81 | 8,81 | |
| CS9 | *U-Doppel-Riegel | | | 7,12 | 348,02 | 18,83 | |
| CS10 | *U-Riegel, verstärkt | | | 5,78 | 31,99 | 18,45 | |

| Name | Typ | Materialangabe | Herstellung | A [cm ²] | I _y [cm ⁴] | I _z [cm ⁴] | Bild |
|------|----------|----------------|-------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| CS11 | RO48.3X4 | S 235 | gewalzt | 5,57 | 13,80 | 13,80 |  |
| CS12 | QRO40X3K | S 235 | kaltgeformt | 4,21 | 9,32 | 9,32 |  |
| CS13 | Rohr | S 235 | Beton | 11,17 | 162,04 | 162,04 |  |

3.3. Horizontale Tragelemente, Seitenschutz



O-Riegel, Stahl/Aluminium
 Längen 0,25 m – 4,14 m



O-Riegel, verstärkt
 Längen 1,09 m und 1,29 m



U-Riegel Stahl/Aluminium
 Längen 0,45 m, 0,50 und 0,73 m



**U-Riegel, verstärkt,
 Stahl/Aluminium**
 Längen 1,09 m und 1,40 m



**U-Doppel-Riegel,
 Stahl/Aluminium**
 Längen 1,57 m, 2,07 m,
 2,57 m, 3,07 m



**U-Riegel
 Stahlboden – Stahlboden**
 Längen 0,32 m, 0,64 m, 0,96 m



**U-Riegel
 Stahlboden – O-Riegel**
 Längen 0,32 m, 0,64 m, 0,96 m

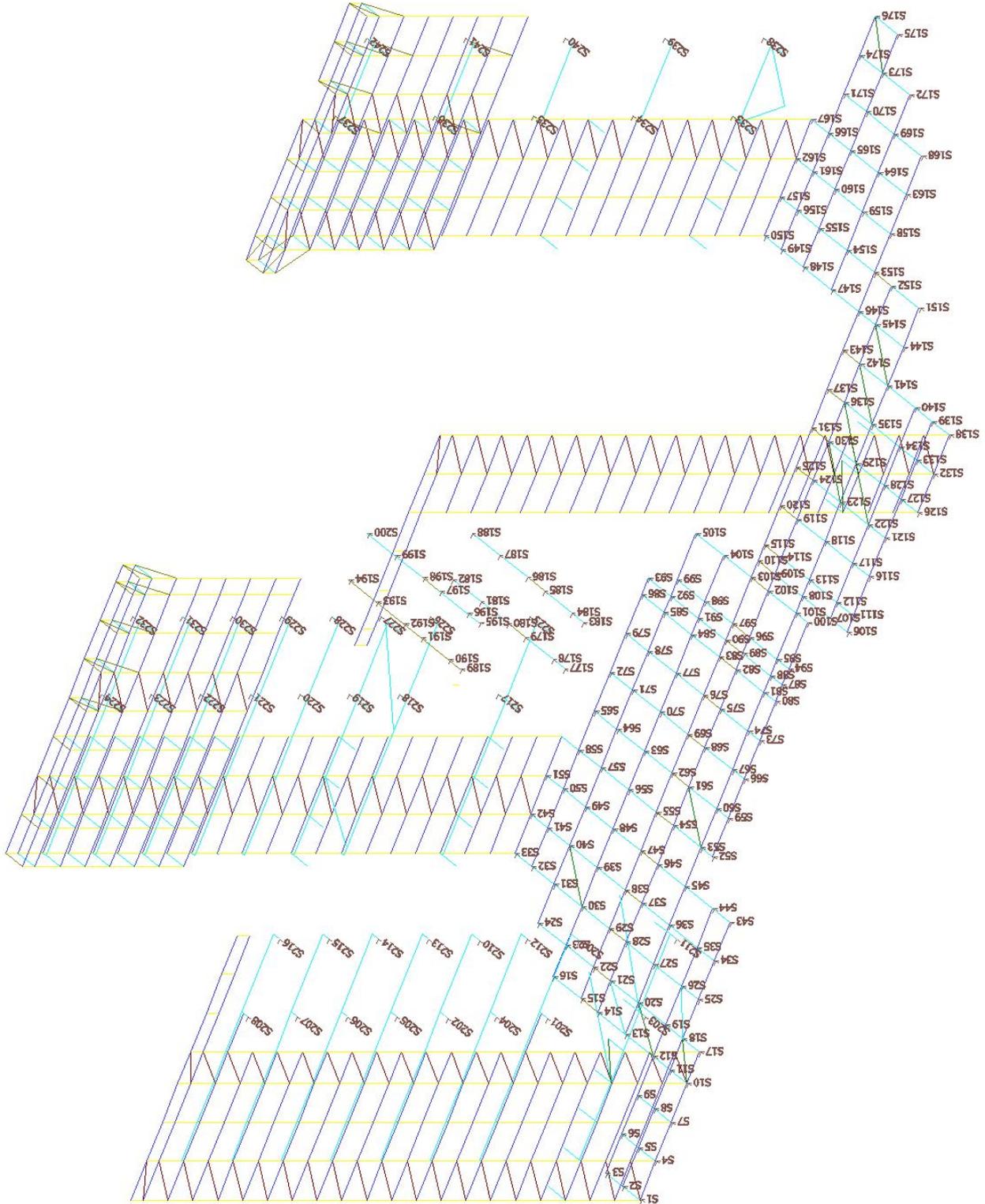


U-Boden-Sicherung
 Längen 0,39 m – 3,07 m



U-Bordbrett, Holz
 Längen 0,73 m – 4,14 m

3.4. Auflagennummern



3.5. Knotenaufleger

| Name Knoten | System BKS | Typ Winkel [deg] | X Steifigkeit X [kN/m] | Y Steifigkeit Y [kN/m] | Z Steifigkeit Z [kN/m] | Rx Steifigkeit Rx [kNm/rad] | Ry Steifigkeit Ry [kNm/rad] | Rz Steifigkeit Rz [kNm/rad] |
|-------------|------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| S1 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N1 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S2 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N2 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S3 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N3 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S4 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N4 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S5 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N5 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S6 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N6 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S7 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N7 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S8 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N8 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S9 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N9 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S10 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N10 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S11 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N11 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S12 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N12 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S13 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N13 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S14 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N14 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S15 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N15 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S16 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N16 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S17 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N17 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S18 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N18 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S19 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N19 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S20 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N20 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S21 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N21 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S22 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N22 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S23 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N23 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S24 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N24 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S25 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N25 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S26 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |

| Name Knoten | System BKS | Typ Winkel [deg] | X Steifigkeit X [kN/m] | Y Steifigkeit Y [kN/m] | Z Steifigkeit Z [kN/m] | Rx Steifigkeit Rx [kNm/rad] | Ry Steifigkeit Ry [kNm/rad] | Rz Steifigkeit Rz [kNm/rad] |
|-------------|------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N26 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S27 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N27 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S28 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N28 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S29 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N29 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S30 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N30 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S31 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N31 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S32 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N32 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S33 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N33 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S34 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N34 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S35 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N35 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S36 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N36 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S37 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N37 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S38 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N38 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S39 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N39 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |
| S40 | GKS | Standard | Nachgiebig | Nachgiebig | Starr | Frei | Frei | Frei |
| N40 | | | 100,00 | 100,00 | | | | |

3.6. Kupplungen

Diagonale werden meist aufgrund der Befestigungsgeometrie zwischen Stützen und Diagonalen exzentrisch befestigt. Neben dieser Ausmitte weisen Diagonalen meist auch einen kleinen Spalt in Längsrichtung auf, der durch ein geringes Spiel zwischen Bolzen und Loch verursacht wird. Wenn spezielle Testergebnisse für Diagonalstreben in modularen Systemen verfügbar sind, werden die aus diesen Tests gewonnenen Steifigkeiten als Verschiebungsfeder berücksichtigt. Scia Engineer enthält eine umfassende Bibliothek von Kupplungen der verschiedenen Arten gemäß EN 12811-1, Anhang C inklusive ihrer Steifigkeiten. Es können außerdem eigene Kupplungen definiert werden.

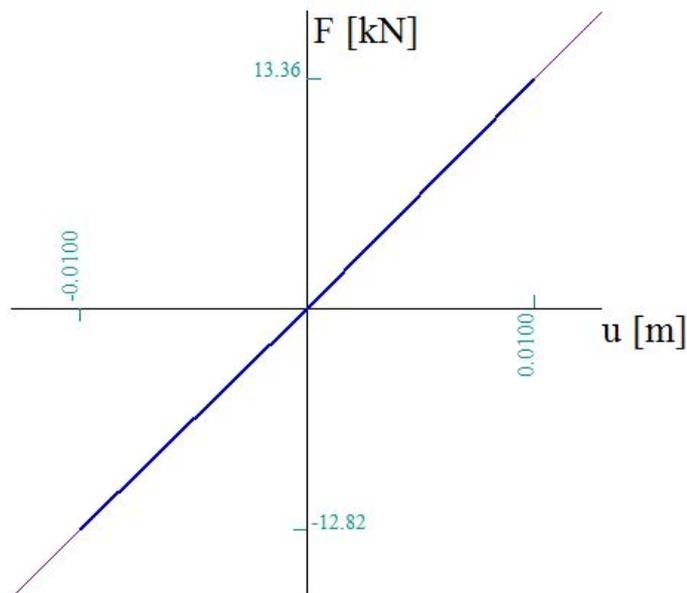
3.7. Gelenktypen

| Name | ux Fun - ux Steif - ux [kN/m] | uy Fun - uy Steif - uy [kN/m] | uz Fun - uz Steif - uz [kN/m] | Phix Fun - Phix Steif - Phix [kNm/rad] | Phiy Fun - Phiy Steif - Phiy [kNm/rad] | Phiz Fun - Phiz Steif - Phiz [kNm/rad] | Gelenktyp Material | Nxk [kN] Mxx [kNm] | Vyk [kN] Myk [kNm] | Vzk [kN] Mzk [kNm] |
|-----------|--|--|--|---|---|---|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Diagonale | Nichtlinear N 1 13,36 | Starr | Starr | Nachgiebig 1,00 | Nachgiebig 1,00 | Nachgiebig 1,00 | Allgemein Stahl | 13,360 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 |
| Riegel | Starr | Nachgiebig 4849,89 | Starr | Nichtlinear Mt/Mx 2 4,00 | Nichtlinear My 2 67,00 | Nachgiebig 5,10 | Allgemein Stahl | 34,100 0,578 | 11,000 1,111 | 29,040 0,409 |
| U-Riegel | Starr | Nachgiebig 4849,89 | Starr | Nichtlinear Mt/Mx 2 4,00 | Nichtlinear My 2 67,00 | Starr | Allgemein Stahl | 34,100 0,578 | 11,000 1,111 | 29,040 0,409 |

3.8. Kennlinien

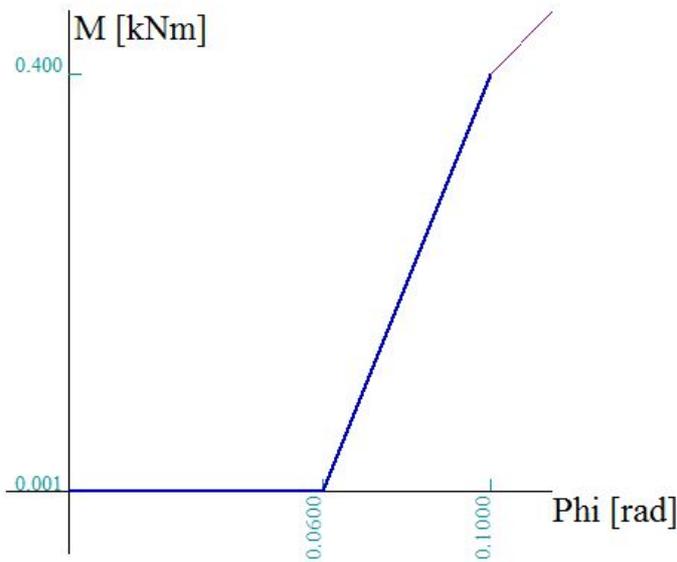
| Name | Typ | u / F | Phi / M | Positives Ende | Negatives Ende |
|------|--------------|--|---------|----------------|----------------|
| N 1 | Verschiebung | -0.010000 / -12820.000000 0.010000 / 13360.000000 | | Nachgiebig | Nachgiebig |

Ergebnisanzeige



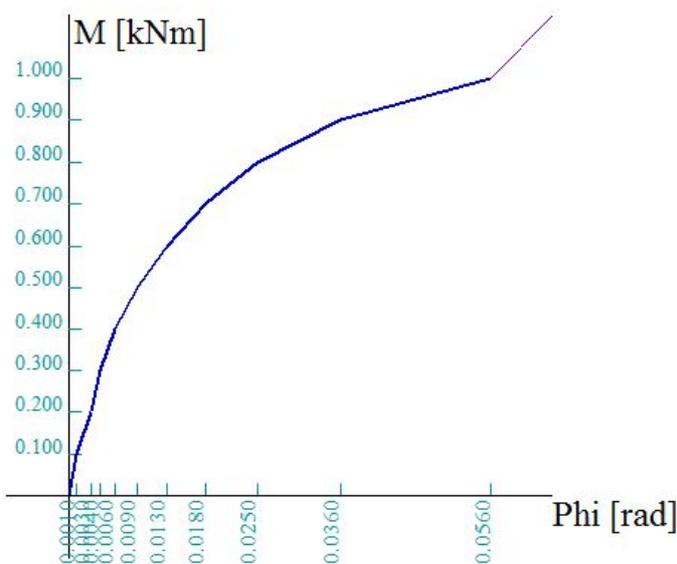
| Name | Typ | u / F | Phi / M | Positives Ende | Negatives Ende |
|---------|------------|-------|--|----------------|----------------|
| Mt/Mx 2 | Verdrehung | | 0.060000 / 1.000000 0.100000 / 400.000000 | Nachgiebig | Frei |

Ergebnisanzeige



| Name | Typ | u / F | Phi / M | Positives Ende | Negatives Ende |
|------|------------|-------|------------------------|----------------|----------------|
| My 2 | Verdrehung | | 0.001000 / 100.000000 | Nachgiebig | Frei |
| | | | 0.003000 / 200.000000 | | |
| | | | 0.004000 / 300.000000 | | |
| | | | 0.006000 / 400.000000 | | |
| | | | 0.009000 / 500.000000 | | |
| | | | 0.013000 / 600.000000 | | |
| | | | 0.018000 / 700.000000 | | |
| | | | 0.025000 / 800.000000 | | |
| | | | 0.036000 / 900.000000 | | |
| | | | 0.056000 / 1000.000000 | | |

Ergebnisanzeige



4. Berechnung

Die Analyse umfasst die normale Linearelastizitätsanalyse sowie eine fortgeschrittene Analyse zweiter Ordnung unter Berücksichtigung globaler (P-D) und lokaler (p-d) Wirkungen. Scia Engineer verwendet eine Stabilitätsanalyse, um die Knickfiguren des Gerüsts zu bestimmen, die wiederum als Imperfektionen für die vollständige Analyse zweiter Ordnung verwendet werden. Andere Berechnungsmerkmale dienen zum Verarbeiten verschiedener Eigenheiten von Gerüststrukturen: nichtlineare Funktionen für Kupplungssteifigkeiten, Reibungsaufleger für Hebekupplungen, reine Druckauflager für Widerlager, Spaltelemente für Spiel zwischen Bolzen und Loch usw.

4.1. Nichtlineare LF-Kombinationen

| Name | Beschreibung | Lastfälle | Beiwert [-] | Vorkrümmung | 1/f | Vorverdrehung | dx [mm/m] | dy [mm/m] |
|------|---|-----------------------|-------------|-------------------|-----|--------------------|-----------|-----------|
| NC1 | Arbeitsbetrieb | EG | 1,50 | Nein | | Nein | | |
| | | Verkehr P2 75kg | 1,50 | | | | | |
| | | Verkehr P3 125kg | 1,50 | | | | | |
| NC2 | Arbeitsbetrieb, A-Wind quer, Imperfektion --- Y | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | 0,0 | -2,5 |
| | | Verkehr P2 75kg | 1,50 | | | | | |
| | | Verkehr P3 125kg | 1,50 | | | | | |
| | | Arbeitswind quer ---Y | 1,50 | | | | | |
| NC3 | Arbeitsbetrieb, A-Wind längs, Imperfektion X | EG | 1,50 | Nein | | Knickfigur | | |
| | | Verkehr P2 75kg | 1,50 | | | | | |
| | | Verkehr P3 125kg | 1,50 | | | | | |
| | | Arbeitswind längs X | 1,50 | | | | | |
| NC4 | Arbeitsbetrieb, A-Wind quer, Imperfektion ++ Y | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | 0,0 | 2,5 |
| | | Verkehr P2 75kg | 1,50 | | | | | |
| | | Verkehr P3 125kg | 1,50 | | | | | |
| | | Arbeitswind quer ++ Y | 1,50 | | | | | |
| NC5 | EG Wind quer Imperfektion -- Y | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | 0,0 | -2,5 |
| | | Wind max quer -- Y | 1,50 | | | | | |
| NC6 | EG Wind max längs Imperfektion X | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | 2,4 | 0,0 |
| | | Wind max längs X | 1,50 | | | | | |
| NC7 | EG Wind quer Imperfektion +++ Y | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | 0,0 | 2,5 |
| | | Wind max quer ++ Y | 1,50 | | | | | |
| NC8 | EG Wind max längs, Imperfektion - X | EG | 1,50 | Einfache Krümmung | 300 | Lin. Vorverdrehung | -2,4 | 0,0 |
| | | Wind max längs -x | 1,50 | | | | | |

4.2. Rechenprotokoll

Nichtlineare Analyse

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Anzahl 2D-Elemente | 0 |
| Anzahl 1D-Elemente | 13974 |
| Anzahl Netzknoten | 4629 |
| Anzahl Gleichungen | 27774 |
| Höchstanzahl Iterationschritte | 50 |
| Anzahl Inkremente | 1 |
| Typ der Nichtlinearität | II.O. |
| | lokale Nichtlinearitäten |
| Methode II. Ordnung | Timoshenko |

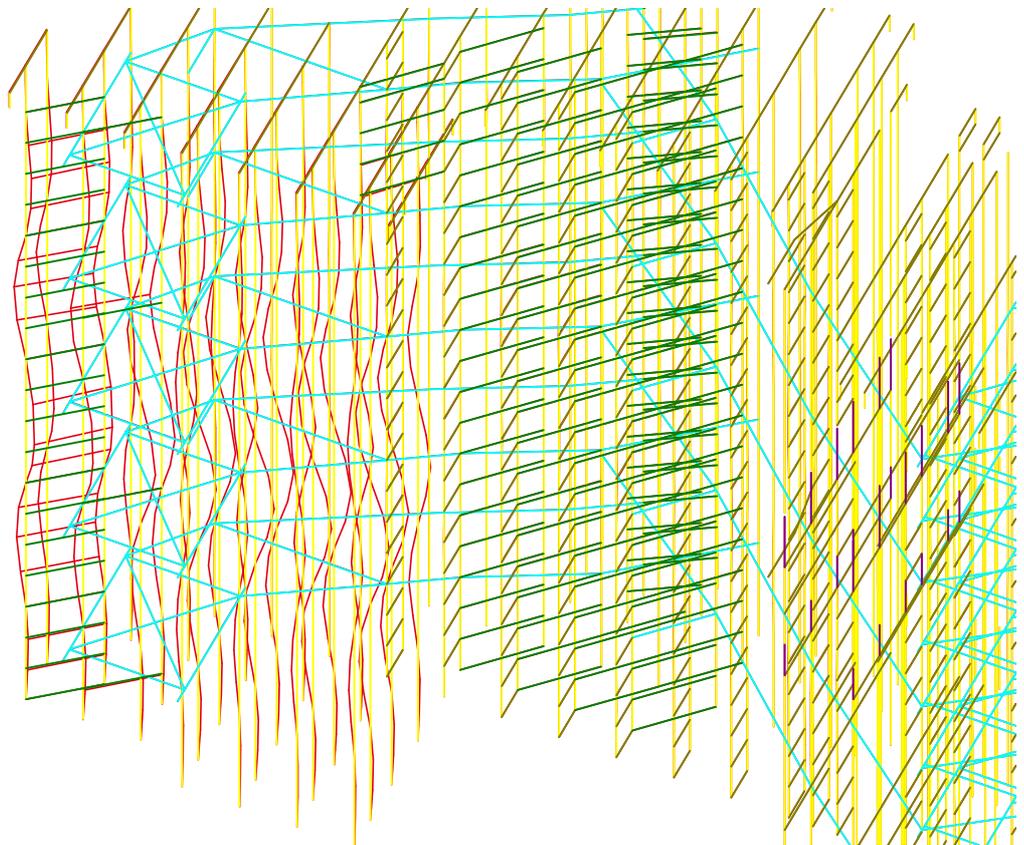
| Anzahl Kombinationen | Start | Ende | Anzahl Iterationsschritte |
|----------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| NC 1 | 15.08.2014 16:19 | 15.08.2014 16:19 | 12 |
| NC 2 | 15.08.2014 16:20 | 15.08.2014 16:21 | 12 |
| NC 3 | 15.08.2014 16:21 | 15.08.2014 16:21 | 12 |
| NC 4 | 15.08.2014 16:21 | 15.08.2014 16:22 | 12 |
| NC 5 | 15.08.2014 16:22 | 15.08.2014 16:23 | 12 |
| NC 6 | 15.08.2014 16:23 | 15.08.2014 16:23 | 11 |
| NC 7 | 15.08.2014 16:23 | 15.08.2014 16:24 | 11 |
| NC 8 | 15.08.2014 16:24 | 15.08.2014 16:25 | 11 |

Summe der Lasten und Reaktionen

| | [kN] | X | Y | Z |
|----------------------------------|------------------|---------|--------|---------|
| Nichtlineare LF-Kombination 1 | Lasten | -2045.4 | 0.0 | -2348.0 |
| | Knotenreaktionen | 2045.4 | -0.0 | 2348.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 2 | Lasten | -2045.3 | -104.5 | -2348.0 |
| | Knotenreaktionen | 2045.3 | 104.5 | 2348.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 3 | Lasten | -1612.9 | 0.0 | -2348.0 |
| | Knotenreaktionen | 1612.9 | -0.0 | 2348.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 4 | Lasten | -2045.5 | 108.5 | -2348.0 |
| | Knotenreaktionen | 2045.5 | -108.5 | 2348.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 5 | Lasten | -2045.3 | -328.3 | -0.0 |
| | Knotenreaktionen | 2045.3 | 328.3 | 0.0 |

| | [kN] | X | Y | Z |
|-------------------------------|------------------|---------|--------|------|
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 6 | Lasten | 117.1 | 0.0 | 0.0 |
| | Knotenreaktionen | -117.1 | -0.0 | -0.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 7 | Lasten | -2045.5 | 350.0 | -0.0 |
| | Knotenreaktionen | 2045.5 | -350.0 | 0.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nichtlineare LF-Kombination 8 | Lasten | 117.4 | -0.0 | 0.0 |
| | Knotenreaktionen | -117.4 | 0.0 | -0.0 |
| | Linienreaktionen | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 2D-Kontakt | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

4.3. Knickfigur, Verzweigungslastfaktor 1,7 für Kombination NC3

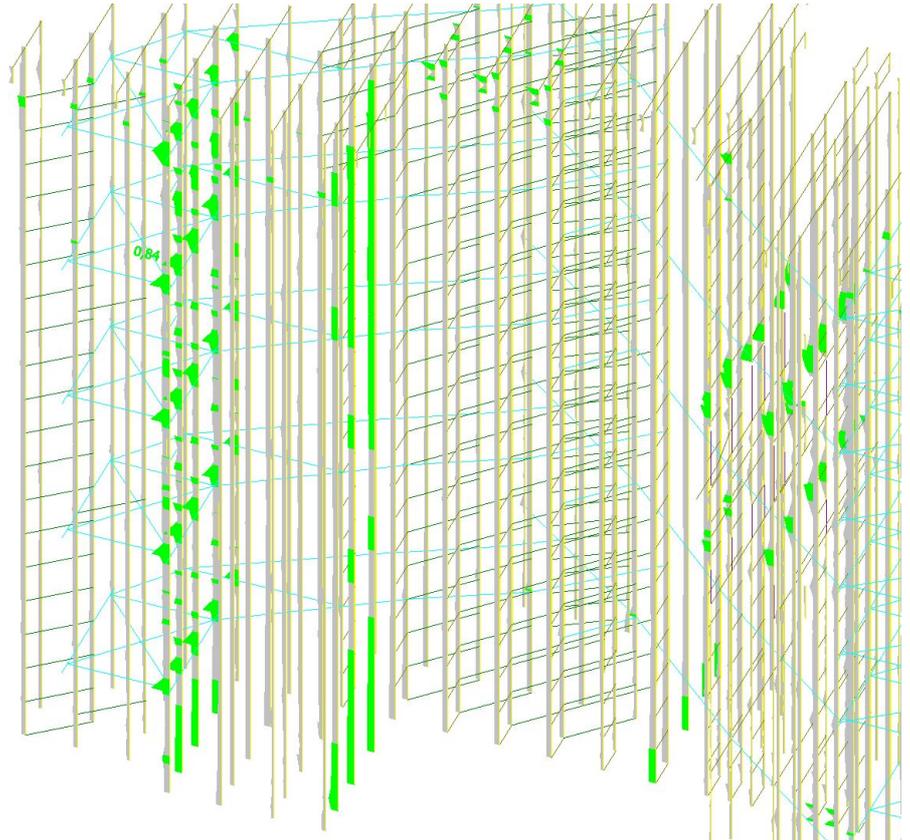


5. Nachweise

5.1. Grenzzustand der Tragfähigkeit

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgt der Nachweis von Gerüstelementen gemäß dem in EN 12811-1 definierten Verfahren des Interaktionsdiagramms. Scia Engineer führt auch einen Kupplungsnachweis nach EN 12811-1 aus. Neben speziellen Gerüstmachweisen stehen auch die vollständigen Bemessungen und Nachweise für Strukturen gemäß EN 1993-1-1 zur Verfügung. Außerdem können Sie Gerüstverformungen bewerten und sogar einen Nachweis der relativen Verformungen führen.

5.2. Ausnutzungen der Stiele



5.3. Nachweis für Gerüstquerschnitte nach EN 12811

Nichtlineare Analyse, Extremwerte : Global

Auswahl : Alle

LFK-Klasse : Alle GZT

Querschnitt : CS1 - RO48.3X3.2

| | | | | | |
|------------|---------|------------|-------|-----|--------|
| Teil B3694 | 2,000 m | RO48.3X3.2 | S 235 | NC7 | 0,84 - |
|------------|---------|------------|-------|-----|--------|

| Teilsicherheitsbeiwerte | |
|---|------|
| Gamma M0 für die Beanspruchbarkeit des Querschnitts | 1,10 |
| Gamma M1 für die Beanspruchbarkeit bei Stabilitätsversagen | 1,10 |
| Gamma M2 die Beanspruchbarkeit bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung | 1,25 |

| Material | | |
|---------------------|---------|-----|
| Streckgrenze f_y | 235,0 | MPa |
| Zugfestigkeit f_u | 360,0 | MPa |
| Herstellung | Gewalzt | |

...:QUERSCHNITTSNACHWEIS:...

Kritischer Nachweis an Position 2.000 m

| Schnittgrößen | Ermittelt | [Dim] |
|---------------|-----------|-------|
| N,Ed | -2,467 | kN |
| Vy,Ed | 0,946 | kN |
| Vz,Ed | -0,149 | kN |
| T,Ed | 0,052 | kNm |
| My,Ed | -0,135 | kNm |
| Mz,Ed | 1,062 | kNm |

Gerüstrnachweis für Hohlprofile

Gemäß EN 12811-1 & DIN 4420 Teil 1 art. 5.4.7.4 und table 7

| Wertetabelle | | |
|------------------------------|--------|-----|
| Npl.d | 96,777 | kN |
| Vpl.d | 35,571 | kN |
| Mpl.d | 1,282 | kNm |
| Einheitsnachweis N | 0,03 | |
| Einheitsnachweis V | 0,03 | |
| Einheitsnachweis M | 0,84 | |
| Einheitsnachweis Interaktion | 0,84 | |
| Einheitsnachweis Max | 0,84 | - |

Der Querschnittsnachweis ist für das Teil erbracht worden

5.4. Nachweis für Stahlbauquerschnitte nach EN 1993-1-1

Nichtlineare Analyse, Extremwerte : Global

Auswahl : B10952

LFK-Klasse : Alle GZT

| | | | | | |
|-------------|---------|-------------------------------------|-------|-----|--------|
| Teil B10952 | 3,753 m | RHS (448,0; 48,0; 2,0; 6,8; 2,3) | S 235 | NC7 | 0,93 - |
|-------------|---------|-------------------------------------|-------|-----|--------|

| Teilsicherheitsbeiwerte | |
|---|------|
| Gamma M0 für die Beanspruchbarkeit des Querschnitts | 1,10 |
| Gamma M1 für die Beanspruchbarkeit bei Stabilitätsversagen | 1,10 |
| Gamma M2 die Beanspruchbarkeit bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung | 1,25 |

| Material | | |
|---------------------|---------|-----|
| Streckgrenze f_y | 235,0 | MPa |
| Zugfestigkeit f_u | 360,0 | MPa |
| Herstellung | Gewalzt | |

....:QUERSCHNITTSNACHWEIS:....

Klassifizierung für den Querschnittsnachweis

Gemäß EN 1993-1-1 Artikel 5.5.2

Klassifizierung der auf Druck beanspruchten inneren Querschnittsteile

Gemäß EN 1993-1-1 Tabelle 5.2 Spalte 1

| | |
|--------------------------|--------|
| Maximales c/t Verhältnis | 221,00 |
| Klasse 1 Grenze | 33,00 |
| Klasse 2 Grenze | 38,00 |
| Klasse 3 Grenze | 43,20 |

=> Querschnitt wird als Klasse 4 für den Querschnittsnachweis klassifiziert

Kritischer Nachweis an Position 0.000 m

| Schnittgrößen | Ermittelt | [Dim] |
|--------------------|-----------|-------|
| N,Ed | -50,737 | kN |
| V _y ,Ed | -1,552 | kN |
| V _z ,Ed | -0,137 | kN |
| T,Ed | 0,175 | kNm |
| M _y ,Ed | 0,460 | kNm |
| M _z ,Ed | 1,446 | kNm |

Nachweis bei Druckbeanspruchung

Gemäß EN 1993-1-1 §§6.2.4 und Formel (6.9)

| | | |
|-------------------|---------|-----------------|
| A _{eff} | 6,37 | cm ² |
| N _{c,Rd} | 136,024 | kN |
| Einheitsnachweis | 0,37 | - |

Nachweis bei Biegebeanspruchung M_y

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.5 und Formel (6.12),(6.15)

| | | |
|------------------------|--------|-----------------|
| W _{eff,y,min} | 126,89 | cm ³ |
| M _{c,y,Rd} | 27,109 | kNm |
| Einheitsnachweis | 0,02 | - |

Nachweis bei Biegebeanspruchung M_z

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.5 und Formel (6.12),(6.15)

| | | |
|------------------------|-------|-----------------|
| W _{eff,z,min} | 12,44 | cm ³ |
| M _{c,z,Rd} | 2,657 | kNm |

| | | |
|------------------|------|---|
| Einheitsnachweis | 0,54 | - |
|------------------|------|---|

Nachweis bei Querkraftbeanspruchung V_y

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.6 und Formel (6.17)

| | | |
|----------------------|--------|-----------------|
| Eta | 1,20 | |
| Av | 1,87 | cm ² |
| V _{pl,y,Rd} | 23,064 | kN |
| Einheitsnachweis | 0,07 | - |

Nachweis bei Querkraftbeanspruchung V_z

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.6 und Formel (6.17)

| | | |
|----------------------|---------|-----------------|
| Eta | 1,20 | |
| Av | 17,45 | cm ² |
| V _{pl,z,Rd} | 215,259 | kN |
| Einheitsnachweis | 0,00 | - |

Nachweis bei Torsionbeanspruchung

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.7 und Formel (6.23)

| | | |
|---------------------|-------|-----|
| Tau _{t,Ed} | 2,1 | MPa |
| Tau _{Rd} | 123,3 | MPa |
| Einheitsnachweis | 0,02 | - |

Bemerkung: Der Nachweiswert für Torsion ist kleiner als der Grenzwert 0,05. Deswegen wird die Torsion als nicht relevant betrachtet und wird in den kombinierten Nachweisen ignoriert.

Kombinierter Nachweis bei Beanspruchung auf Biegung, Normalkraft und Querkraft

Gemäß EN 1993-1-1 §6.2.9.3 und Formel (6.43)

| Effektive Eigenschaften | | |
|-------------------------|--------|-----------------|
| A _{eff} | 6,37 | cm ² |
| e _{N,y} | 0,0 | mm |
| e _{N,z} | 0,0 | mm |
| W _{eff,y} | 126,89 | cm ³ |
| W _{eff,z} | 12,44 | cm ³ |

| Normalspannung | | |
|-------------------------|-------|-----|
| Sigma _{N,Ed} | 79,7 | MPa |
| Sigma _{My,Ed} | 3,6 | MPa |
| Sigma _{Mz,Ed} | 116,3 | MPa |
| Sigma _{tot,Ed} | 199,6 | MPa |
| Einheitsnachweis | 0,93 | - |

Der Querschnittsnachweis ist für das Teil erbracht worden

....:STABILITÄTSNACHWEIS:....
Klassifizierung für den Biegeknicknachweis

Maßgebender Schnitt für die Stabilitätsklassifizierung: 0,000 m

Klassifizierung der auf Druck beanspruchten inneren Querschnittsteile

Gemäß EN 1993-1-1 Tabelle 5.2 Spalte 1

| | |
|--------------------------|--------|
| Maximales c/t Verhältnis | 221,00 |
| Klasse 1 Grenze | 33,00 |
| Klasse 2 Grenze | 38,00 |
| Klasse 3 Grenze | 43,20 |

=> Querschnitt wird als Klasse 4 für den Knicknachweis klassifiziert

Ermittlung der wirksamen Flächeneigenschaften nach dem Direktverfahren

| Eigenschaften | | | | | |
|--|---------|-----------------|--------------------|-------|-----------------|
| Querschnittsfläche A _{eff} | 6.37 | cm ² | | | |
| Schubfläche V _{y eff} | 1.92 | cm ² | V _{z eff} | 4.45 | cm ² |
| Trägheitsradius i _{y eff} | 224.2 | mm | i _{z eff} | 26.4 | mm |
| Trägheitsmoment I _{y eff} | 3199.64 | cm ⁴ | I _{z eff} | 44.46 | cm ⁴ |
| Elastischer Querschnittsmodul W _{y eff} | 126.89 | cm ³ | W _{z eff} | 12.44 | cm ³ |
| Ausmitte e _{ny} | 0.0 | mm | e _{nz} | 0.0 | mm |

Nachweis bei Beanspruchung auf Biegeknicken

Gemäß EN 1993-1-1 §6.3.1.1 und Formel (6.46)

| Knickparameter | yy | zz | |
|--|-------------------|-----------------|----|
| Verschieblichkeitstyp | Verschieblichkeit | unverschieblich | |
| Systemlänge L | 7,506 | 3,753 | m |
| Knickbeiwert k | 2,06 | 0,60 | |
| Knicklänge L _{cr} | 15,469 | 2,245 | m |
| Ideale Verzweigungslast N _{cr} | 320,024 | 394,168 | kN |
| Schlankheit Lambda | 111,86 | 100,80 | |
| Relative Schlankheit Lambda _{rel} | 0,68 | 0,62 | |
| Grenzschlankheit Lambda _{rel,0} | 0,20 | 0,20 | |
| Knickfigur | a | a | |
| Imperfektion Alpha | 0,21 | 0,21 | |
| Reduktionsbeiwert Chi | 0,86 | 0,88 | |
| Knickwiderstand N _{b,Rd} | 116,331 | 120,215 | kN |

| Kontrolle des Biegeknickens | | |
|---|---------|-----------------|
| Effektive Querschnittsfläche A _{eff} | 6,37 | cm ² |
| Knickwiderstand N _{b,Rd} | 116,331 | kN |
| Einheitsnachweis | 0,44 | - |

Biegedrillknick-Nachweis

Hinweis: Der Querschnitt ist vom Typ Rechteckhohlprofil mit $h/b < 10 / \lambda_{red,z'}$ und ist daher für BDk nicht empfindlich

Beanspruchung auf Biegung und Druck

Gemäß Art. EN 1993-1-1 : 6.3.3. und Formel (6.61), (6.62)

Interaktionsverfahren 2

| Wertetabelle | | |
|---------------------|---------|-----------------|
| k _{yy} | 1.061 | |
| k _{yz} | 0.654 | |
| k _{zy} | 0.849 | |
| k _{zz} | 0.654 | |
| DeltaM _y | 0.000 | kNm |
| DeltaM _z | 0.000 | kNm |
| A | 6.37 | cm ² |
| W _y | 126.89 | cm ³ |
| W _z | 12.44 | cm ³ |
| NRk | 149.626 | kN |
| M _{y,Rk} | 29.820 | kNm |
| M _{z,Rk} | 2.922 | kNm |
| M _{y,Ed} | 0.562 | kNm |

| Wertetabelle | | |
|-------------------------|--------|-----|
| Mz,Ed | 1.446 | kNm |
| Interaktionsverfahren 2 | | |
| Psi,y | 0.212 | |
| Psi,z | -0.391 | |
| Cmy | 0.900 | |
| Cmz | 0.566 | |
| CmLT | 0.709 | |

Einheitsnachweis (6.61) = 0.44 + 0.02 + 0.36 = 0.81

Einheitsnachweis (6.62) = 0.42 + 0.02 + 0.36 = 0.80

Der Stabilitätsnachweis ist für das Teil erbracht worden

5.5. Kupplungsnachweise

Nichtlineare Analyse, Extremwerte : Teil

Auswahl : B5687, B5704, B5705, B5706, B5707, B5708, B5726, B5727, B5728, B5729, B5748, B5749, B5750, B5753, B5770, B5771, B5772, B5773, B5774, B5792, B5793, B5794, B5795, B5814, B5815, B5816, B5834, B5835, B5836, B5837, B5838, B5839, B5856, B5857, B5858, B5859, B5860, B5877, B5878, B5879, B5880, B5881, B5899

LFK-Klasse : Alle GZT

Kupplungsnachweis

| Name | Kupplungstyp | Teil-Position | LF | Einheitsnachweis - Max [-] | Einheitsnachweis - Fx [-] | Einheitsnachweis - Mx [-] |
|--------|--------------|---------------|----------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | | | Einheitsnachweis - Fy [-] | Einheitsnachweis - My [-] |
| | | | | | Einheitsnachweis - Fz [-] | Einheitsnachweis - Mz [-] |
| Riegel | Allgemein | B5687 -Ende | Alle GZT | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5704 -Ende | Alle GZT | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,09 |
| | | | | | 0,00 | 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5705 -Anfang | Alle GZT | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5706 -Ende | Alle GZT | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,03 |
| | | | | | 0,00 | 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5707 -Ende | Alle GZT | 0,03 | 0,02 | 0,00 |
| | | | | | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,03 |
| Riegel | Allgemein | B5708 -Anfang | Alle GZT | 0,25 | 0,25 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5726 -Anfang | Alle GZT | 0,03 | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,03 |
| Riegel | Allgemein | B5727 -Anfang | Alle GZT | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5728 -Anfang | Alle GZT | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,01 | 0,05 |
| | | | | | 0,00 | 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5729 -Anfang | Alle GZT | 0,26 | 0,26 | 0,00 |
| | | | | | 0,01 | 0,00 |
| | | | | | 0,00 | 0,03 |

| Name | Kupplungstyp | Teil-Position | LF | Einheitsnachweis - Max [-] | Einheitsnachweis - Fx [-] Einheitsnachweis - Fy [-] Einheitsnachweis - Fz [-] | Einheitsnachweis - Mx [-] Einheitsnachweis - My [-] Einheitsnachweis - Mz [-] |
|--------|--------------|---------------|----------|-------------------------------|--|--|
| Riegel | Allgemein | B5748 -Ende | Alle GZT | 0,03 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,03 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5749 -Ende | Alle GZT | 0,02 | 0,02 0,01 0,00 | 0,00 0,00 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5750 -Anfang | Alle GZT | 0,26 | 0,26 0,02 0,00 | 0,00 0,00 0,04 |
| Riegel | Allgemein | B5753 -Ende | Alle GZT | 0,04 | 0,04 0,00 0,00 | 0,00 0,00 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5770 -Ende | Alle GZT | 0,11 | 0,00 0,00 0,00 | 0,00 0,11 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5771 -Anfang | Alle GZT | 0,05 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,05 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5772 -Anfang | Alle GZT | 0,04 | 0,00 0,00 0,00 | 0,00 0,04 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5773 -Anfang | Alle GZT | 0,59 | 0,59 0,04 0,01 | 0,00 0,04 0,05 |
| Riegel | Allgemein | B5774 -Anfang | Alle GZT | 0,21 | 0,21 0,00 0,00 | 0,00 0,00 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5792 -Anfang | Alle GZT | 0,16 | 0,16 0,01 0,00 | 0,00 0,00 0,07 |
| Riegel | Allgemein | B5793 -Anfang | Alle GZT | 0,09 | 0,09 0,01 0,00 | 0,00 0,03 0,06 |
| Riegel | Allgemein | B5794 -Anfang | Alle GZT | 0,95 | 0,95 0,09 0,01 | 0,00 0,00 0,34 |
| Riegel | Allgemein | B5795 -Anfang | Alle GZT | 0,37 | 0,37 0,01 0,00 | 0,00 0,00 0,04 |
| Riegel | Allgemein | B5814 -Ende | Alle GZT | 0,03 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,03 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5815 -Anfang | Alle GZT | 0,10 | 0,01 0,05 0,02 | 0,00 0,00 0,10 |
| Riegel | Allgemein | B5816 -Anfang | Alle GZT | 0,27 | 0,27 0,02 0,00 | 0,00 0,00 0,04 |
| Riegel | Allgemein | B5834 -Ende | Alle GZT | 0,20 | 0,20 0,00 0,00 | 0,00 0,02 0,02 |

| Name | Kupplungstyp | Teil-Position | LF | Einheitsnachweis - Max [-] | Einheitsnachweis - Fx [-] Einheitsnachweis - Fy [-] Einheitsnachweis - Fz [-] | Einheitsnachweis - Mx [-] Einheitsnachweis - My [-] Einheitsnachweis - Mz [-] |
|--------|--------------|---------------|----------|-------------------------------|--|--|
| Riegel | Allgemein | B5835 -Ende | Alle GZT | 0,06 | 0,00 0,00 0,00 | 0,00 0,06 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5836 -Anfang | Alle GZT | 0,07 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,07 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5837 -Anfang | Alle GZT | 0,05 | 0,00 0,00 0,00 | 0,00 0,05 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5838 -Ende | Alle GZT | 0,21 | 0,21 0,00 0,00 | 0,00 0,00 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5839 -Ende | Alle GZT | 0,16 | 0,02 0,01 0,00 | 0,00 0,16 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5856 -Ende | Alle GZT | 0,06 | 0,01 0,00 0,00 | 0,00 0,06 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5857 -Anfang | Alle GZT | 0,09 | 0,03 0,01 0,00 | 0,00 0,09 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5858 -Anfang | Alle GZT | 0,05 | 0,05 0,00 0,00 | 0,00 0,05 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5859 -Ende | Alle GZT | 0,33 | 0,33 0,00 0,00 | 0,00 0,00 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5860 -Ende | Alle GZT | 0,19 | 0,06 0,01 0,00 | 0,00 0,19 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5877 -Ende | Alle GZT | 0,07 | 0,01 0,01 0,00 | 0,00 0,07 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5878 -Anfang | Alle GZT | 0,05 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,05 0,02 |
| Riegel | Allgemein | B5879 -Ende | Alle GZT | 0,03 | 0,00 0,01 0,00 | 0,00 0,03 0,01 |
| Riegel | Allgemein | B5880 -Ende | Alle GZT | 0,28 | 0,28 0,01 0,00 | 0,00 0,00 0,00 |
| Riegel | Allgemein | B5881 -Anfang | Alle GZT | 0,22 | 0,22 0,01 0,00 | 0,00 0,00 0,03 |
| Riegel | Allgemein | B5899 -Anfang | Alle GZT | 0,12 | 0,12 0,01 0,00 | 0,00 0,02 0,00 |

6. Ein in Scia Engineer erstelltes Gerüst, exportiert in ein CAD-Program

