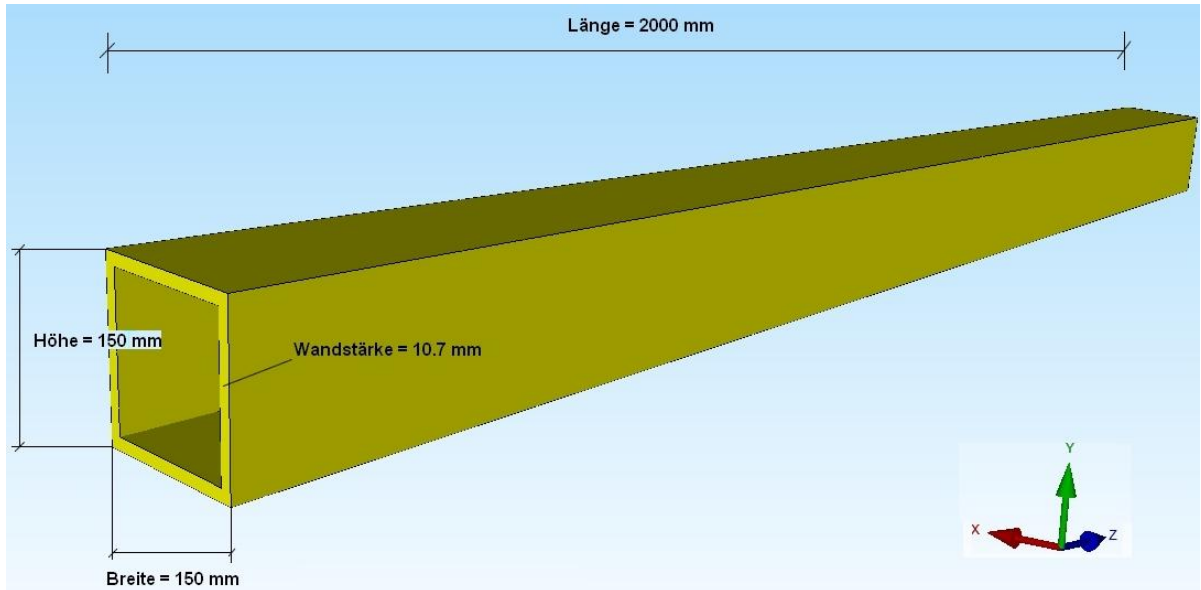


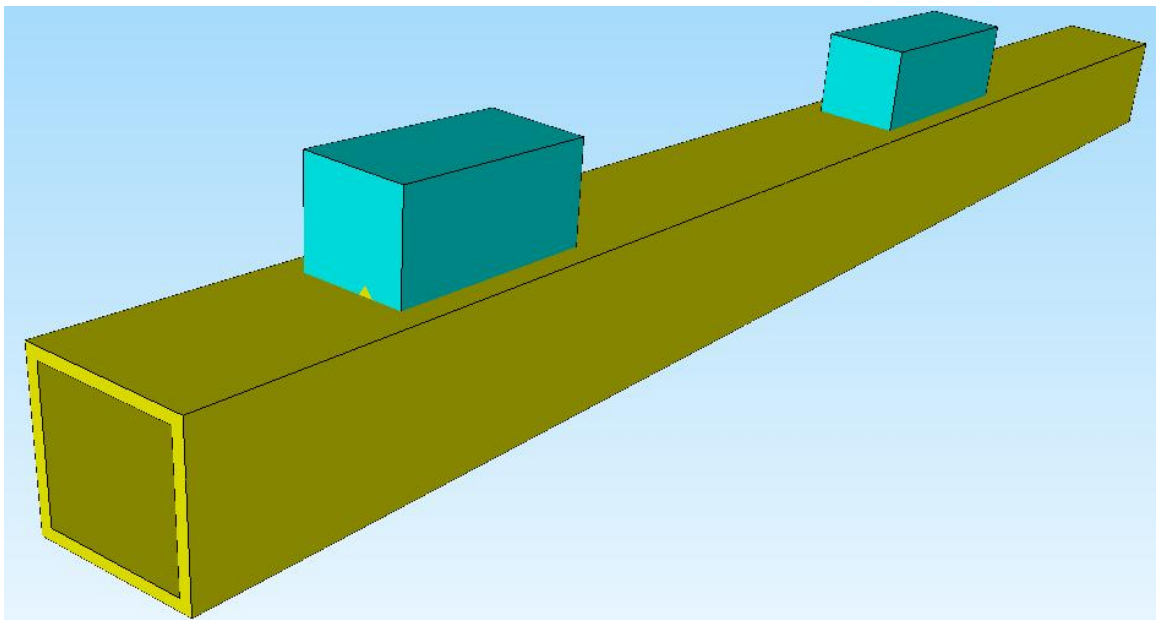
Kapitel 30: Eigenfrequenzen eines ungelagerten Hohlkastens mit Zusatzmassen

Es werden die Eigenfrequenzen eines ungelagerten Hohlkastens aus Stahl mit der Länge von 2000 mm und einem quadratischen Profil 150 mm x 150 mm x 10.7 mm ohne und mit Zusatzmassen mit dem FEM-System MEANS V12 berechnet.

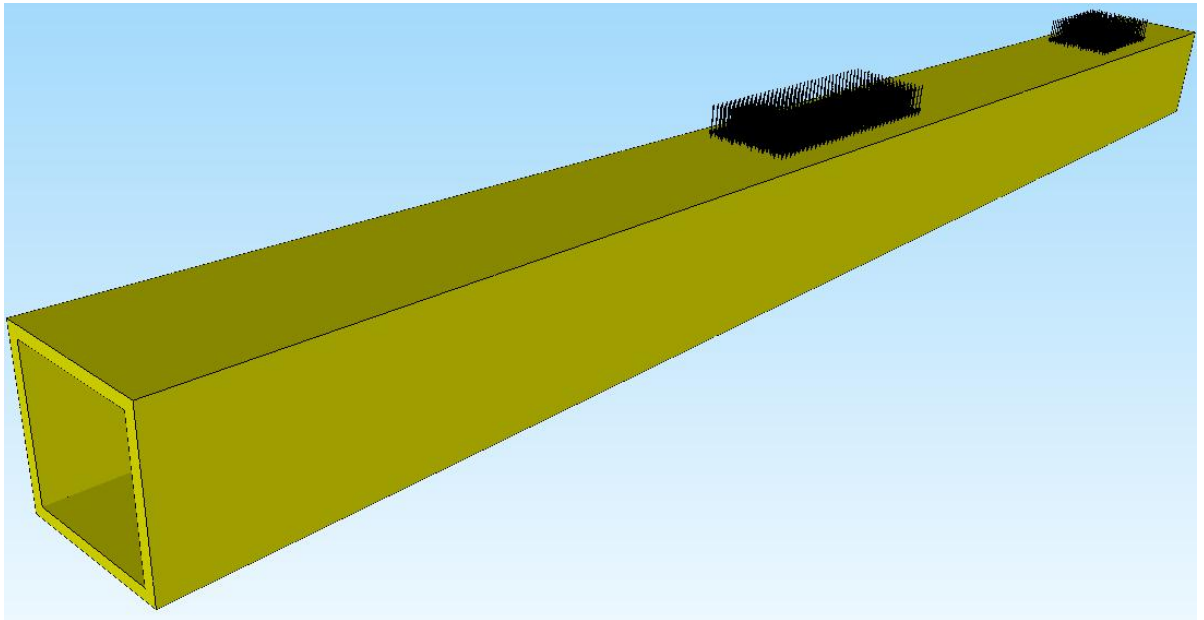


Zwei Methoden für Zusatzmassen

Die Zusatzmassen können in MEANS V12 sowohl als zusätzliche Netz-Erweiterung mit zwei Grundkörpern als auch mit einer Gewichtskraft vorgegeben werden. Die letztere Methode hat den großen Vorteil, daß nur Gewichtskräfte in N und keine Materialdaten benötigt werden, womit auch Eigenfrequenzen von FEM-Modellen mit Zusatzmassen von Autos und Personen berechnet werden können.



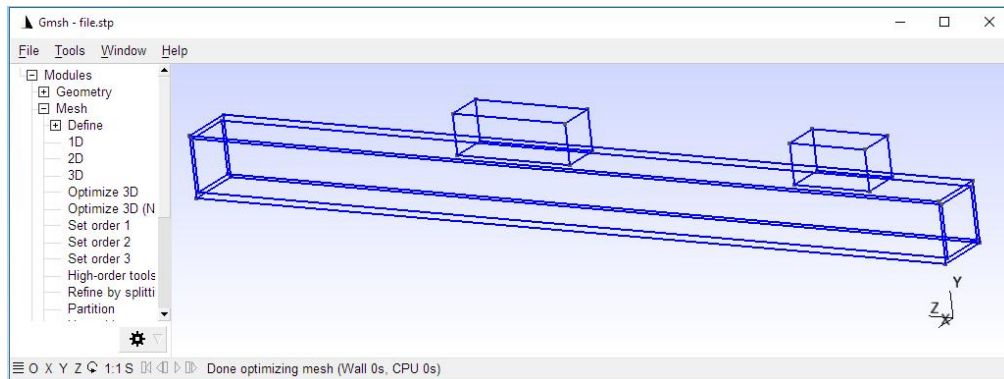
Ungelagerter Hohlkasten mit zwei Zusatzmassen als Netz-Erweiterung



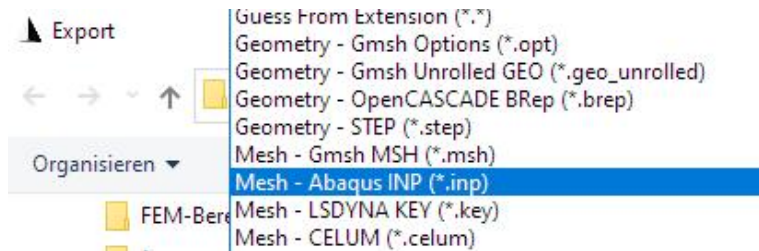
Ungelagerter Hohlkasten mit einer Gewichtskraft für die Zusatzmassen

Ungelagerter Hohlkasten mit Zusatzmassen als Netz-Erweiterung

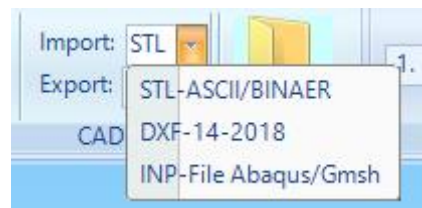
Das CAD-Modell wird mit zwei Grundkörpern 100 x 100 x 200 und 100 x 100 x 300 erweitert und im STEP-Format mit dem 3D-Netzgenerator GMSH vernetzt



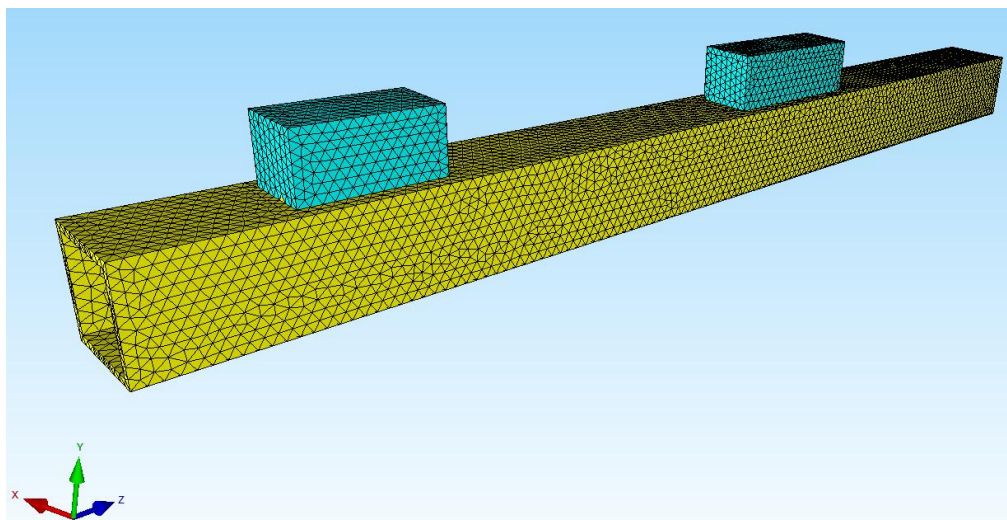
und im Abaqus INP-Format für MEANS V12 exportiert:



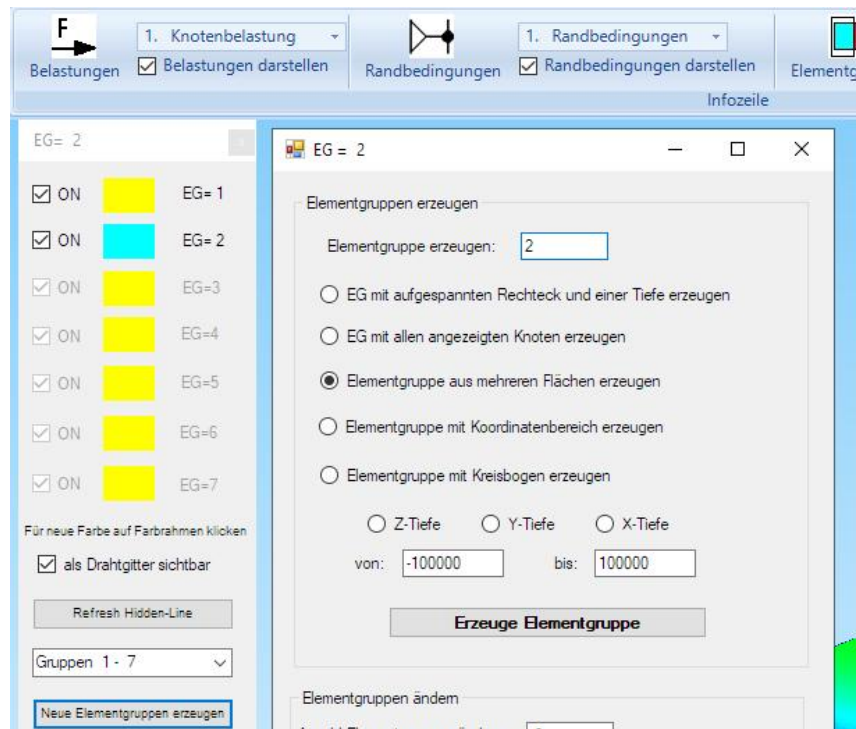
Das FEM-Netz wurde in MEANS V12 mit Menü „INP-File Abaqus/Gmsh“ importiert



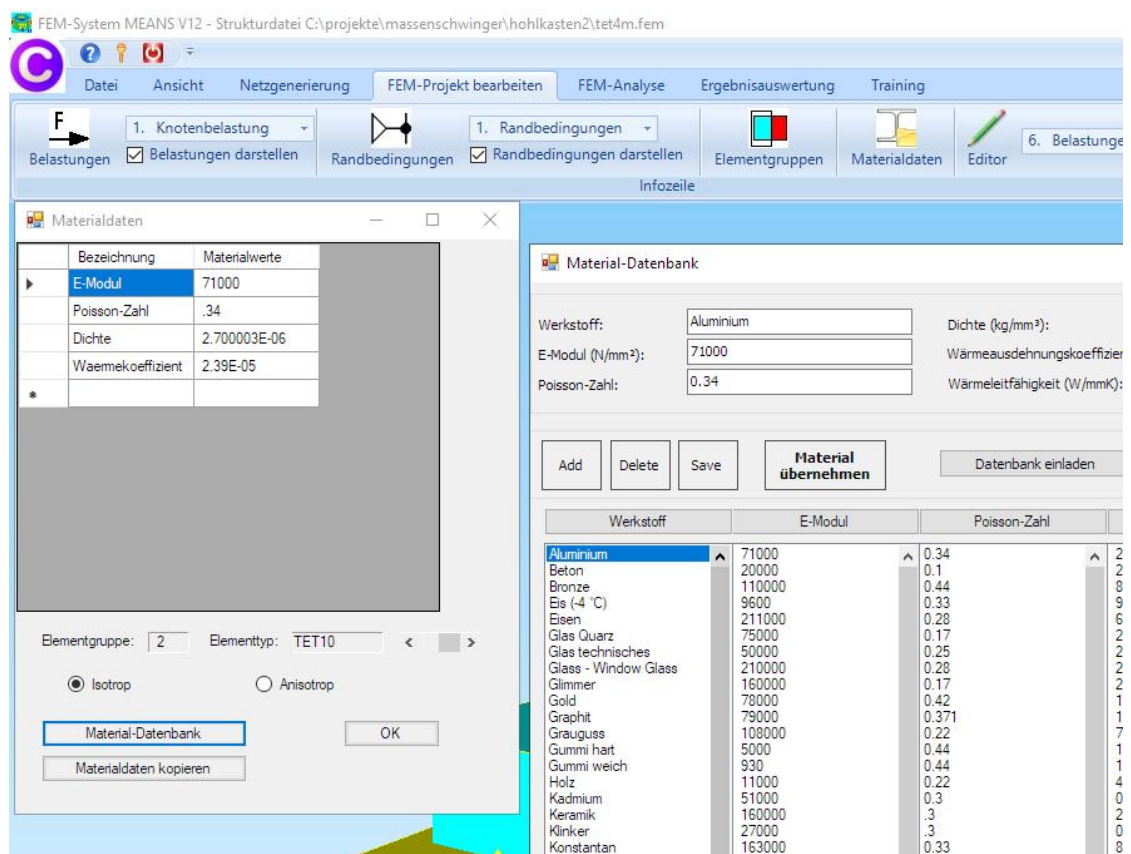
und besteht aus 37 938 TET4-Volumenelementen und 11 987 Knotenpunkten.



Die Elementgruppe 2 mit den Zusatzmassen wird mit Menü „Elementgruppe aus mehreren Flächen erzeugen“ erzeugt



und mit Menü „Materialdaten“ das E-Modul 71000 N/mm², die Poisson-Zahl 0.34 und die Dichte 2.7E-6 kg/mm³ für Aluminium aus der selbsterweiterbaren Material-Datenbank übernommen.



Ungelagerter Hohlkasten mit einer Gewichtskraft

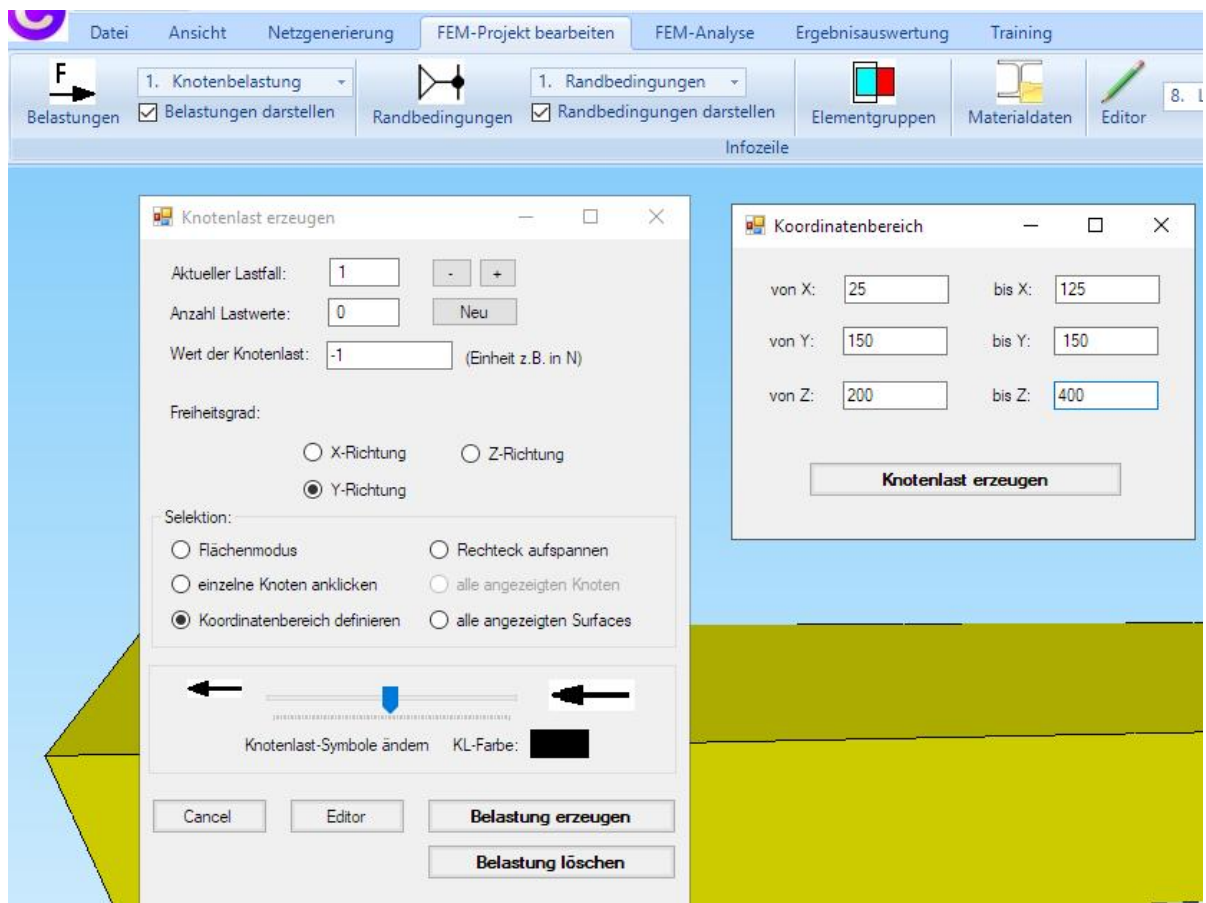
Mit dieser Methode werden zuerst die Gewichtskräfte aus den Zusatzmassen berechnet:

$$\begin{aligned}\text{Gewichtskraft 1} &= 100 \text{ mm} * 100 \text{ mm} * 200 \text{ mm} * \text{Dichte v. Aluminium} \\ &= 0.1 \text{ m} * 0.1 \text{ m} * 0.2 \text{ m} * 2700 \text{ kg/m}^3 * 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 540 \text{ N}\end{aligned}$$

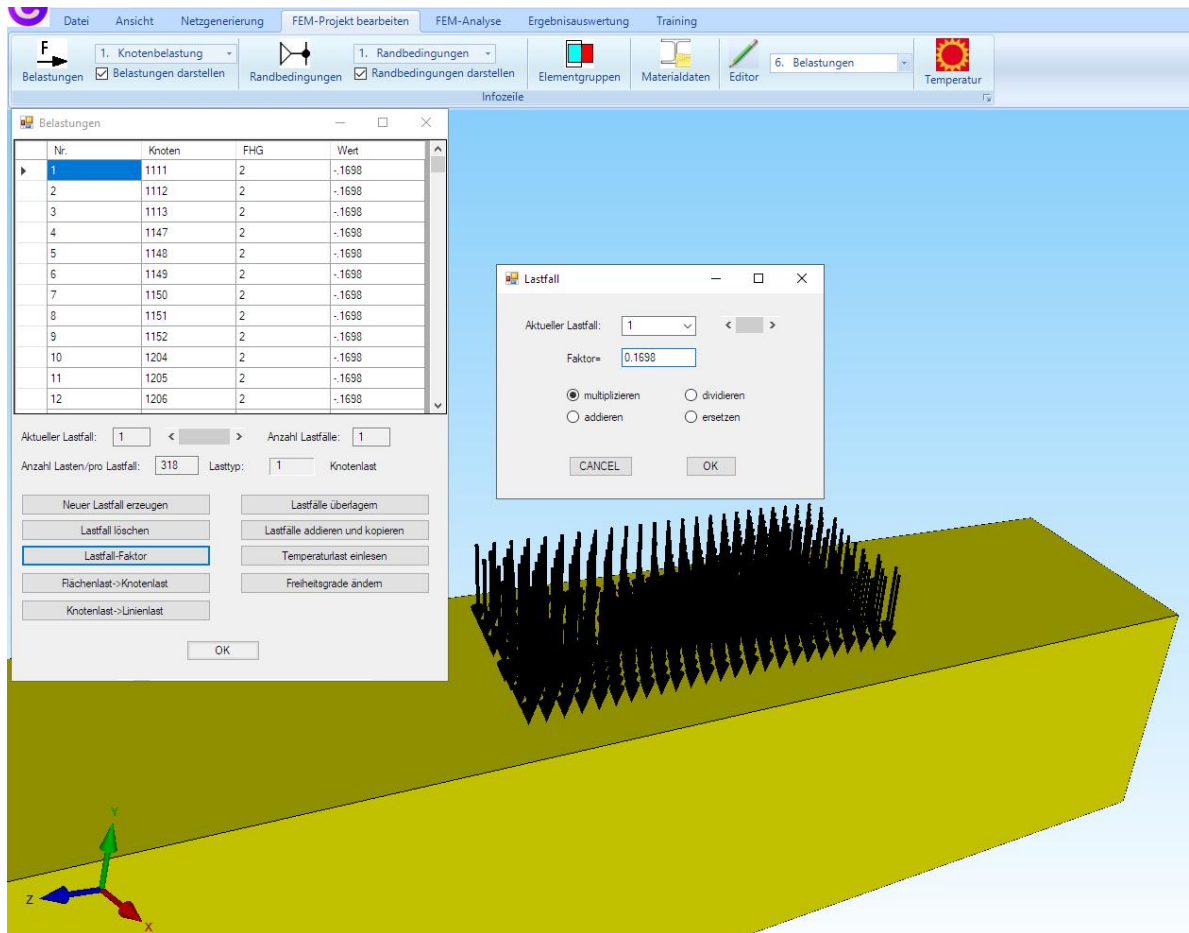
$$\begin{aligned}\text{Gewichtskraft 2} &= 100 \text{ mm} * 100 \text{ mm} * 300 \text{ mm} * \text{Dichte v. Aluminium} \\ &= 0.1 \text{ m} * 0.1 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 2700 \text{ kg/m}^3 * 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 810 \text{ N}\end{aligned}$$

Knotenbelastung erzeugen

Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Knotenbelastung“ und erzeugen eine Last mit dem Wert = -1 in Y-Richtung mit der Selektion „Koordinatenbereich definieren“ und definieren folgenden Bereich:



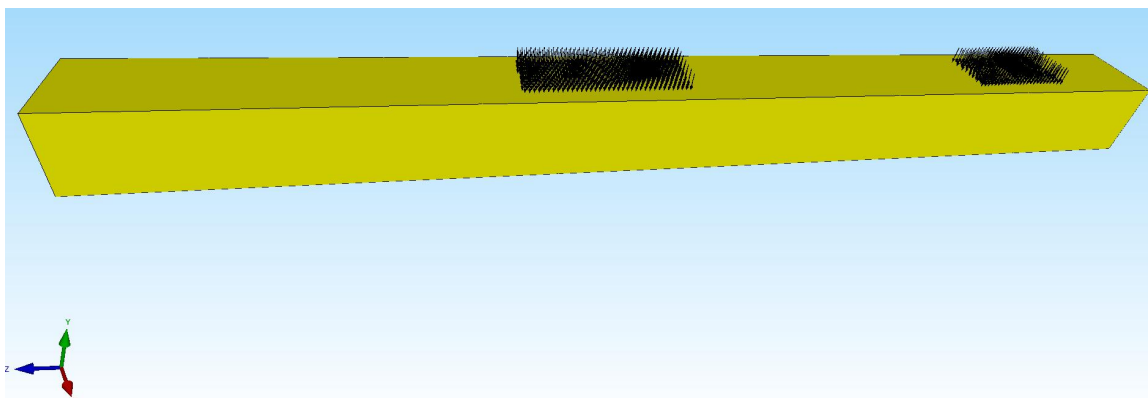
Danach wählen Sie „Belastungen“ und „Editor“ und berechnen den Einzelwert aus $540 \text{ N} / 318 = 0.1698 \text{ N}$ der dann mit Menü „Lastfall-Faktor“ mit -1 multipliziert werden muss.



Führen Sie die gleichen Schritte für die Gewichtskraft 2 mit dem folgenden Koordinatenbereich aus:

X von 25 bis 125
 Y von 150 bis 150
 Z von 1000 bis 1300

und man erhält folgende Knotenlast:

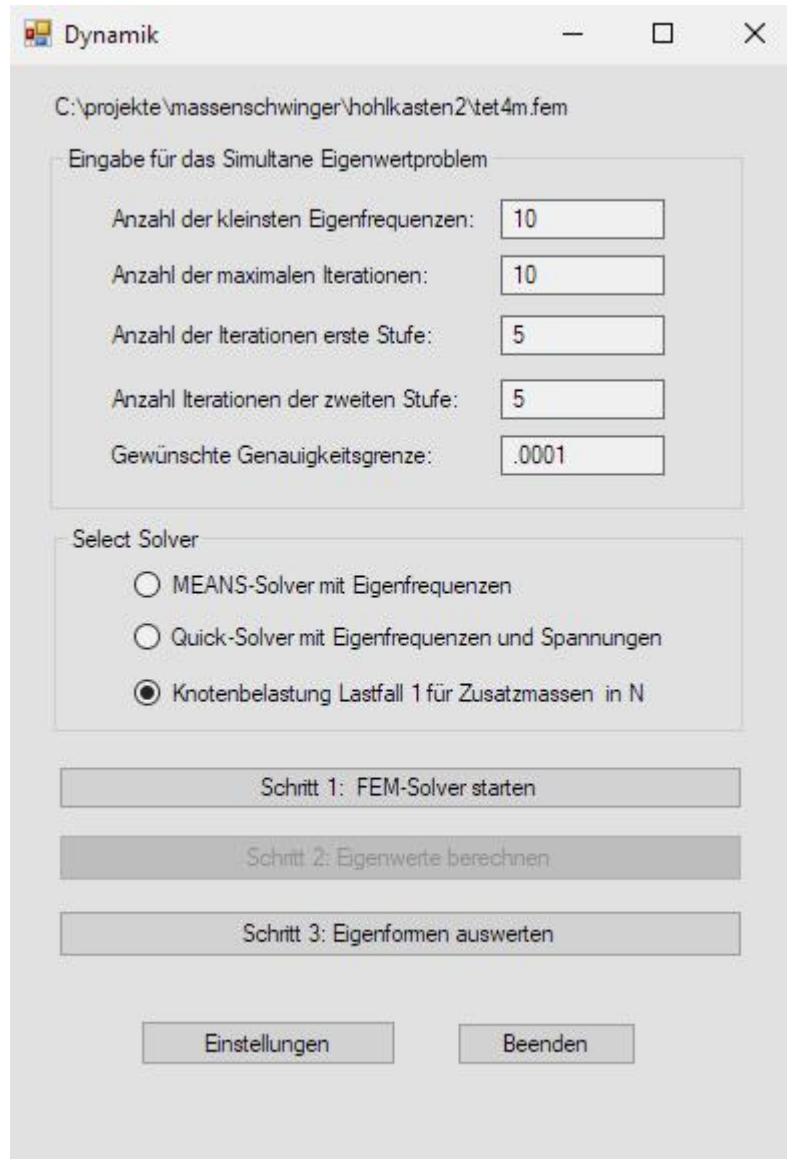


Dynamik-Analyse

Mit dem Register „FEM-Analyse“ und „Dynamik“ erfolgt eine FEM-Analyse mit dem Quick-Solver um die Eigenfrequenzen und Eigenvektoren zu berechnen.

Berechnen Sie mindestens 10 Eigenfrequenzen da die ersten 6 Eigenfrequenzen wegen der fehlenden Lagerung Null sind.

Wählen Sie „Knotenbelastung Lastfall 1 für Zusatzmassen in N“ aus damit die Gewichtskräfte als zusätzliche Massen in die FEM-Berechnung eingebaut werden.



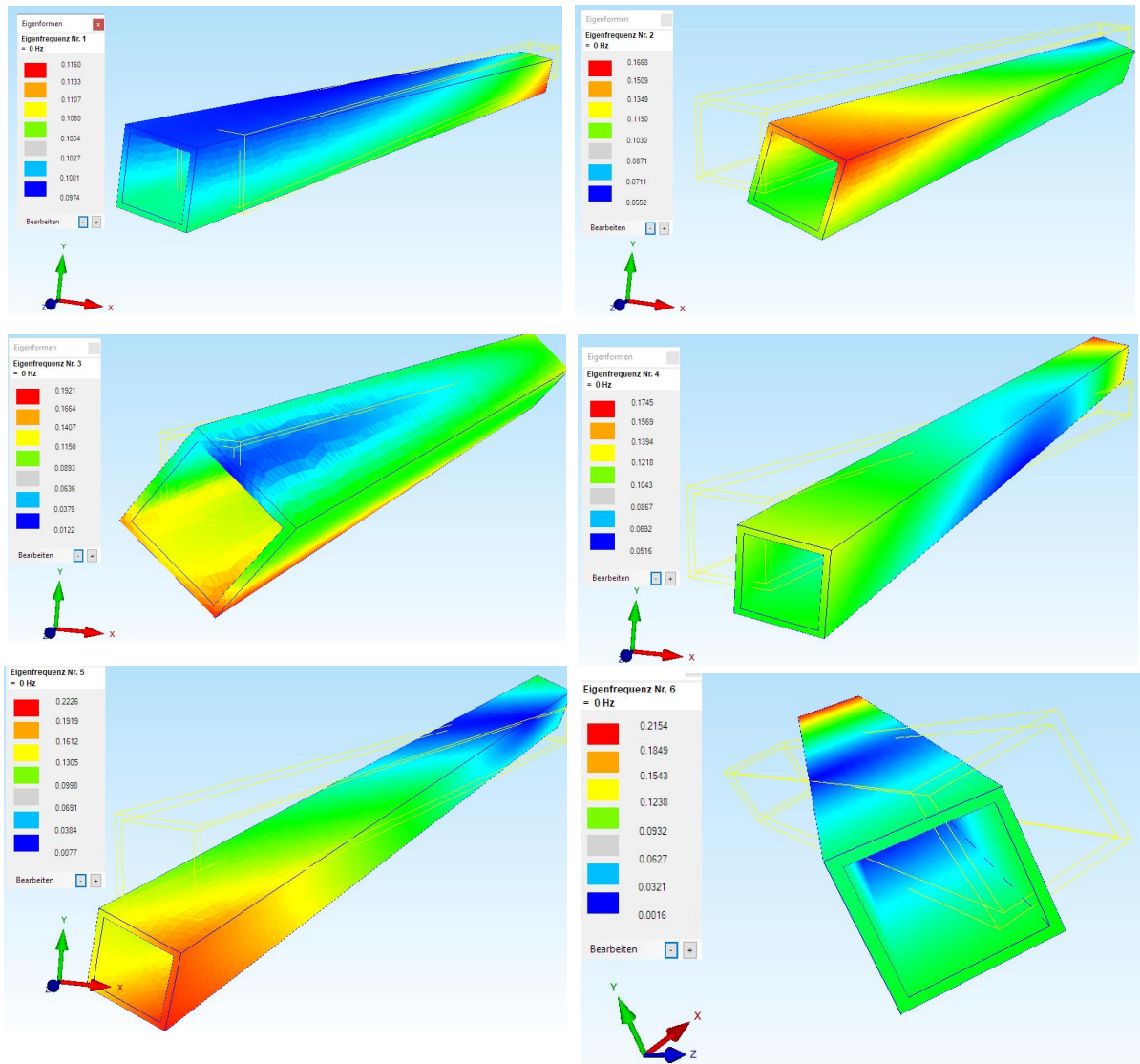
Im Quick-Solver Menü „convert C3D4 -> C3D10 and show and solve with C310“ wählen das genauere Eigenfrequenzen berechnet jedoch eine höhere Rechenzeit benötigt:

convert C3D4 -> C3D10 and show and solve with C3D10

Ergebnisse

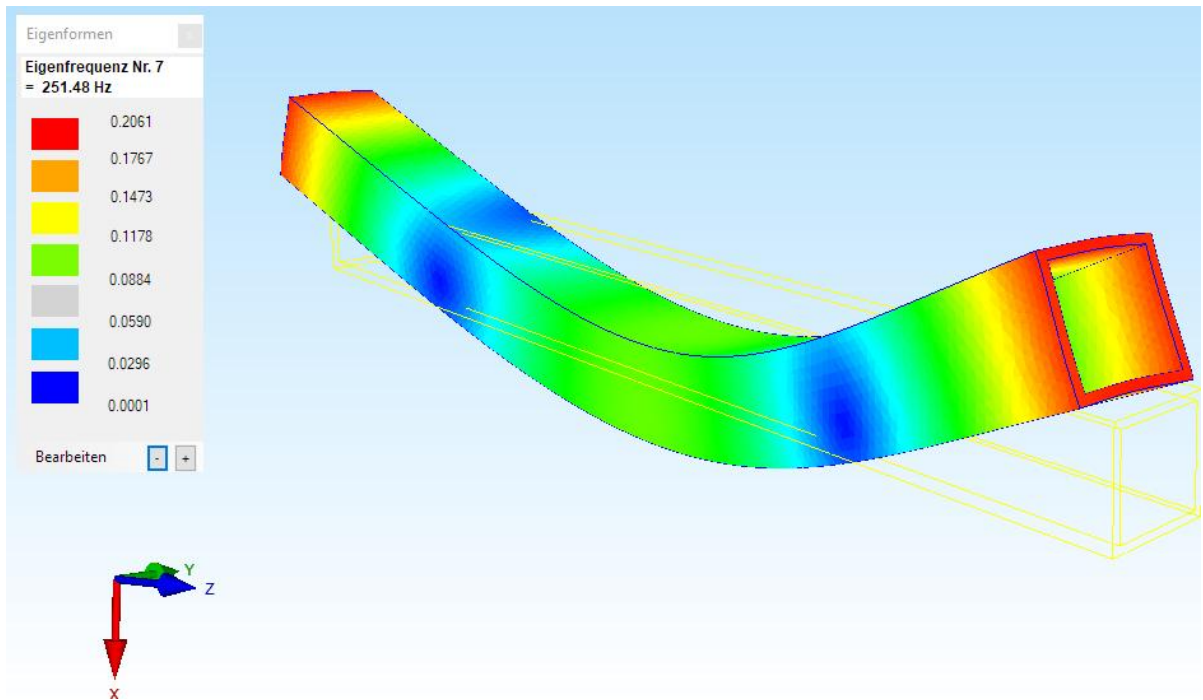
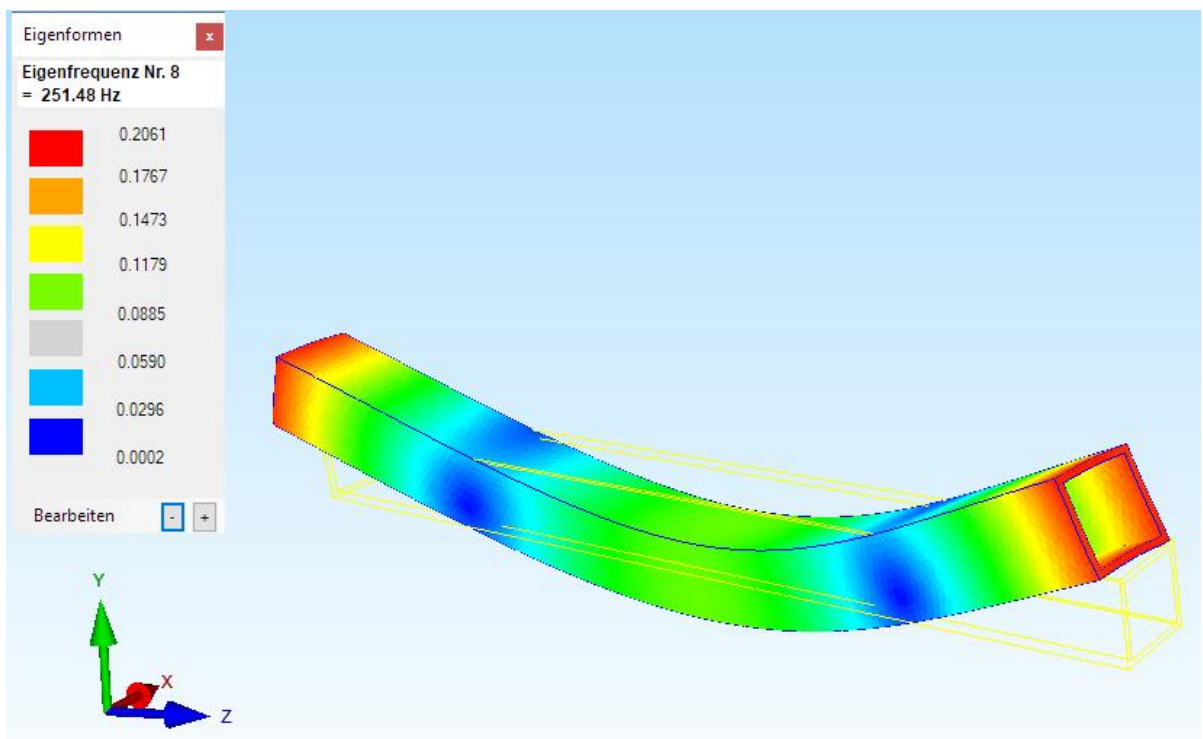
Eigenfrequenzen des ungelagerten Hohlkastens ohne Zusatzmassen

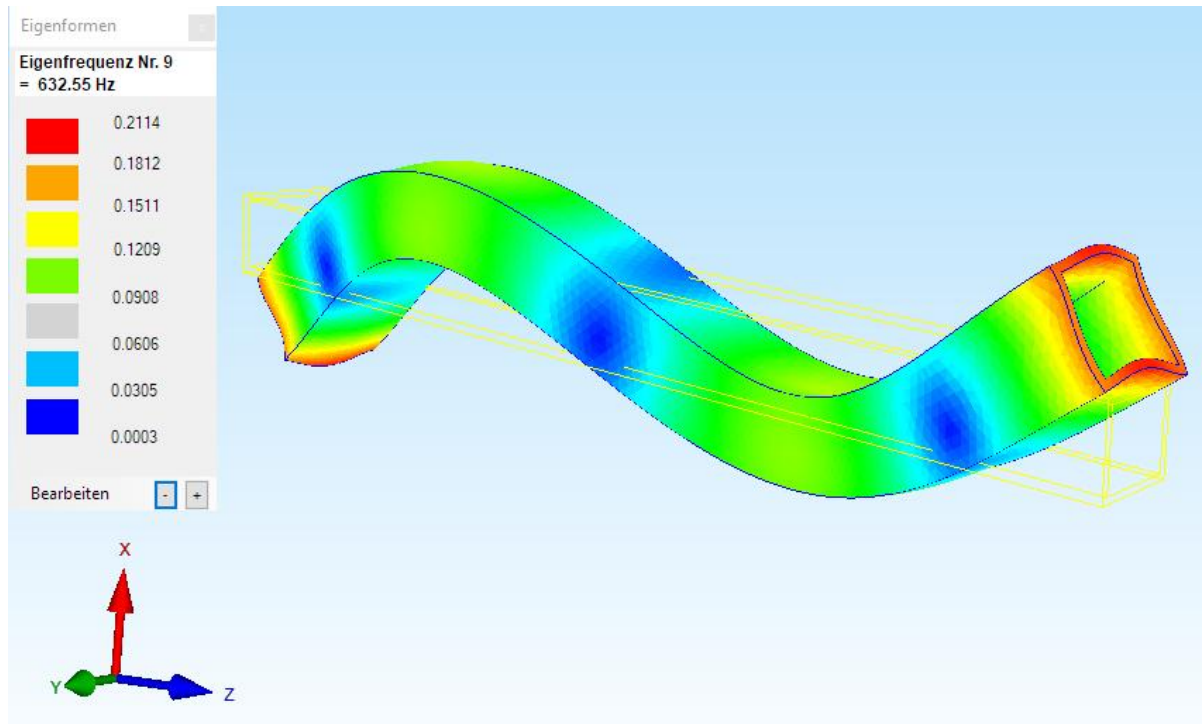
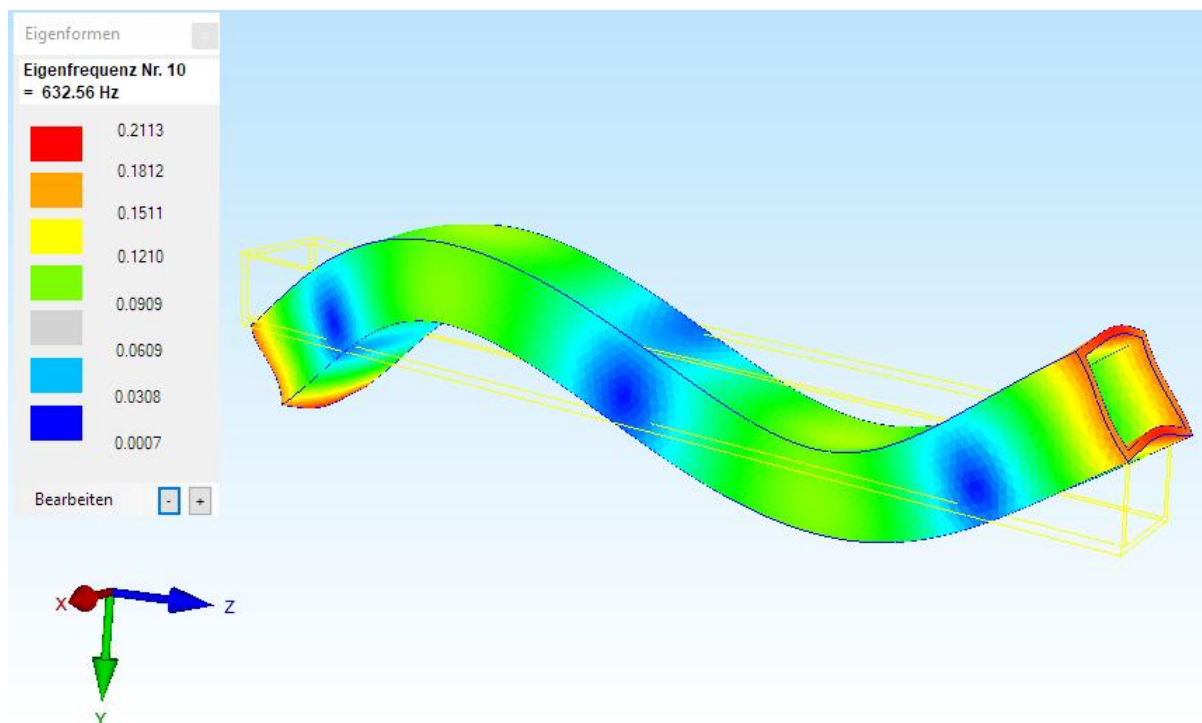
Als ein Sonderfall mehrfacher Eigenvektoren werden die sechs Starrkörpermoden (Eigenfrequenzen von 0.0 Hz) in der Regel nicht in Reinform, sondern als Linearkombination der drei Verschiebungs- und drei Rotationsfreiheitsgrade berechnet:



Bei einer statischen Analyse würde bereits ein einziger Starrkörpermode zu einem Abbruch der Berechnung (Last kann nicht aufgenommen werden) oder zumindest zu mehrdeutigen Lösungen (keine zugehörige Last) führen. Die Anzahl der Starrkörpermoden entspricht dem Grad der statischen Unterbestimmtheit, so dass sich Eigenfrequenzanalysen auch zur Erkennung fehlender Randbedingungen einsetzen lassen.

Die ermittelten Eigenvektoren 7 und 8 (erste Biegeschwingung) sowie 9 und 10 (zweite Biegeschwingung) korrespondieren zufällig mit den Hauptachsen:

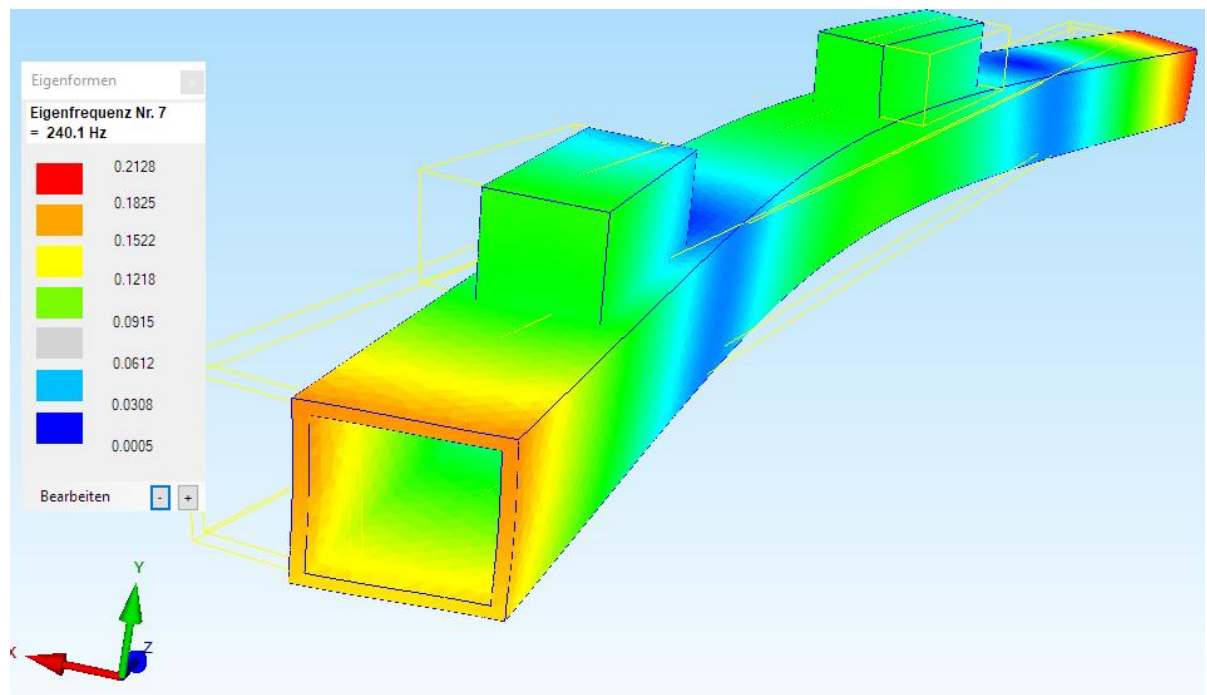
Eigenfrequenz Nr. 7 = 251.48 Hz in der X-Z-Ebene (erste Biegschwingung)**Eigenfrequenz Nr. 8 = 251.48 Hz in der Y-Z-Ebene (erste Biegschwingung)**

Eigenfrequenz Nr. 9 = 632.55 Hz in der X-Z-Ebene (zweite Biegschwingung)**Eigenfrequenz Nr. 10 = 632.56 Hz in der Y-Z-Ebene (zweite Biegschwingung)**

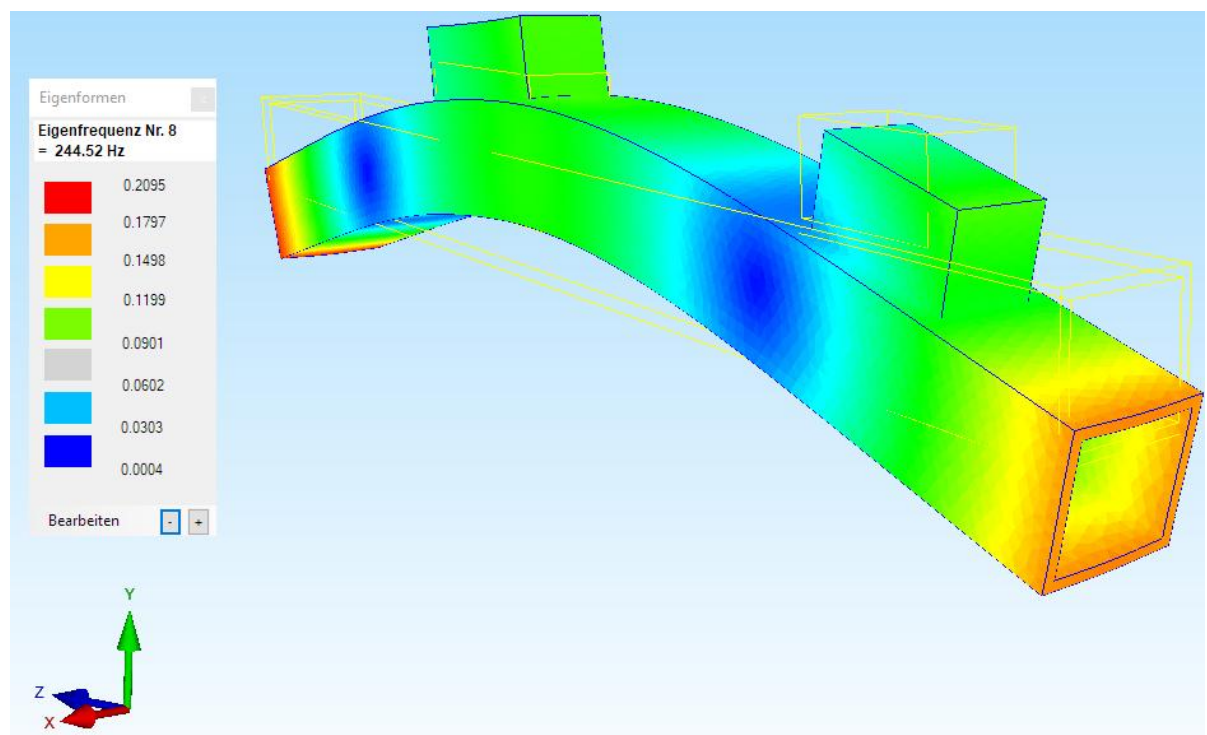
Die Eigenfrequenzen stimmen mit der Literatur „FEM-Formelsammlung Statik und Dynamik“ ISBN 978-3-8348-0980-3 von Lutz Nasdala auf Seite 53 sehr genau überein.

Eigenfrequenzen des Hohlkastens mit Zusatzmassen

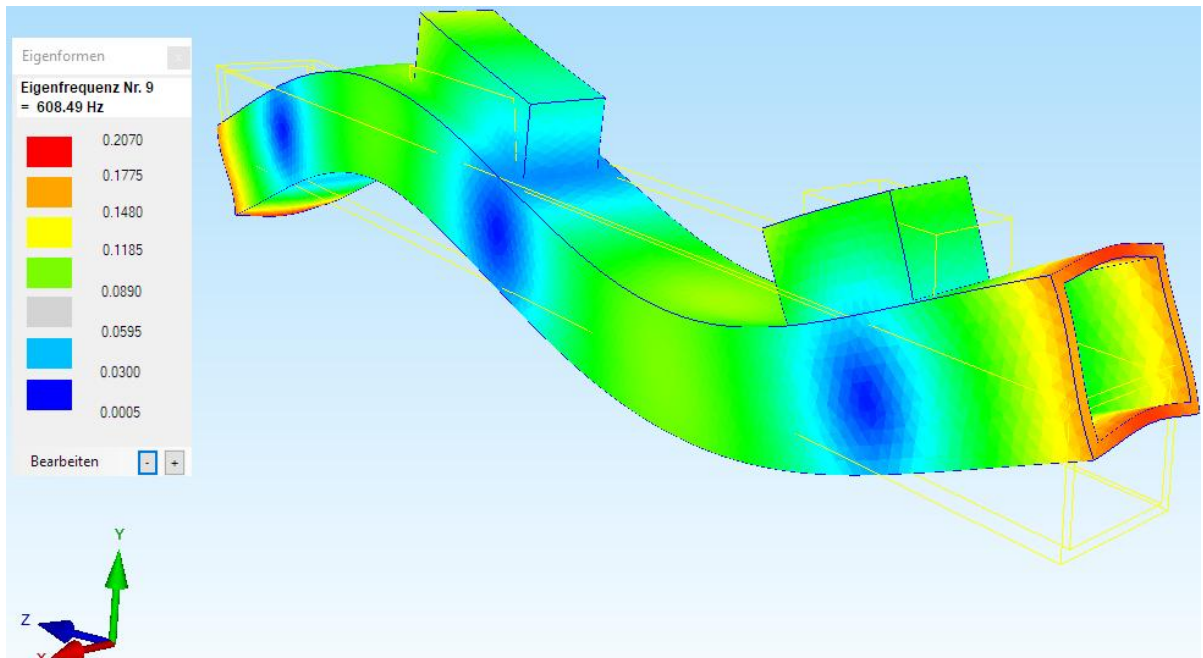
Eigenfrequenz Nr. 7 = 240.1 Hz in der X-Z-Ebene



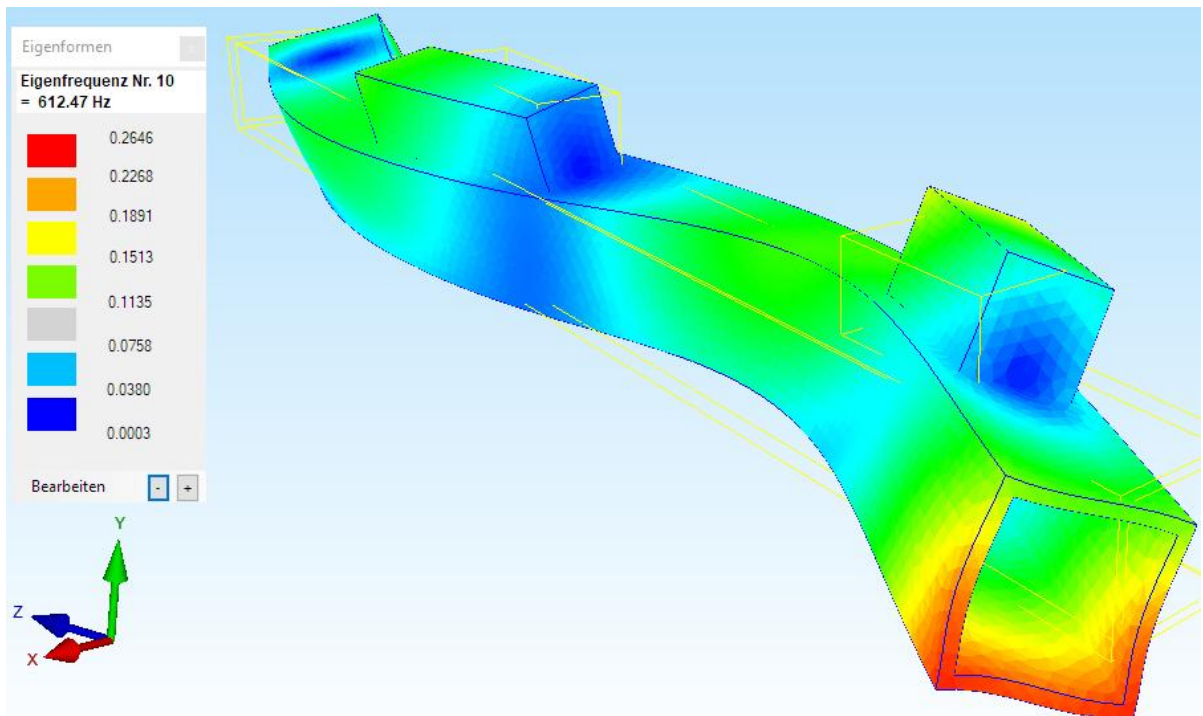
Eigenfrequenz Nr. 8 = 244.52 Hz in der Y-Z-Ebene



Eigenfrequenz Nr. 9 = 608.49 Hz in der Y-Z-Ebene

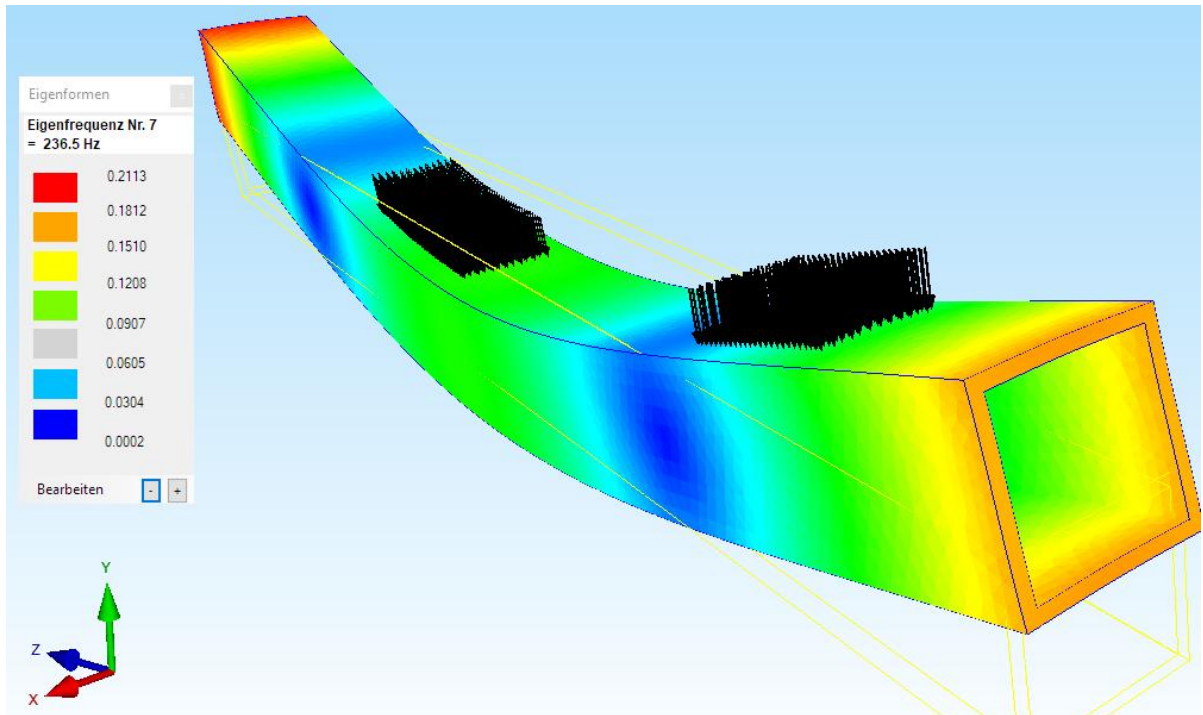


Eigenfrequenz Nr. 10 = 612.47 Hz in der X-Z-Ebene

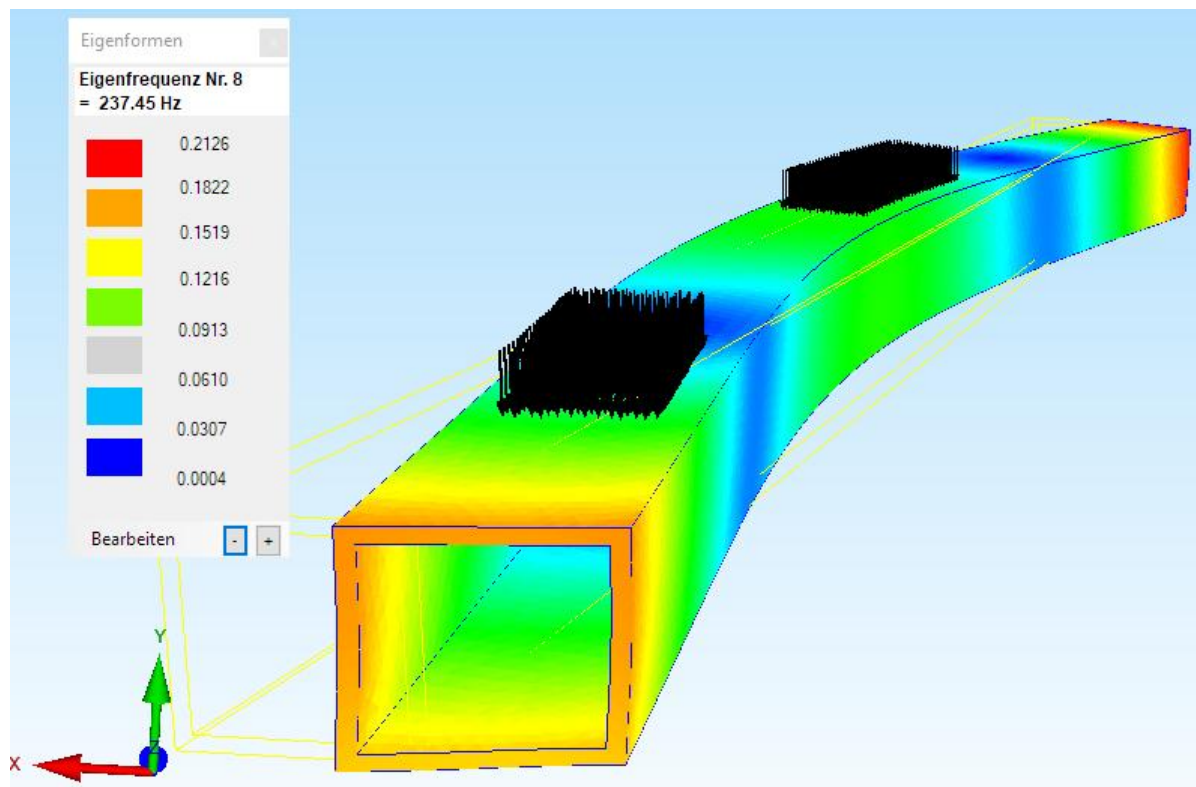


Eigenfrequenzen des Hohlkastens mit Gewichtskraft

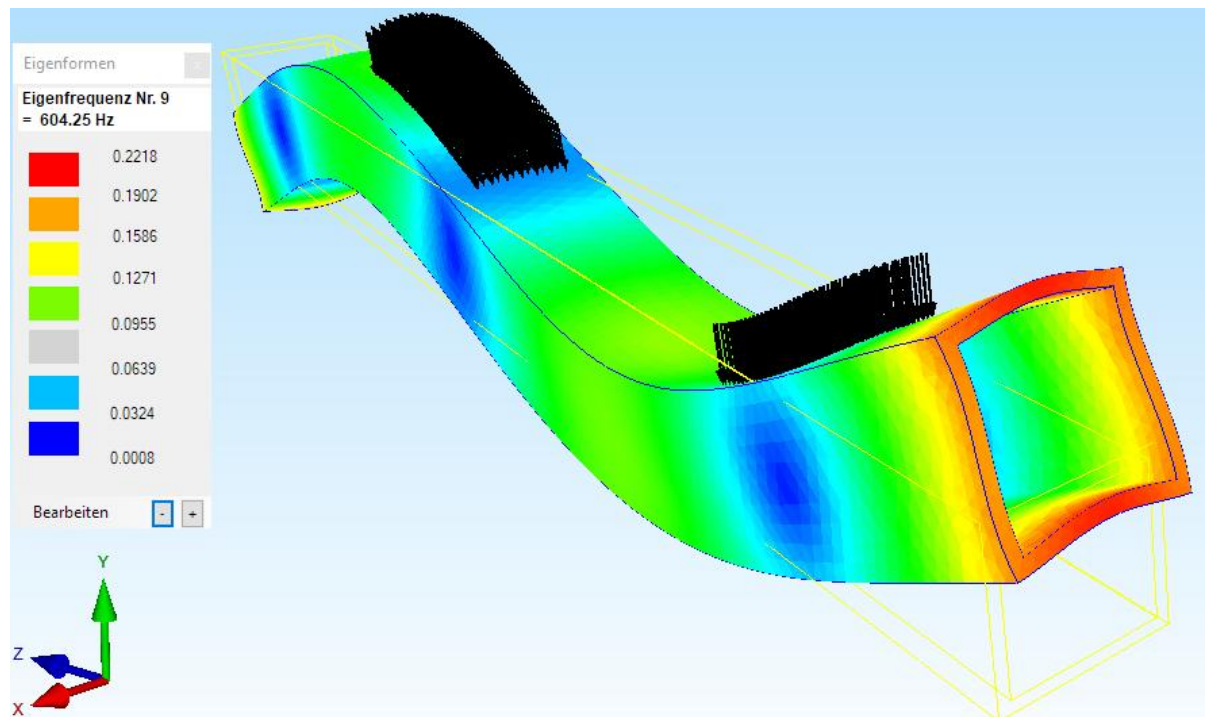
Eigenfrequenz Nr. 7 = 236.5 Hz in der Y-Z-Ebene



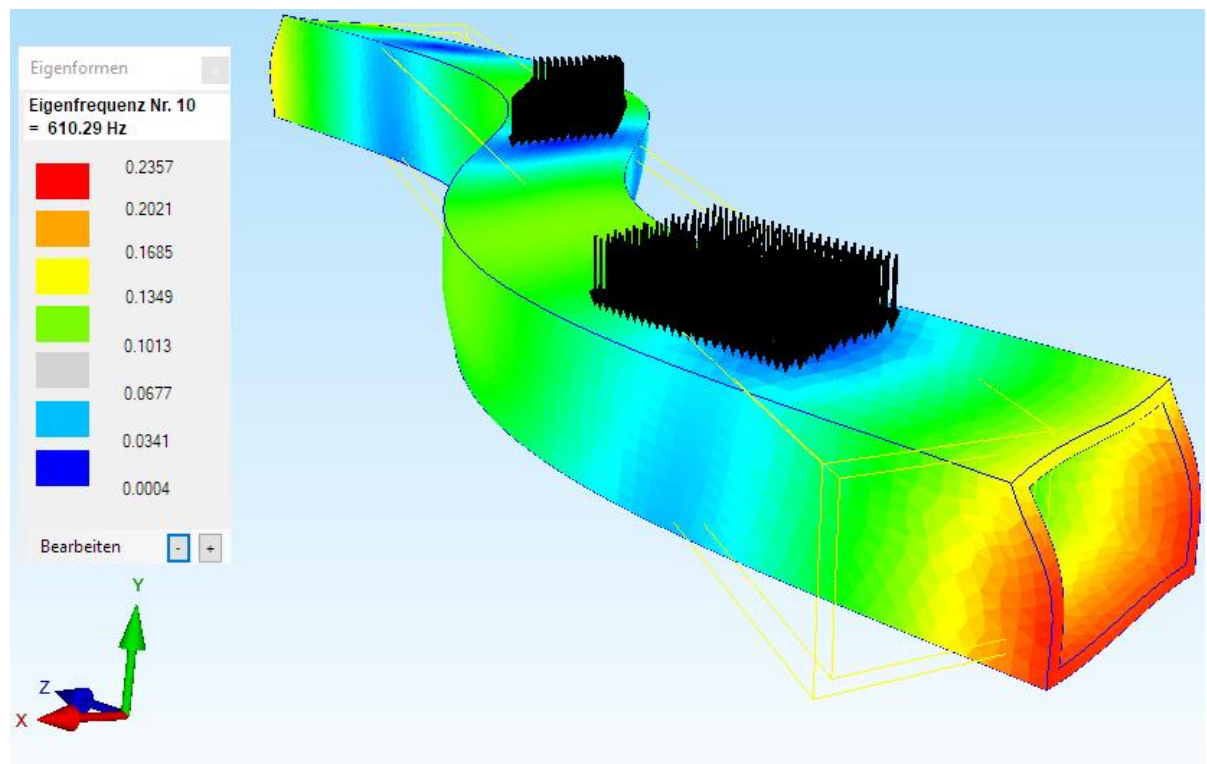
Eigenfrequenz Nr. 7 = 237.45 Hz in der X-Z-Ebene



Eigenfrequenz Nr. 9 = 604.25 Hz in der Y-Z-Ebene



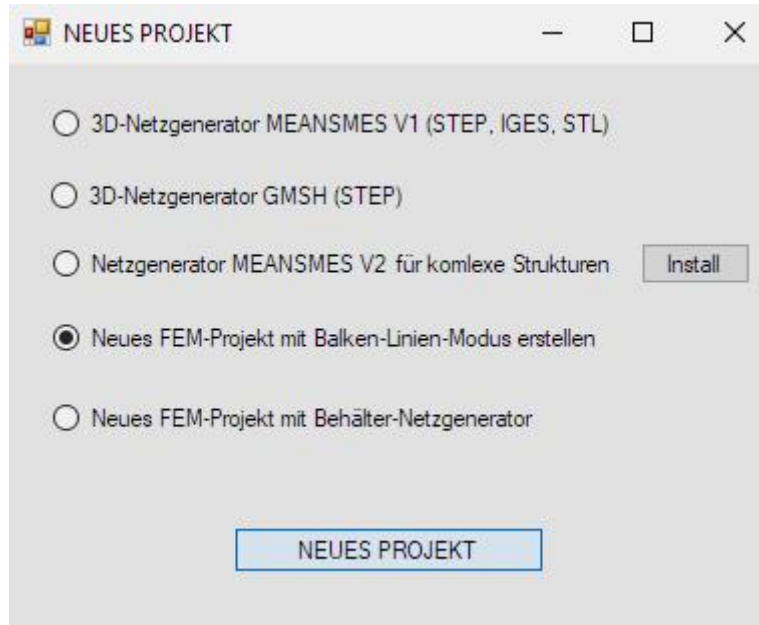
Eigenfrequenz Nr. 10 = 610.29 Hz in der X-Z-Ebene



Hohlkasten mit strukturierten Hexaeder-Elementen generieren

Um ein strukturiertes Hexaeder-Netz im Gegensatz zu einem unstrukturierten Tetraeder-Netz mit Netgen oder Gmsh zu generieren können folgende Schritte im Linien-Modus mit dem Netzgitter-Generator durchgeführt werden.

Wählen Sie „Neues FEM-Projekt mit Balken-Linien-Modus erstellen“ und geben zuerst das Außenprofil 150 x 150 und dannach das Innenprofil 139.3 x 139.3 ein.



Außenprofil:

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 1 mit den Koordinaten 0,0,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 2 mit den Koordinaten 150,0,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 3 mit den Koordinaten 150,150,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 4 mit den Koordinaten 0,150,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Innenprofil:

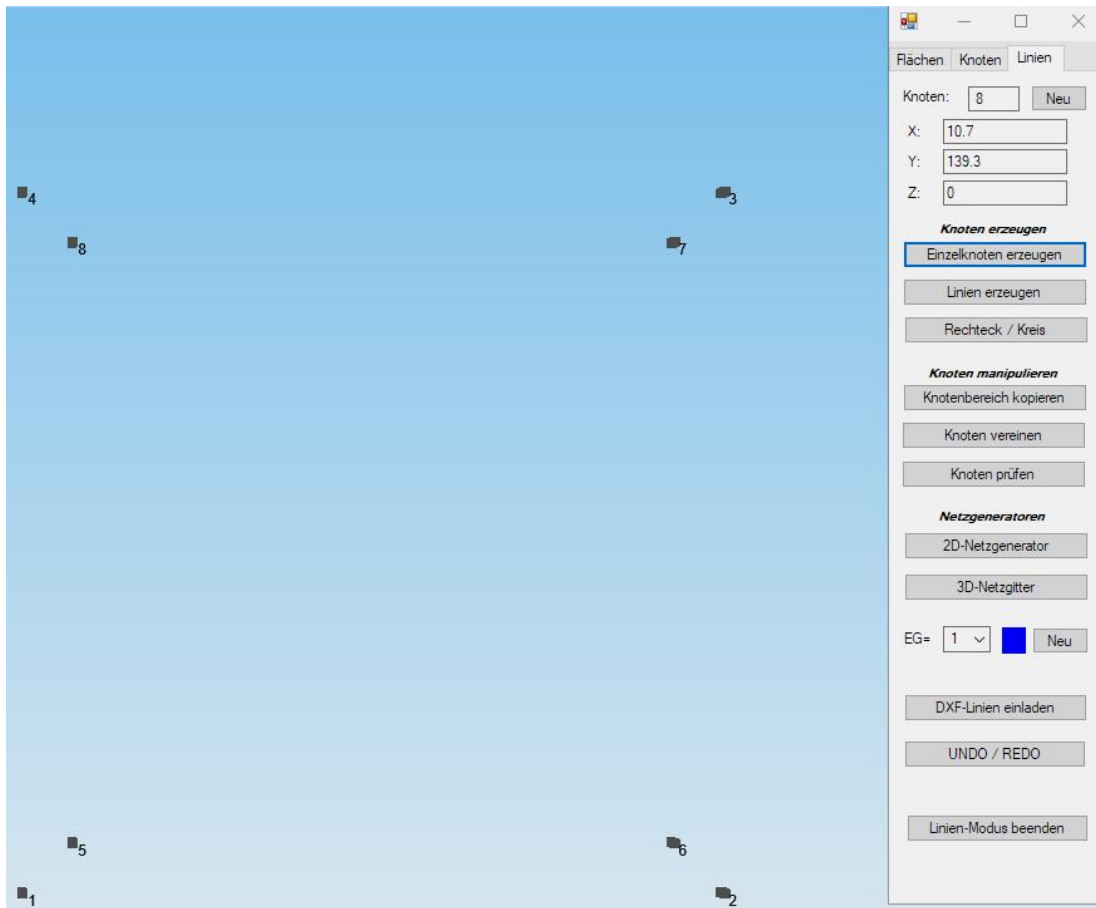
Wählen Sie „Neu“ um Knoten 5 mit den Koordinaten 10.7,10.7,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 6 mit den Koordinaten 139.3,10.7,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

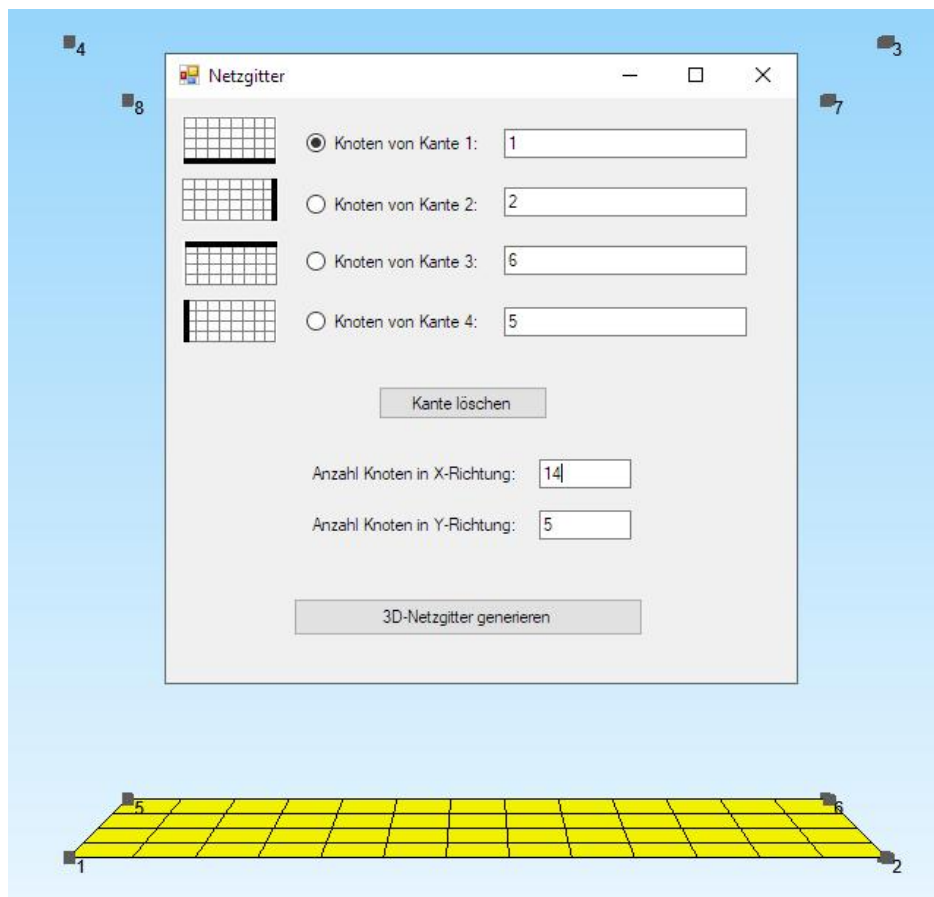
Wählen Sie „Neu“ um Knoten 7 mit den Koordinaten 139.3,139.3,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Wählen Sie „Neu“ um Knoten 8 mit den Koordinaten 10.7,139.3,0 sowie Menü „Einzelknoten erzeugen“ zu erzeugen.

Es sollten folgende acht Knoten zu sehen sein:



Wählen Sie rechts „3D-Netzgitter“ und geben folgende 4 Kanten 1, 2, 6 und 5 sowie

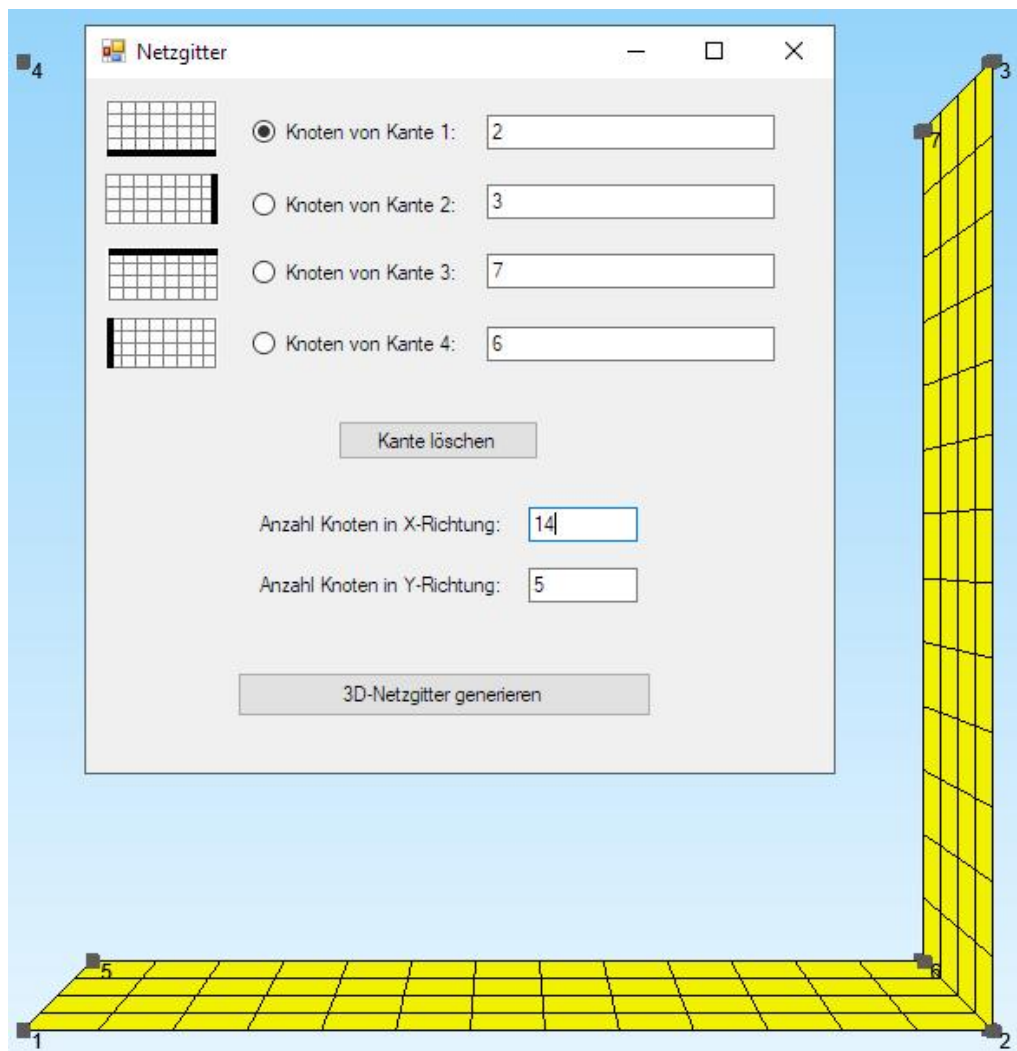


die Netzdichte in X-Richtung = 14 und in Y-Richtung = 5 ein.

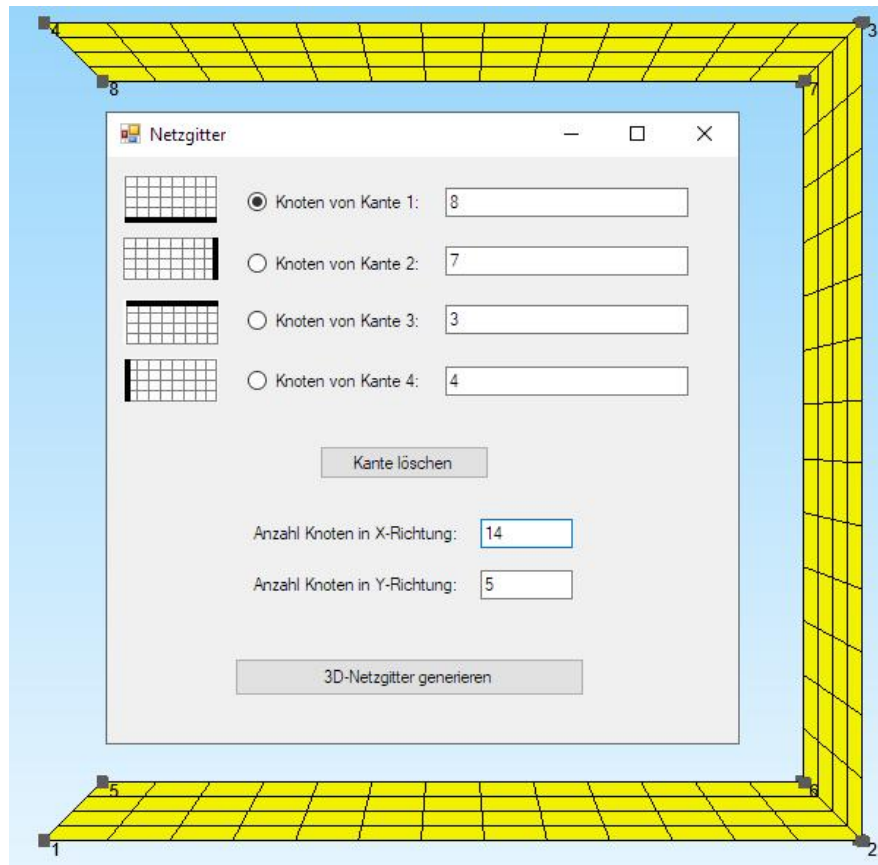
Wählen Sie Register „Ansicht“ und klicken auf „Rendering“ und wieder auf „mit Netz“ dann erscheint „Quad-Netz“ und das Vierecksnetz ist zu sehen.



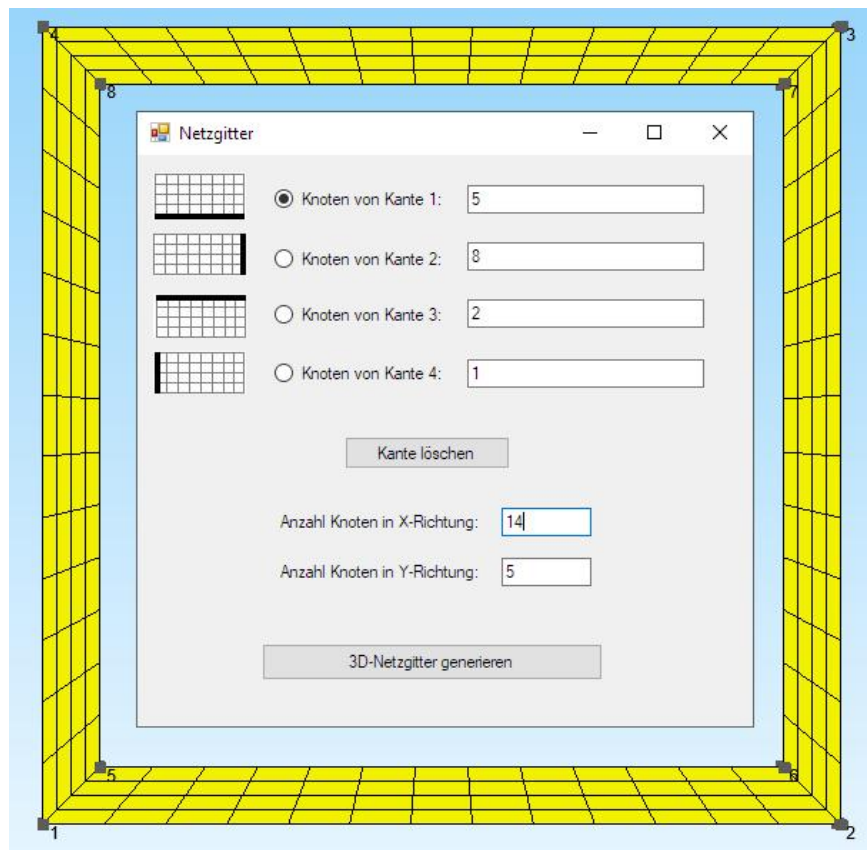
Wiederholen Sie den Schritt mit den Kanten 2, 3, 7 und 6 und mit der Netzdichte in X-Richtung = 14 und in Y-Richtung = 5.



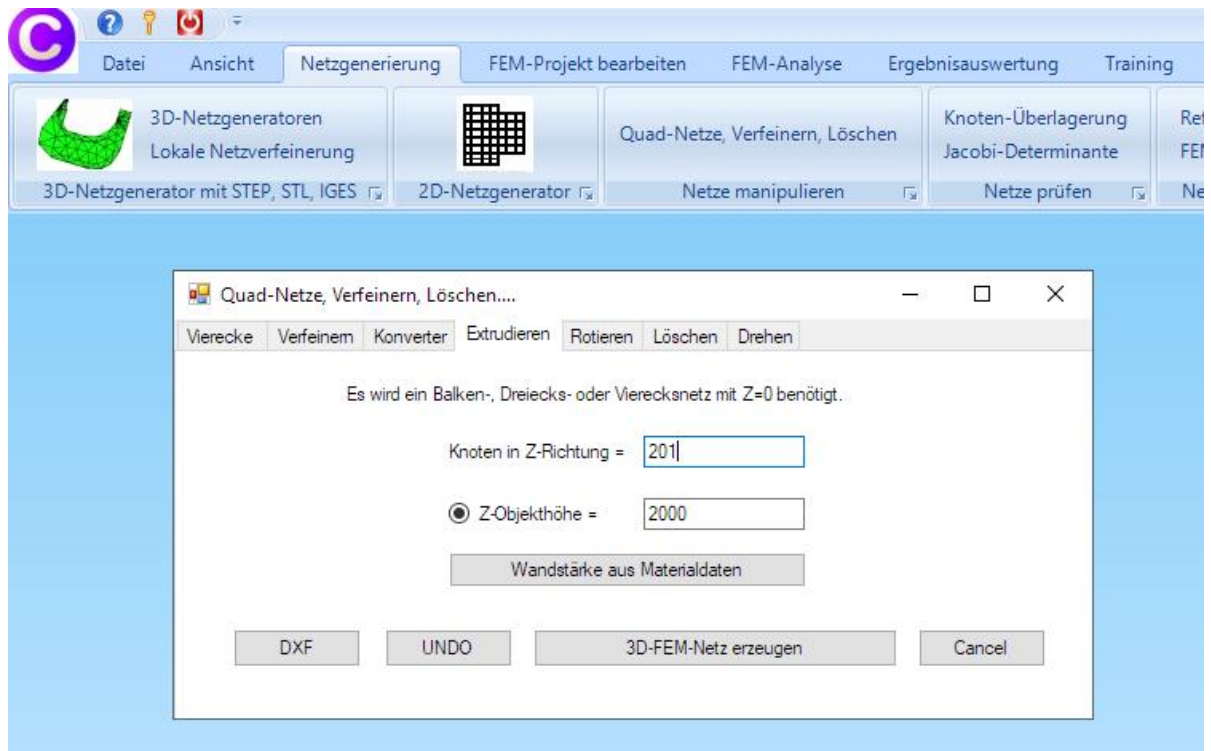
Wiederholen Sie den Schritt mit den Kanten 8, 7, 3 und 4 und mit der Netzdichte in X-Richtung = 14 und in Y-Richtung = 5.



Wiederholen Sie den letzten Schritt mit den Kanten 5, 8, 2 und 1 und mit der Netzdichte in X-Richtung = 14 und in Y-Richtung = 5.



Dannach führen Sie eine Extrudierung mit Register „Netzgenerierung“ sowie Menü „Quad-Netz, Verfeinern, Löschen“ und wählen in der neuen Dialogbox das Register „Extrudieren“.



Mit „Knoten in Z-Richtung = 201“ und „Z-Objekthöhe = 2000“ werden 41 600 HEX8-Hexaeder -Elemente und 52 260 Knotenpunkte erzeugt.

