FEM-System *MEANS V12*

Axialsymmetrische FEM-Analyse mit Vergleich zwischen 2D-Rotationsnetzen und 3D-Volumennetzen

Ergebnisse darstellen	Verformungsfaktor Knotenwerte picken Skalieren/Anzeigen Ty	Legende 1 +	Value-Animation *	FEM-Strukturdatei STA-Ergebnisdatei Dateien listen	Ermüdungsnachweis *
LASTFALL= 1					
Vergleichsspannung v.Mises					
107.80					
91.332					
75.941					
60.551					
45.161					
29.770					
14.380			107.80 MPa -	v.Mises-Spannung am	Knoten 160
0.0675					
Barda in an					
Bearbeiten · +					
Z					
R		<u>#11</u>			

<u>www.femcad.de</u> <u>www.fem-infos.com</u>

Kapitel 8: Axialsymmetrische FEM-Analyse mit MEANS V12

Für die Berechnung von räumlichen Bauteilen mit einer rotationssymmetrischen Geometrie und Belastung werden die axialsymmetrischen Ringelemente TRIX3, QUAX4, TRIX6 und QUAX8 verwendet. Durch diese Elemente wird eine erhebliche Vereinfachung der Berechnung erzielt, da die Analyse in einem zweidimensionalen Koordinatensystem durchgeführt werden kann.

Axialsymmetrische Ringelemente:



Beispiel Kristallglaskörper berechnet mit Rotationselementen:



Beispiel: Zugbelastete Aufhängung

Die Aufhängung besteht aus einer runden Stange mit 10 mm Durchmesser und einer runden Auflagefläche mit einem Durchmesser von 50 mm. Wegen der Axialsymmetrie wird nur die rechte Hälfte benötigt. Am Stabende wird die Aufhängung mit einem Gewicht von 400 Kilo bzw. 4000 N belastet.



Linienmodell erzeugen

Mit MEANS V12 wird zuerst das Register "Ansicht" und "Linien-Modus" gewählt ein Liniemodell mit 6 Knoten und 6 Linien einzugeben.

- E									
Ansicht	Netzgenerierung	g FEM-Projekt bear	beiten FEI	M-Analyse	Ergebnisauswertun	g	Training		
 ohne Netz mit Netz 	 ○ Drahtgitter ✓ mit Kanten 	Schattierung: 10% + Hidden-Line neu aktueller Knoten 12: X-	30 1 Koord.= 36.54	. Hauptansich 418; Y-Koord.=	t • 4.12766; Z-Koord	3. 1. 2. 3.	Linien-Modus Flächen-Modus Knoten-Modus Linien-Modus	Trackball	

Während der Eingabe kann zwischen Knoten- und Linien-Modus gewechselt werden.

Flächen Knoten Linien	Flächen Knoten Linien
Anzahl Eckknoten = 120	Knoten: 0 Neu
Knoten 🗸	X: 0
von: 1	Y: 0
bis: 120	Z: 0
Knoten anzeigen	Knoten erzeugen
Knotenbereich erzeugen	Einzelknoten erzeugen
Knotenbereich erzeugen	Linien erzeugen
Flächenknoten	Rechteck / Kreis
Flächen-Randknoten	Knoten manipulieren
Knotenbereich löschen	Knotenbereich kopieren
Knotenbereich löschen	Knoten vereinen
Knotenbereich ändern	Knoten prüfen
Roordinater Fraktor	
Knoten: 12 EDIT	Netzgeneratoren
X: 36.5418	2D-Netzgenerator
Y: 34.12766	3D-Netzgitter
Z: 0	
	EG= 2 V Neu
	DXF-Linien einladen
	Linie verfeinem
Knoten-Size editieren:	UNDO / REDO
Größe= .01	
Size= normal ~	Linien-Modus beenden

Erzeugen Sie nun folgende 6 Knotenkoordinaten

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 1 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 0, Y = 0, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 1 in das FEM-Netz zu addieren.

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 2 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 5, Y = 0, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 2 in das FEM-Netz zu addieren.

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 3 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 5, Y = 30, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 3 in das FEM-Netz zu addieren.

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 4 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 25, Y = 30, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 4 in das FEM-Netz zu addieren.

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 5 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 25, Y = 38, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 5 in das FEM-Netz zu addieren.

Wählen Sie im Linien-Modus das Menü "Neu" um den Knoten 6 zu erzeugen und geben die Knotenkoordinaten X = 0, Y = 38, Z = 0 ein. Dannach wählen Sie Menü "Einzelknoten erzeugen" um den Knoten 6 in das FEM-Netz zu addieren.

			•	
	0		5	Anzahl Eckknoten = 6
				Knoten
				von: 1
				bis: 6
		•3	■4	Knoten anzeigen
				Knotenbereich erzeugen
				Knotenbereich erzeugen
				Flächenknoten
				Flächen-Randknoten
				Knotenbereich löschen
				Knotenbereich löschen
				Knotenbereich ändern
				Koordinaten-Faktor
				Knoten: 3 EDIT
				X: 5
				Y: 30
				Z: 0
				Knoten numerieren
				Elemente numerieren
				Elementgruppen numerieren
Y				Lastwerte anzeigen N
A				Knoten-Size editieren:
				Größe= .02
×	• 1	2		Size= gross ~

Linien erzeugen

Wählen Sie nun das Menü "Linien erzeugen" und verbinden die Knotenpunkte

zu 6 Außenlinien, damit die Aufhängung mit TRIX3-Elementen vernetzt werden kann.



Netzgenerierung

Sichern Sie nun das Linienmodell unter einem beliebigen Namen und wählen Menü "2D-Netzgenerator" um ein Netz mit dem Elementtyp "TRIX3" und einer Netzdichte von "300" zu generieren.

💀 2D-Netzgenerator	-		×
von Elementgruppe: 1 bis Elementgruppe: 1			
Elementtyp: TRIX3 ->2D-Rotationselement ~			
Netzdichte: 300 ~			
Fangradius: 5E-06			
QUAD-Vierecksnetz erzeugen			
3D-Modell extrudieren			
Knoten in Z-Richtung = 5			
Z-Objekthöhe =			
		_	
Knoten prüfen Netzverfeinerur	ng		
Canad			
Cancel Help FEM-NETZE GENERII	EREN		
		_	

Wählen Sie die Ansicht "Von Vorne" damit das 2D-Netz in der XY-Ebene zu sehen ist, dannach wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Elementgruppen" um der Elementgruppe eine beliebge Farbe z.B. Gelb zu geben.

Das Koordinatensystem hat jetzt auch von der XY-Ansicht in die RZ-Ansicht gewechselt.



Nach der 2D-Netzgenerierung erhält man ein FEM-Netz bestehend aus 3135 TRIX3-Rotationsscheiben und 1647 Knotenpunkten





Randbedingungen erzeugen

Die Unterseite der Aufhängung wird in Z-Richtung gelagert. Wählen Sie im Knoten-Modus das Menü "Knotenbereich erzeugen" und ziehen mit gedrückter Maustaste ein Rechteck über den gewünschten Knotenbereich wie es unten im Bild zu sehen ist und lassen dann die Maustaste wieder los.

	Flächen Knoten Linien
	Anzahl Eckknoten = 1647
	Kanten ~
	von: 1
	bis: 264
	Knoten anzeigen
	Knotenbereich erzeugen
	Knotenbereich erzeugen
	Flächenknoten
	Flächen-Randknoten
	Knotenbereich löschen
	Knotenbereich löschen
	Knotenbereich ändern
	Koordinaten-Faktor
🐺 Knotenbereich erzeugen — 🗌 🗙	IN A TOUT
	Knoten: I EDIT
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken!	X: 0
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken!	Knoten: I EDII X: 0
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 <u>Neu</u>	Knoten: I EDIT X: 0 0 Y: 0 0 Z: 0 0
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 <u>Neu</u> Selection	Knoten: L EDI1 X: 0 - Y: 0 - Z: 0 - Knoten numerieren - -
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection © Rechteck aufspannen ◯ Knoten picken	Knoten: EDI1 X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Bemente numerieren
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection Selection Rechteck aufspannen O Knoten picken	Knoten: EDI X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Bementgruppen numerieren
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection Rechteck aufspannen O Knoten picken	Knoten: EDI X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Bementgruppen numerieren Lastwerte anzeigen
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection © Rechteck aufspannen O Knoten picken Cancel Knotenbereich erzeugen	Knoten: LDI X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Bementgruppen numerieren Lastwerte anzeigen Knoten-Size editieren:
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection © Rechteck aufspannen O Knoten picken Cancel Knotenbereich erzeugen	Knoten: LDI X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Bemente numerieren Lastwerte anzeigen N Knoten-Size editieren: Größe =
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken! Anzahl Knotenbereich = 0 Neu Selection © Rechteck aufspannen O Knoten picken Cancel Knotenbereich erzeugen	Knoten: EDIt X: 0 Y: 0 Z: 0 Bemente numerieren Eemente numerieren Eemente numerieren Lastwerte anzeigen N Knoten-Size editieren: Größe= 0.1 Size= normal

Dannach werden die selektieren Knoten angezeigt, wählen Sie Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Randbedingungen" und erzeugen die 41 Randbedingungen in "Y-Richtung" mit der Selektion "alle angezeigten Knoten wählen" und Menü "RBs erzeugen".

Image: Selection of the s	
Anzahl Randbedingungen aktuell: 41 Neu Wert der Randbedingung: 1E-10 Freiheitsgrad sperren: in X-Richtung in Z-Richtung in Y-Richtung Einspannung (Achsen-Farben: SCHWARZ: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse) Selectieren Richteck aufspannen einzelne Knoten anklicken @ alle angezeigten Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: O0034 Cancel Editor	🛃 Randbedingungen — 🗆 🗡
Freiheitsgrad speren: in X-Richtung in Z-Richtung in Y-Richtung Einspannung (Achsen-Farben: SCHWARZ: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse) Selectieren Rachenmodus einzelne Knoten anklicken elle angezeigten Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: .00034 normal Cancel Editor RBs erzeugen	Anzahl Randbedingungen aktuell: 41 Neu Wert der Randbedingung: 1E-10
□ in X-Richtung □ in Z-Richtung ☑ in Y-Richtung □ Einspannung (Achsen-Farben: SCHWARZ: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse) Selectieren ○ Rechteck aufspannen ○ Riächenmodus ○ Rechteck aufspannen ○ einzelne Knoten anklicken ④ alle angezeigten Knoten wählen ○ Koordinatenbereich definieren ○ alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: .00034 normal Cancel Editor RBs erzeugen	Freiheitsgrad sperren:
✓ in Y-Richtung Einspannung (Achsen-Farben: SCHWAR2: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse) Selectieren ○ Rächenmodus ○ Rechteck aufspannen ○ einzelne Knoten anklicken ④ alle angezeigten Knoten wählen ○ Koordinatenbereich definieren ○ alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: 00034 Cancel Editor RBs erzeugen	in X-Richtung in Z-Richtung
(Achsen-Farben: SCHWARZ: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse) Selectieren Plächenmodus Rechteck aufspannen einzelne Knoten anklicken Image alle angezeigten Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: 00034 Cancel Editor RBs erzeugen	in Y-Richtung Einspannung
Selectieren Rächenmodus Rechteck aufspannen einzelne Knoten anklicken Image angezeigten Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: .00034 Cancel Editor RBs erzeugen	(Achsen-Farben: SCHWARZ: X-Achse; BLAU: Y-Achse; ROT: Z-Achse)
 Rächenmodus Rechteck aufspannen einzelne Knoten anklicken alle angezeigten Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: 00034 normal Cancel Editor RBs erzeugen 	Selectieren
einzelne Knoten anklicken einzelne Knoten wählen Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen andbedingungen darstellen: 00034 normal Cancel Editor RBs erzeugen RBs läschen	O Rāchenmodus O Rechteck aufspannen
Koordinatenbereich definieren alle angezeigten Surfaces wählen Randbedingungen darstellen: .00034 Cancel Editor RBs erzeugen RBs läschen	○ einzelne Knoten anklicken
Randbedingungen darstellen: .00034 normal ✓ Cancel Editor RBs erzeugen	O Koordinatenbereich definieren O alle angezeigten Surfaces wählen
Cancel Editor RBs erzeugen	Randbedingungen darstellen: .00034
PBe lõechen	Cancel Editor RBs erzeugen
Rbs loschen	RBs löschen



Gewichtsbelastung erzeugen

Die Aufhängung wird mit einem Gewicht von 400 Kilo bzw. 4000 N belastet.

Wählen Sie zuerst das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Knotenbelastung" um eine Knotenbelastung einzugeben. Stellen Sie den Wert "-1000" in "Y-Richtung" ein und wählen die Selektion "einzelne Knoten anklicken" und wählen "Belastung erzeugen".

	🕜 📍 🙆 🗧						
	Datei Ansicht	Netzgenerie	rung	FEM-Proje	ekt bearb	eiten	FEM-Analy
Belastu	1. Knotenk ungen 🗹 Belastung	elastung + gen darstellen	Randb	▶ → edingungen ak	1. R Ra tueller K	andbed ndbedi noten 9	ingungen ngungen dars 90: X-Koord.=
	💀 Knotenlast erze	ugen				×	1
	Aktueller Lastfall: Anzahl Lastwerte: Wert der Knotenlas	1 0 st: -1000 ang Z-Achse W2=	- Net	+ J (Einheit z.B.	in N)		
	Freiheitsgrad: (Achsen-Farben: SCH Selektion:	 X-Richtung Y-Richtung WARZ: X-Achse; BL 	O AU: Y-Ac	Z-Richtung	ohse)		
	 Flächenmodus einzelne Knote Koordinatenbe 	n anklicken reich definieren	 Rec alle alle 	hteck aufspa angezeigten l angezeigten :	nnen Knoten Surfaces		
	Knotenlasten darste Cancel	llen: .0004 Editor	Be	normal lastung erze	eugen		
			Be	elastung lõs	chen		

Zuerst zoomen und positionieren Sie das FEM-Modell mit dem Wheel-Rad und der rechten Maustaste wie unten dargestellt

Dann wählen Sie "Knoten-Modus" und "Knoten anzeigen" sowie "Knoten numerieren" um die Kantenknoten numeriert anzuzeigen.

Jetzt klicken Sie auf die 4 Knoten 90, 91, 92 und 93, die Knoten werden in der Selectbox angezeigt. Dort "Erzeugen" wählen um die Knotenlast zu erzeugen.



Materialdaten eingeben

Wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Materialdaten" um den E-Modul und die Poisson-Zahl für Stahl einzugeben. Da Stahl immer voreingestellt ist braucht dieses Menü nur zur Kontrolle aufgerufen zu werden.

rierung	FEM-P	Projekt bearbeiten	FEM-Analyse	Ergebnisauswertung	Training
Rand	⊳ → bedingun	1. Randbed gen 🔽 Randbedin	ingungen 🔹	Elementgruppen	Materialdaten
			Infozeil	e	
	🖳 M	laterialdaten		- 0	×
		Bezeichnung	Materialwerte		
	•	E-Modul	210000		
		Poisson-Zahl	.3		
		Dichte	7.8E-06		
		Waermekoeffizient	1.2E-05		
	•				
	Eer	mentgruppe: 1	Elementtyp: TRIX	3 < >	
		Material-Datenbar Materialdaten kopie	ren	ОК	

FEM-Analyse

Sichern Sie jetzt das Modell mit Register "Datei" und "Sichern" unter einem Namen in das Projekt-Verzeichnis ab und wählen Register "FEM-Analyse" und "Statik" um die Verformungen und Spannungen mit dem MEANS-Solver oder Quick-Solver zu berechnen.

🖶 FEM-Analyse			-		×
C:\projekte\A Select Solver	fhaengung\trix3.fem	O Quick-S	olver		
	Schritt 1: FEM-	Solver starten			
	Schritt 2: Postpro	cessing starten			
	Schritt 3: Nach	nverfeinerung			
FEM-Sol	ver auswählen	Ergebnisg	prößen eins	stellen	
	Cano	cel			

Postprocessing



👯 um die Wählen Sie das Register "Ergebnisauswertung" und das Icon Verformungen und Spannungen darzustellen.

🖳 Postprocessing	- 🗆 X
Ergebnisse einladen	
O Verformungen auswerten	Lastfall: 1 V
 Knotenspannungen gemittelt 	O Auflagerkräfte auswerten
O Elementspannungen ungemittelt	t 🔘 Ergebnisdatei anzeigen
Legende Raster-Genauigkeit:	Verformungsfaktor/Wertebereich Legende und Farben einstellen
1 3 4	Knotenwerte picken, suchen, sichem
Ergebnis-Komponente wählen v.Mises-Vergleichsspannur v.Mises-Vergleichsspannur Normalspannung Sigma r Normalspannung Sigma z	ng 🗸
Car Normalspannung Sigma z Schubspannung Tau rz Hauptspannung S1 Hauptspannung S2	

Zu den Haupt- und Vergleichsspannungen gehören:

- v.Mises-Vergleichsspannung
- max. Hauptspannung S1
- min. Hauptspannung S2

und zum Rotationssymmetrischen Spannungszustand gehören

- Normalspannung Sigma r
- Normalspannung Sigma z
- Normalspannung Sigma t
- Schubspannung Tau rz

Max. Verformungen in Z-Richtung

Die maximalen Verformungen in Z-Richtung betragen 0.0078 mm.



Max. v.Mises-Knotenspannungen

Ergebnisse darstellen	Verformungsfaktor Knotenwerte picken	Legende 1 +	Value-Animation *	FEM-Strukturdatei STA-Ergebnisdatei	Ermüdungsnachweis	-
Ergebnisauswertung 🖓	Skalieren/Anzeigen 🖓	Legenden/Tabelle 🕞	Animation F ₈	Dateien listen 🕞	Nachweise	Fy
LASTFALL= 1						
Vergleichsspannung v.Mises						
107.80						
91.332						
75.941						
60.551						
45.161						
29.770						
14.380			107.80 MPa -	v.Mises-Spannung am	Knoten 160	
0.0675						
Bearbeiten - +						
Z						

Die maximal gemittelten v.Mises-Knotenspannungen betragen 107.8 MPa

2D-Rotationsnetz in ein 3D-Volumennetz umwandeln

Sind die Belastungen nicht mehr axialsymmetrisch dann können Rotationsscheiben nicht mehr verwendet werden. Es besteht dann aber noch die Möglichkeit das 2D-Rotationsnetz in ein 3D-Volumennetz mit einem 3D-Rotationsgenerators umzuwandeln. So kann ein TRIX3-/TRIX6-Netz in ein PEN6-/PEN15-Netz oder ein QUAX4-/QUAX8-Netz in ein HEX8-/HEX20-Netz umgewandelt werden.

Dreiecksnetz in ein Vierecksnetz umwandeln

Laden Sie zuerst das TRIX3-Netz wieder in MEANS V12 ein und wählen das Register "Netzgenerierung" und "Quad-Netze, Verfeinern, Löschen" sowie Menü "QUAD-Netz mit NETGEN generieren".

	0 1	()									
U	Datei	Ansicht	Netzgenerie	rung F	EM-Projek	t bearbeit	en Fl	EM-Analyse	Erge	bnisauswertu	ng Tr
		$\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{\mathbf{$			▦	Quad	Netze, V	erfeinern, Lö	schen	Knoten-Üb Jacobi-Det	erlagerun erminante
3D-N	letzgenera	tor mit STEP,	STL, IGES 🕞	2D-Netzg	enerator 🛛		Netze n	nanipulieren	E.	Ne	tze prüfen
											1
	<u>.</u>	Quad-Netze,	Verfeinern, Lös	schen					- [
	Viere	Vierecke Verfeinern Konverter			Rotieren	Löschen	Drehen				
	c	Quad-Netze können entweder mit einer STEP-Datei oder mit einem Dreiecksnetz erzeugt werden.									
		Quads mit STEP-Datei generieren									
		QUAD-Netz mit NETGEN generieren									
		Bitte merk	en: Exportieren sondern in d	Sie in Netgen las Debug/qu	die Datei te admesh-Ve	est.fem nicł rzeichnis (n	nt in das D Iur wenn Z)ebug/mesh-V Zugriffsrechte ('erzeichnis eingeschrä	änkt sind)	
											J

Das Modell wird nun in dem bekannten Tetraeder-Netzgenerator NETGEN in einem neuen Windows-Fenster blau dargestellt.

Stellen Sie mit Menü "Mesh" und "Meshing Options" die Netzdichte "very fine" ein und wählen dannach "Generate Mesh" um ein Vierecksnetz mit 848 Knoten und 883 Surface-Elementen zu generieren.

Beachten Sie daß das Netz nicht mehr als 1000 Knoten hat ansonsten werden zu große HEX8-Modelle bei der 3D-Rotation erzeugt.

Dannach wählen Sie "File" und "Export Mesh" und sichern das Netz unter dem Namen "test.fem" in das Debug\quadmesh-Verzeichnis (aber bitte nicht in das Debug\mesh-Verzeichnis für Tetreaeder) ab um es dann automatisch in MEANS V12 einzuladen.

	74 Meshing Options –	×
	<u>G</u> eneral <u>M</u> esh Size <u>S</u> TL Charts <u>O</u> ptimizer <u>I</u> nsider <u>D</u> ebug	1
	Mesh granularity : very fine 🛁	
	First Step : Analyze Geometry —	
	Last Step : Optimize Surface 🛁	
	Print Messages : Little	
	✓ Parallel meshing thread ✓ Second order elements	
	✓ Quad dominated	
	Invert volume elements	
	Invert surface elements Automatic Z-refinement	
	Element order: 1 🚖	
	Apply Done	
I.		
74 NETGEN - file ett		- D Y
File Geometry Mesh View	Refinement Special Help	
Load Geometry <i><g></g></i>	-	Mesh Zoom All Center
Save Geometry Recent Files		
Load Mesh <i><m></m></i>		
Save Mesh <s><m></m></s>		
Merge Mesh Import Mesh		
Export Mesh Export Filetype		
Save Solution		
Show Demo		
Snapshot Video clip	,	
Save Options		
Run tests	-	
Quit All		
у		
z_x		Netgen 4.9.11

Points: 848 Elements: 0 Surf Elements: 883

Nach der Knoten-Überprüfung wird ein QUAD-Netz mit 1326 QUA4S-Elementen und 1895 Knoten dargestellt.

👼 FEM-System	MEANS V11 - St	rukturdatei C:\proj	jekte\Aufhaengung\netz1.fem				
	Ansicht	Netzgenerierung	FFM-Projekt hearbeiten	FFM-Analyse	Fraebnisauswertung	Training	
Hidden-Line	 Quad-Netz mit Netz 	 ○ Drahtgitter ☑ mit Kanten 	Schattierung: 10% - Hidden-Line neu	14. MEANS-H	Koordin: + 2	Knoten-Modus 👻	Zoom 0.1 - Rotate X -
	Y I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	• x					

X-Y-Achse vertauschen

Die Rotationsachse liegt vertikal, da aber zur Zeit nur Rotationsmodelle mit einer horizontalen Achse erzeugt werden können muß die X-Achse mit der Y-Achse vertauscht werden.

Wählen Sie Register "FEM-Projekt bearbeiten" sowie "Knotenkoordinaten" und in der neuen Koordinaten-Dialogbox das Menü "Koordinaten-Faktor".

Es wird wieder eine neue Dialogbox geöffnet mit der die Koordinaten mit einem Faktor multipliziert, addiert oder ersetzt werden können. Es können aber auch Achsenvertauschungen, Nullpunktverschiebungen oder Verformungen hinzugefügt werden. Wählen Sie jetzt "X-Werte mit Y-Werte vertauschen" und wählen "Koordinaten mit Faktor verändern" sodaß das Modell um 90 Grad gedreht wird.

1-Projel	kt bearbeiten	FEM-Analyse	Ergebnisauswertung	Training			
ungen	1. Randbedingungen → ngen ☑ Randbedingungen darstellen Infozeile		Elementgruppen	Materialdate	en Editor	3. 1. 2.	Knotenkoordinaten
🖳 Kr	notenkoordinat	en		- 6	🔛 Koordina	3.	Knotenkoordinaten Materialdaten – 🗆 X
	Nr.	X-Koordinaten 0 5 5 5 25 25 0 0 -8.88178E-16 4.54545 4.09091 3.63636 3.18182 2.72727 2.27273 1.81818 1.36364 .909091 4.54545 -8.7549E-16 -8.62802E-16 OK	Y-Koordinaten 0 30 30 38 38 38 32.1597 30.1963 30.3927 30.589 30.7853 30.9817 31.178 31.3744 31.767 31.9634 31.7003 31.2409	Z-Koordinater 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Faktor setz ● multip ○ addiet Achsen ver ● X-We ○ X-We ○ Y-We O Y-We Koordinater □ nur dir von Knoter Koordinater □ Nullput □ ○ Nullput ○ Ver	5. 6. 7. 8. tauso rte m rte m	Randbedingungen Belastungen Formoptimierung Löschen int Y-Werte vertauschen int Z-Werte vertauschen int Z-Werte vertauschen int Z-Werte vertauschen Faktor verändem aten ✓ Y-Koordinaten gezeigten Knoten im Knotenmodus verwenden kt: 1 t: 1647 tor: 1 verschiebung durch Knotenpunkt: 1 Koordinaten mit Faktor verändem 1

3D-Rotationsgenerator

Wählen Sie wieder das Menü "Quad-Netze, Verfeinern, Löschen" sowie "Rotieren" und geben eine Netzdichte von "36" und einen Y-Wert der Rotationsachse von "-0.1" ein um bei R = 0 ein sehr kleines Mittelloch zu erzeugen. Diese Maßnahme hat keinen Einfluß auf das Endergebnis aber den großen Vorteil daß Pentaeder-Elemente mit einer negativen Jacobi-Determinante vermieden werden können.

	🖳 Quad-Netze, Verfeinern, Löschen	– 🗆 X	
	Es wird ein Balken-, Dreiecks- oder Vierecksnetz mit Z=0 be	nötigt	
	Netzdichte über Umfang = 36	Lage der Achse	
	Y-Wert der Rotationsachse = -0.1		
	Anfangswinkel = 0	Vorderansicht XY-Ebene	
	Endwinkel = 360	○ XZ-Ebene	
	DXF UNDO 3D-Rotationsmodell erzeugen	Cancel	
L			
¥ A			
T		╘╌┟╌┟╌┠╌┠╌┠╌╂╴╂╴╂╴┨	
×			

Man erhält ein HEX8-Volumenmodell mit 47736 HEX8-Elementen und 52380 Knoten.



Eingabe der Randbedingungen

Um die Unterseite in X-Richtung zu lagern muß zuerst mit Register "Ansicht" und "Flächen-Modus" ein Flächenmodell mit 6 Flächen erzeugt werden.

Dannach mit Register "FEM-Projekt bearbeiten und Menü "Randbedingungen" die Unterfläche 3 in X-Richtung lagern.



Eingabe der Flächenlast

Am unteren Stabende wird die Fläche 4 mit einer Gewichtslast von 4000 N in X-Richtung belastet. Für die Flächenlast muß der Wert 4000 N durch die Fläche

D = 10.2 mm * 10.2 mm * 3.1416 / 4 - 0.2 mm * 0.2 mm * 3.1416 / 4 = 81.68 mm²

dividiert werden, so ergibt sich der

Flächenlastwert = 4000 N / 81.68 mm² = 48.97 N/mm²



Kapitel 8: Axialsymmetrische Analyse mit MEANS V12

Materialdaten eingeben

Wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Materialdaten" um den E-Modul und die Poisson-Zahl für Stahl einzugeben. Da Stahl immer voreingestellt ist, braucht diese Menü nur zur Kontrolle aufgerufen zu werden.

FEM-Analyse

Sichern Sie jetzt das Modell mit Register "Datei" und "Sichern" unter einem Namen in das Projekt-Verzeichnis ab und wählen Register "FEM-Analyse" und "Statik" um die Verformungen und Spannungen mit dem MEANS-Solver oder Quick-Solver zu berechnen

Postprocessing

Wählen Sie das Register "Ergebnisauswertung" und das Icon Verformungen und Spannungen darzustellen.

Max. Verformung in X-Richtung = -0.0078 mm





Max. v.Mises-Vergleichsspannung = 165 MPa

Schnitt erzeugen

Wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Elementgruppen" sowie in der neuen Dialogbox "Neue Elementgruppe erzeugen" um die Elementgruppe 2 zu erzeugen. Wählen Sie "Abmessungen berechnen" und wählen von Y = 0 bis Y =25.1 sowie Z = 0 und Z = 25.1. Zum Schluß muß die neue Elementgruppe ausgeblendet werden und mit Register "Ansicht" und "Hidden-Line neu" der Hidden-Line neu berechnet werden.



Netzgenerierung	FEM-Projekt b	earbeiten FEM-Analyse Ergebnisauswertung Training
 ○ Drahtgitter ○ Drahtgitter Sch ✓ mit Kanten Hid 	attierung: 10% Iden-Line neu	Zoom 0 1. Hauptansicht • 2. Knoten-Modus • Zoom 0 Rotate x
		Infozeile
EG= 2	×	EG = 2 − □ ×
🛛 ОМ	EG= 1	Elementgruppen erzeugen
□ ON	EG= 2	Elementgruppe erzeugen: 2
ON N	EG=3	EG mit aufgespannten Rechteck und einer Tiefe erzeugen
✓ ON	EG=4	O EG mit allen angezeigten Knoten erzeugen
✓ ON	EG=5	O Elementgruppe aus mehreren Flächen erzeugen
⊡ ON	EG=6	● Z-Tiefe ○ Y-Tiefe ○ X-Tiefe
✓ ON	EG=7	von: -100000 bis: 100000
Für neue Farbe auf Far	rbrahmen klicken	Erzeuge Elementgruppe
ausgeblendet Drahtgitter da	te EGs als arstellen	Alle Elemente erhalten die Elementgruppe 1
Gewicht für je	ede EG	FC est size of frinter Berlink services
Gruppen 1-7		EG mit einem definierten Bereich erzeugen
No. Street		
Neue Elementgrupp	pen erzeugen	von X: 0 bis X: 38
	_	von Y: 0 bis Y: 25.1
		von Z: 0 bis Z: 25.1
		Elementgruppe erzeugen
		Elementgruppen wieder rückgängig
		Elementgruppen andem
		Anaphi Elemente indem:
		Ändem

Erzeugter Schnitt mit Spannungsverteilung

