

Aufgabe F5: Konstruktionsbegleitende FEM-Rechnung

Beachten Sie auch die V5-Kurzanleitung.

I Lochblech

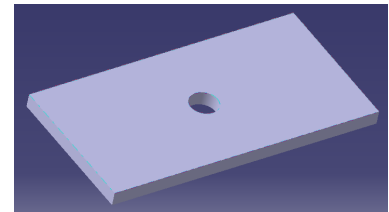
Während des Konstruktionsprozesses sind häufig schnelle Überschlagsrechnungen notwendig. Während bislang hierzu analytische Rechnungen überwogen, bieten die CAD-Programme heute *fast* automatisch ablaufende Programm-Module an. In Catia V5 können 3D-Bauteile auf ihre Verformung und Spannung berechnet werden:

Generative Structural Analysis. Das Modul verwendet hierbei Tetraeder-Elemente, die Vernetzung erfolgt weitgehend automatisch, der Anwender muss *nur* die Einspannbedingungen und die Belastung definieren. Dies ist aber keine einfache Aufgabe, sie bedingt meist eine Modellbildung – mit der Gefahr der Verfälschung der Ergebnisse.



Dadurch kann der ‚Konstrukteur, der Nicht-FEM-Spezialist‘ bereits während des Konstruktionsprozesses – auch bei analytisch nur schwer zugänglicher Formgebung - eine Aussage dazu machen, in welchem Bereich in etwa die Beanspruchung liegen wird. Diese Überschlagsrechnung ersetzt aber nicht die genaue FEM-Analyse bei kritischen Bauteilen und Belastungen.

- Wir wollen die Formzahl des nebenstehenden Bleches bei Zugbelastung berechnen. Erstellen Sie das Lochblech mit den Maßen 200 * 100 * 10 – legen Sie bitte (wegen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse) im Sketcher die linke, untere Ecke des Rechtecks in den Ursprung. Die Bohrung mit $d = 20$ mm sitzt zentral.



Stellen Sie unter Tools – Optionen – Parameter und Messungen – Einheiten die Größe **Druck** auf MPa.

- Das Lochblech besteht aus Stahl. Ändern Sie die Materialeigenschaften auf:
 - E-Modul: $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa
 - Poisson-Zahl: $\nu = 0,3$

- FEM-Modul aufrufen
 - Generative Structural Analysis
 - Statikanalyse



- Einspannung definieren
Linke kurze Seitenfläche des Bleches als fest eingespannt definieren.

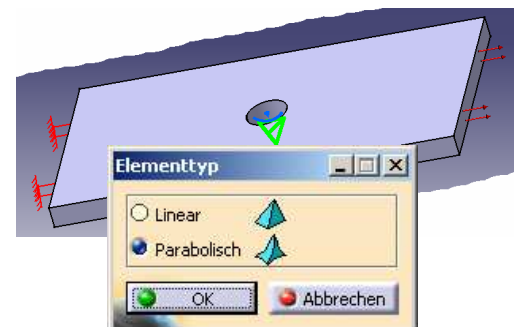
Icon: Feste Einspannung - Fläche



- Belastung angeben
Flächenlast definieren: Icon Druck

Sie wollen mit einer konstanten Flächenlast an der rechten kurzen Seitenfläche ziehen. Die Belastung soll so hoch sein, dass im Kerbquerschnitt eine Nennspannung $\sigma_{z,nenn} = 100$ MPa anliegt. In der Graphik sollten jetzt links die Symbole für die Einspannung und rechts die für die Flächenbelastung erkennbar sein.

- Elementtyp auswählen



Wählen Sie den parabolischen Ansatz für das Linear: die Verformung ändert sich im Knoten pro Element.



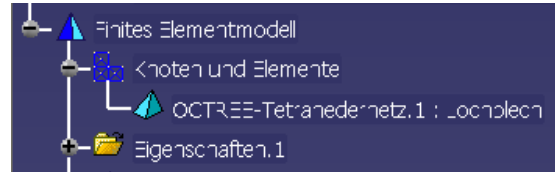
Tetraeder-Element.
Element linear – 4

Parabolisch: die Verformung kann sich im Element entsprechend einer quadratischen Parabel ändern – 10 Knoten pro Element.

Der parabolische Ansatz liefert (bei gleichem Elementnetz) wesentlich genauere Ergebnisse, aber auch bei deutlich höherer Rechenzeit.

7. Elementgröße festlegen

Im Strukturbaum kann unter Finites Elementmodell - Knoten und Elemente durch Doppelklick auf OCTREE-Tetraedernetz die globale Elementgröße bei der automatischen Netzgenerierung festgelegt werden.



Global: Elementgröße, die generell auf das gesamte Bauteil angewendet wird.

Lokal: Aus Gründen der Rechengenauigkeit ist es häufig sinnvoll, das Bauteil in Bereichen mit einem hohen Spannungsgefälle (z.B. Kerben) mit einem feineren Netz zu überziehen.



8. Berechnung

- Bestimmen Sie den analytischen Wert für die Formzahl α_{kz}
- Berechnung mit dem vom Programm vorgeschlagenen Standardwert für die Elementgröße und maximaler Abweichung

Änderung der globalen Elementgröße:

- Verfeinern Sie das globale Netz auf 10 mm, *Absoluten Durchhang* (Δ_{max} - Sekantenabweichung) unverändert
- Verfeinern Sie das globale Netz auf 7 mm, Δ_{max} unverändert

Änderung der lokalen Elementgröße an der Bohrung – Ort der maximalen Spannung:

- Verfeinern Sie bei $l_{global} = 7$ mm das lokale Netz auf $l_{lokal} = 5$ mm
- Verfeinern Sie bei $l_{global} = 7$ mm das lokale Netz auf $l_{lokal} = 3$ mm



Berechnung starten mit Icon: Berechnen



Es erscheint das Berechnen-Menü: wählen Sie ‚Alle‘.

Das Ende der Berechnung wird nicht gesondert angezeigt – es erscheinen nur 2 ergänzende Icon-Leisten.

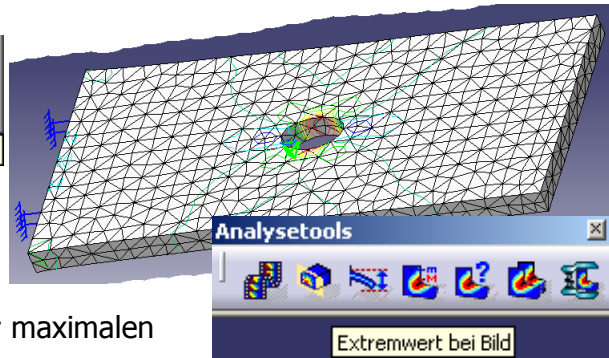


- Bild
- Analyse-Tools



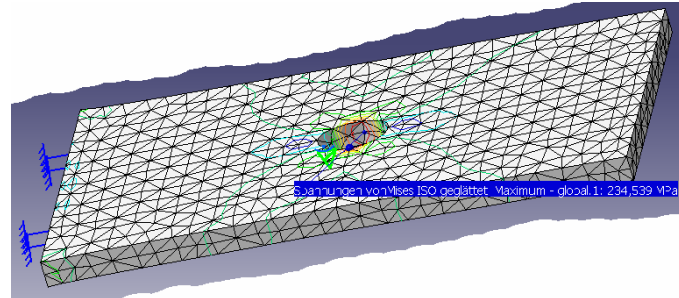
Ergebnisse

Wählen Sie die Anzeige der von Mises-Spannung (=Vergleichsspannung nach der GEH).



Der Maximalwert der Spannung – Spannung im Kerbgrund – wird mit dem Icon: ‚Extremwert bei Bild‘ gefunden. Der Maximalwert wird als Zahlenwert am Ort der maximalen Vergleichsspannung angezeigt.

Stellen Sie in einer Excel-Tabelle die Ergebnisse zusammen und ermitteln Sie den prozentualen Fehler der FEM-Rechnung als Abweichung vom analytischen Ergebnis.



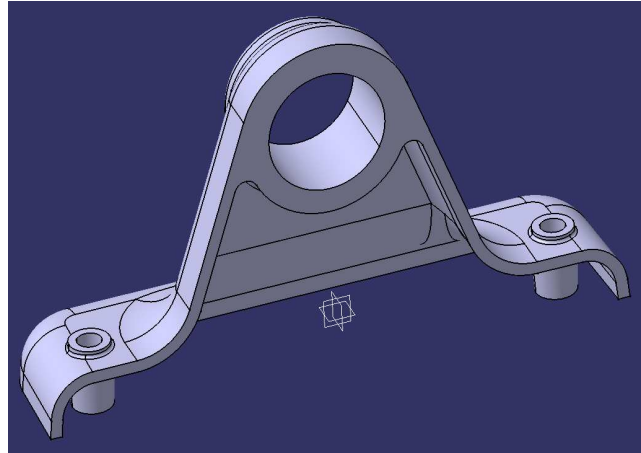
Aufgabe F5: Tabelle der Berechnungsergebnisse - Lochblech	
	Formzahl alpha-kz Abweichung in %
analytische Rechnung	-
FEM-Rechnung	
$l_{global} = 12,512 \text{ mm}$	
$l_{global} = 10 \text{ mm}$	
$l_{global} = 7 \text{ mm}$	
$l_{global} = 7 \text{ mm}$ $l_{lokal} = 5 \text{ mm}$	
$l_{global} = 7 \text{ mm}$ $l_{lokal} = 3 \text{ mm}$	

II Lagerbock

Nehmen Sie den Lagerbock aus Aufgabe A2.

Zur Befestigung des Lagerbockes auf einem Fundament mittels zweier Schrauben M8 werden zwei Schraubdome in den Lagerbock konstruiert. Geometrie der beiden Dome:

- Mittenabstand = 160 mm
- symmetrisch angeordnet
- 15 mm Abstand von der Rückseite
- Höhe der Buchse = 22 mm
- Innendurchmesser $d_i = 8,4$ mm
- Außendurchmesser $d_a = 14$ mm
- Auszugsschräge der Schraubdome: je 3° nach oben bzw. nach unten entformbar; die Auflageflächen $d_a = 14$ mm sollen erhalten bleiben
- Anschlussverrundung der Schraubdome mit dem Körper des Lagerbockes (2^* pro Schraubdom) = 1 mm



Material des Lagerbockes: Aluminium

Definieren Sie die obere Fläche der Schraubdome (= Auflage der Befestigungsschrauben) als fest eingespannt.

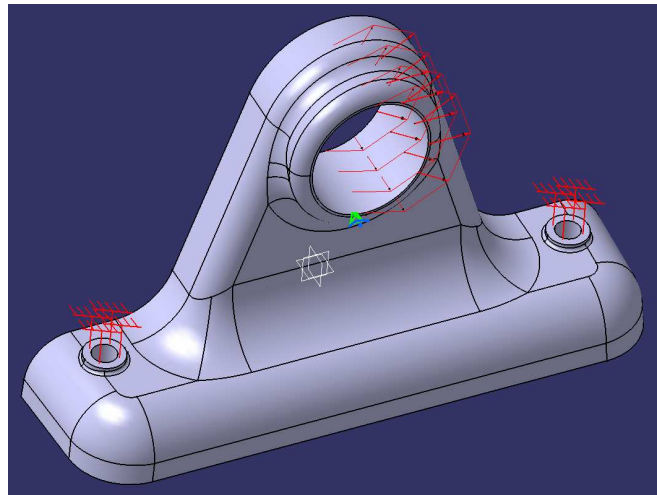
Als Belastung verwenden Sie eine Lagerlast (radial, sinusförmig, über 180° , auswärts gerichtet) in der Lagerbohrung horizontal nach rechts (von vorne gesehen) in Höhe von $F = 2000$ N.



Verwenden Sie parabolische Elemente sowie eine Elementgröße von 3 mm und einen *Absoluten Durchhang* (Sekantenabweichung) von 0,75 mm, keine lokale Netzverfeinerung.

Wo liegt und wie groß sind die maximale Vergleichsspannung von Mises und die maximale Hauptspannung? Was schlagen Sie als konstruktive Verbesserung vor?

Animieren Sie das Ergebnis.



Testat

1. Demonstration der Ergebnisse einer FEM-Lochblech-Rechnung und tabellarische Dokumentation der analytischen und der FEM-Rechnungen.
2. Plot des verformten Lagerbockes mit Angabe der Masse, der maximalen Vergleichsspannung nach von Mises und der maximalen Hauptspannung in der Infozeile. Was schlagen Sie als konstruktive Verbesserung vor?