

Studiengang Mechatronik

Modul 16:

FEM – Finite Elemente Methode

- 6. Übung -

Prof. Dr. Enno Wagner

8. Dezember 2025

- Konstruktion einer Brennstoffzellen-Endplatte
- Schraubenköpfe als Auflager
- Aufbringen eines Gasdruckes
- Simulation und Kontrolle Durchbiegung
- Konstruktion: Verstärkung der Platte
- Simulation verschiedener Drücke

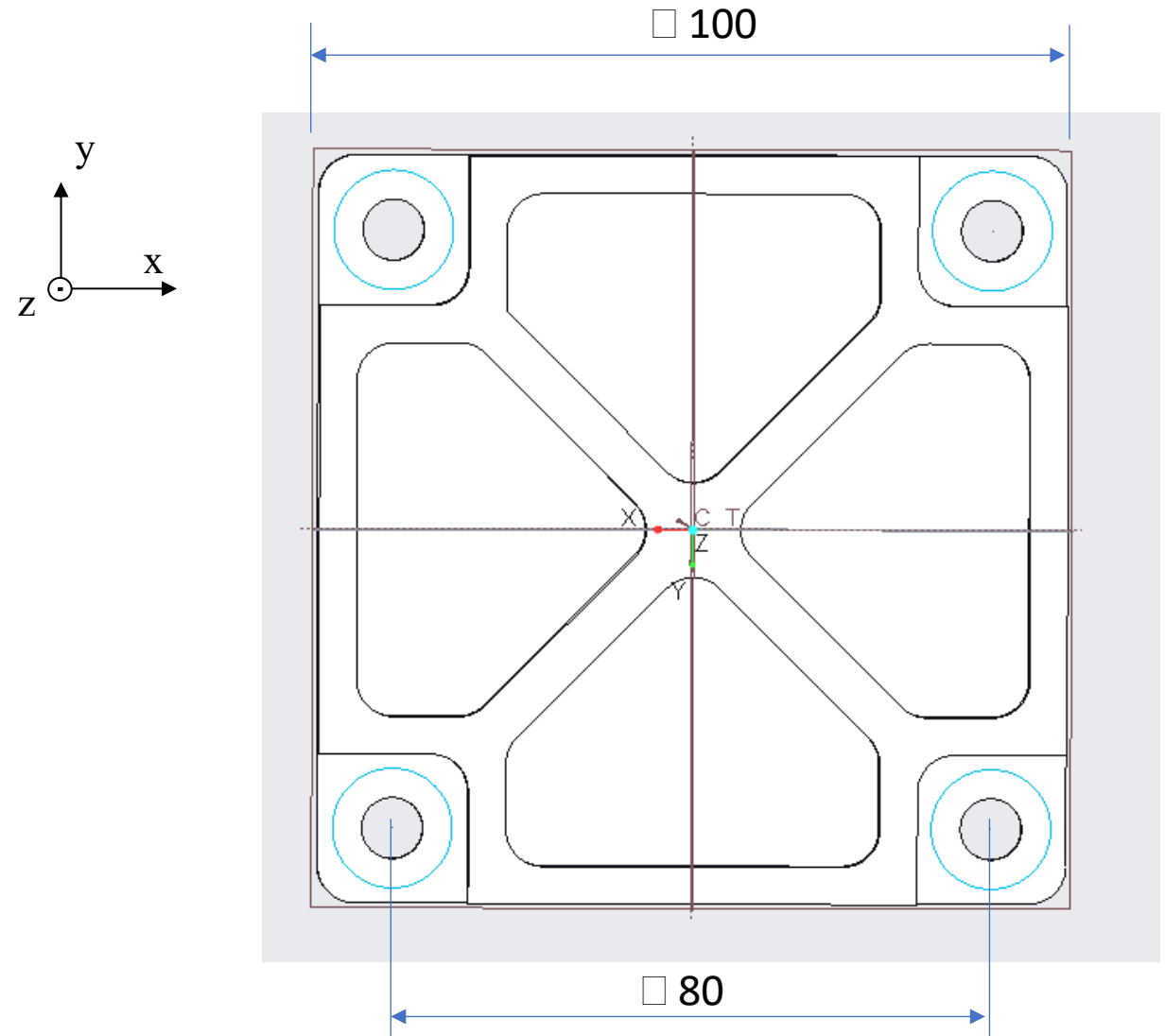
6. Übungsaufgabe

Endplatte

- Hauptmaße: 100 x 100 mm
- symmetrisch aufgebaut
- In den Ecken 4 Schraubenlöcher für M8
- Lochabstand: 80 x 80 mm
- Dicke der Platte: 5 mm
- Vertiefung Rückseite: 50 x 50 mm, 2 tief
- Radien in allen Ecken: $R = 5$ mm

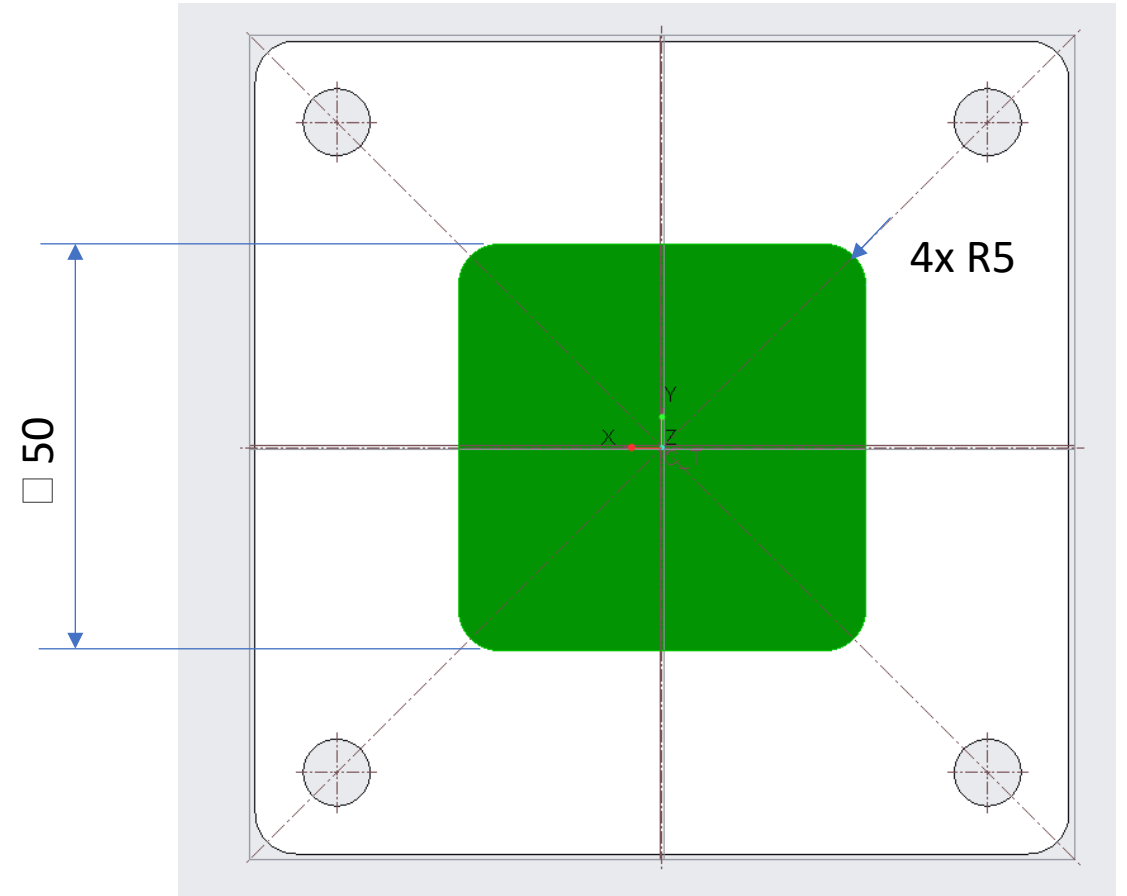
Angaben

Material: Aluminium



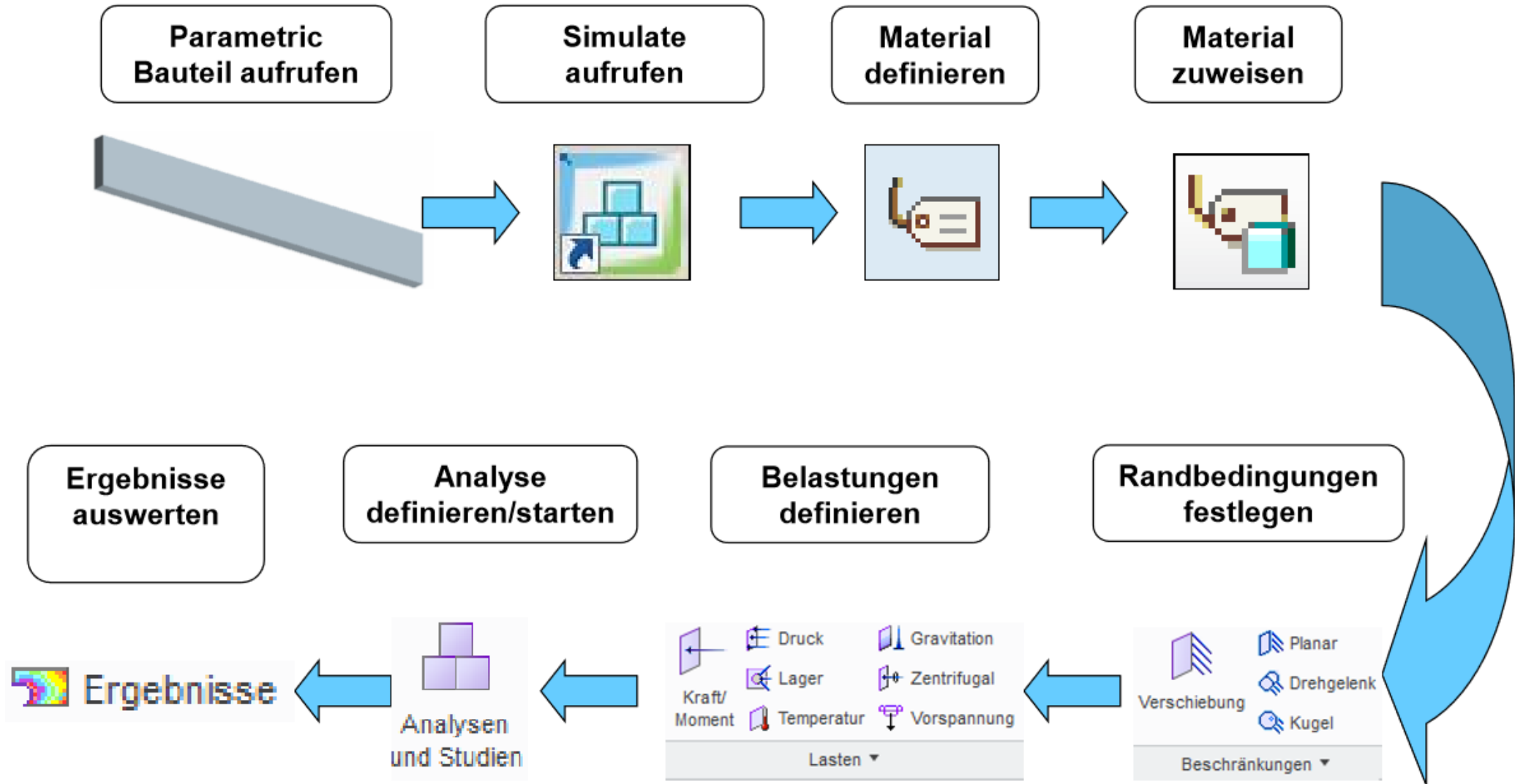
Rückseite Endplatte

- Vertiefung (Gasraum)
- Fläche mittig
- Abmessung: 50 x 50 mm
- Tiefe: 2 mm
- Radien: 5 mm



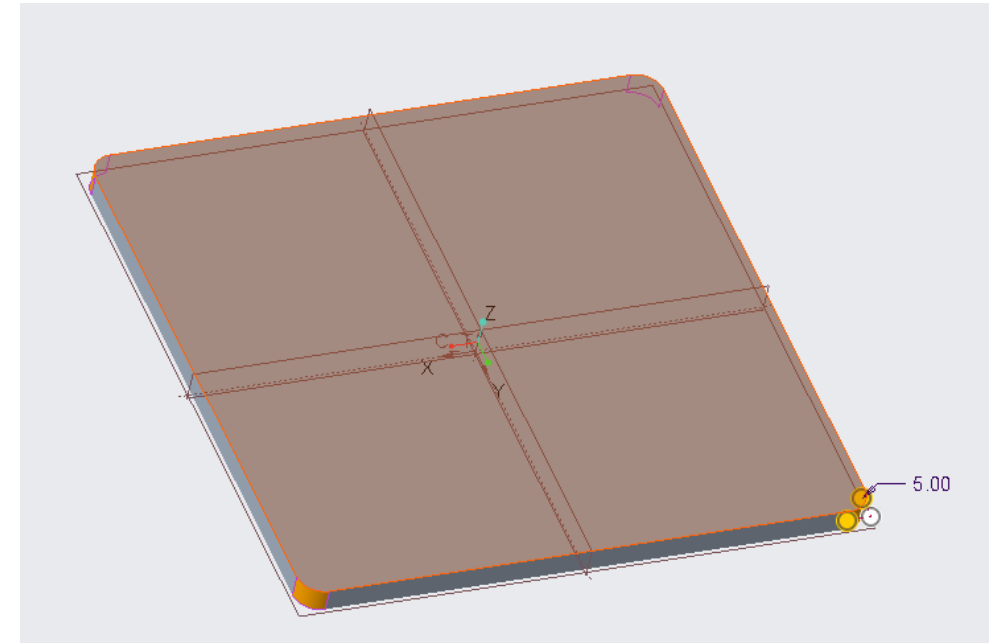
- Gestalten Sie zunächst die einfache Endplatte in Creo
- Lassen Sie auf die Vertiefung der Rückseite einen Gasdruck von 20 bar wirken
- Halten Sie die Platte mittels Schrauben + Unterlegscheiben fest
- Simulieren Sie die Verformungen und Spannungen
- Verstärken Sie nun die Platte mit einer Struktur aus Stegen und erhöhen Sie die Plattendicke ($s = 8 \text{ mm}$)
- Simulieren Sie erneut und Werten Sie maximale Spannung und Verformung aus (zur Gewährleistung der Dichtheit, dürfen Sie sich Ränder der Endplatte maximal 0,1 mm durchbiegen).

Vorgehen bei der FEM



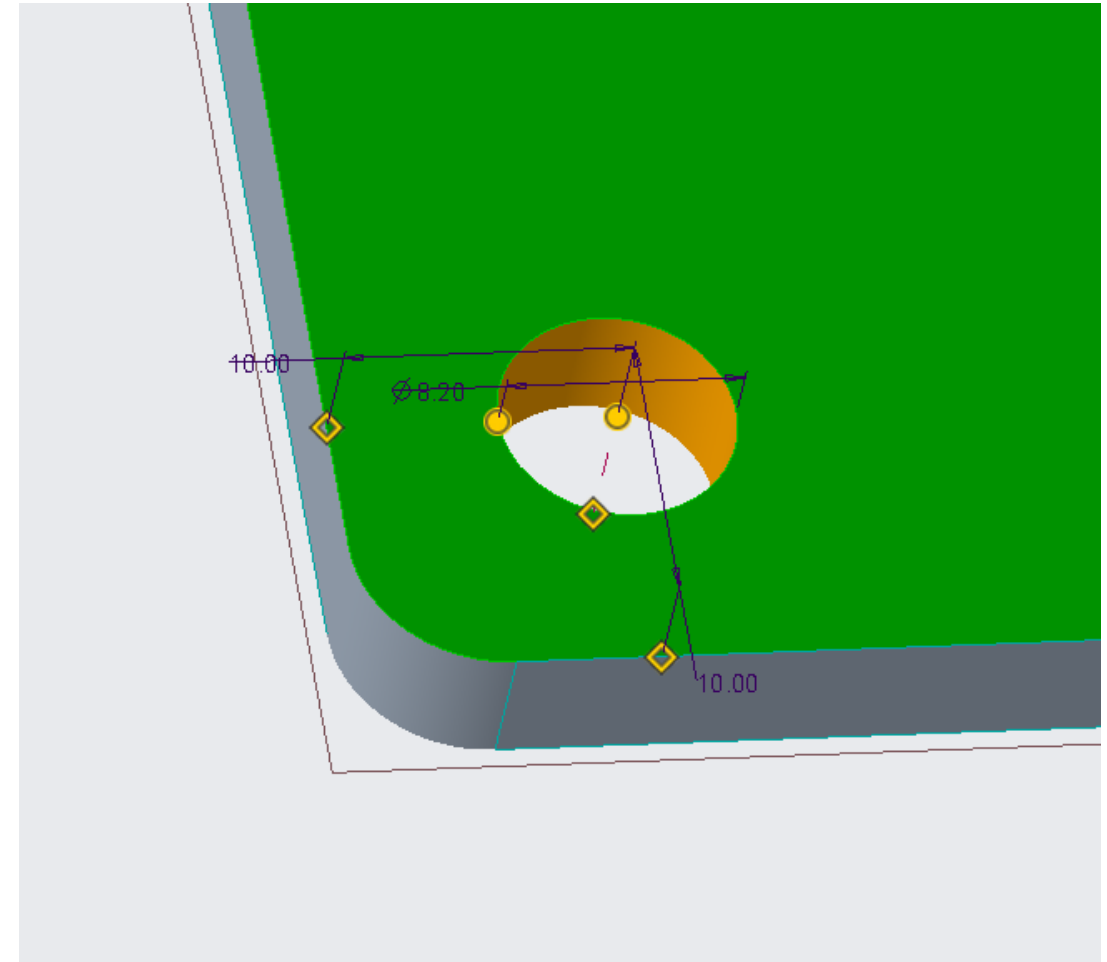
CAD Konstruktion der Platte

- Arbeitsverzeichnis => Ordner FEM
- Neues Teil: „BZ_Endplatte“
- Arbeiten Sie im Skizziermodus mit einer Linienkette und parallelen Linien
- Fügen Sie die Radien in einem späteren Schritt hinzu

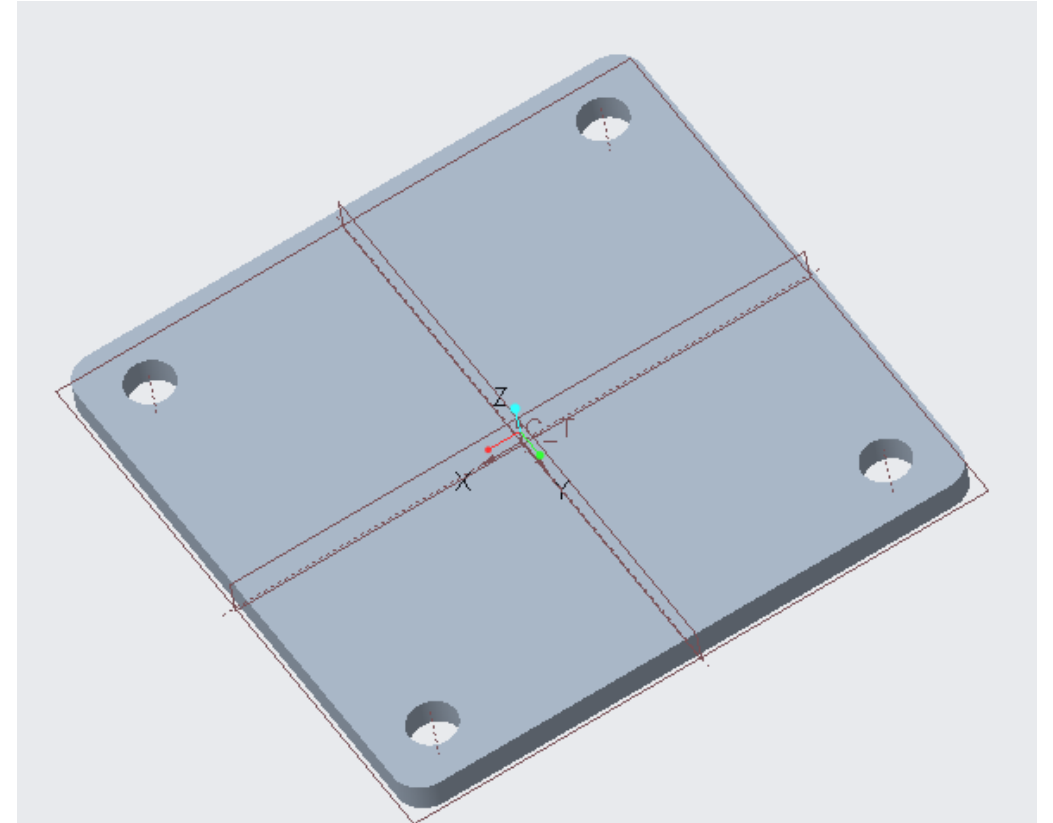


Bohrungen hinzufügen

- Durchgangsbohrung für M8
- Durchmesser: 8,2 mm
- Abstand vom Rand:
 - je 10 mm

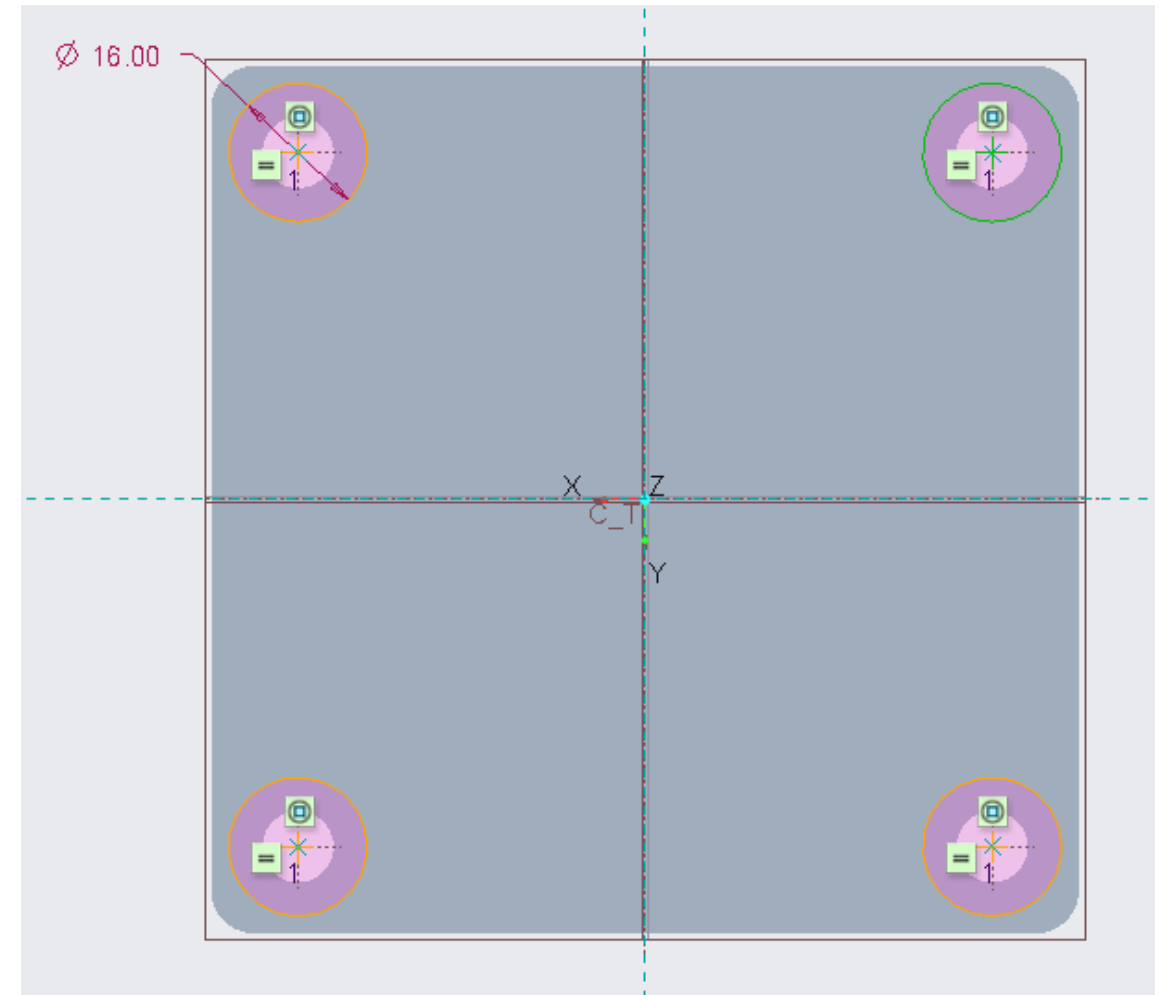


- Bohrungen an Symmetrieebenen spiegeln
=> 2x Spiegeln
=> Insgesamt 4 Bohrungen



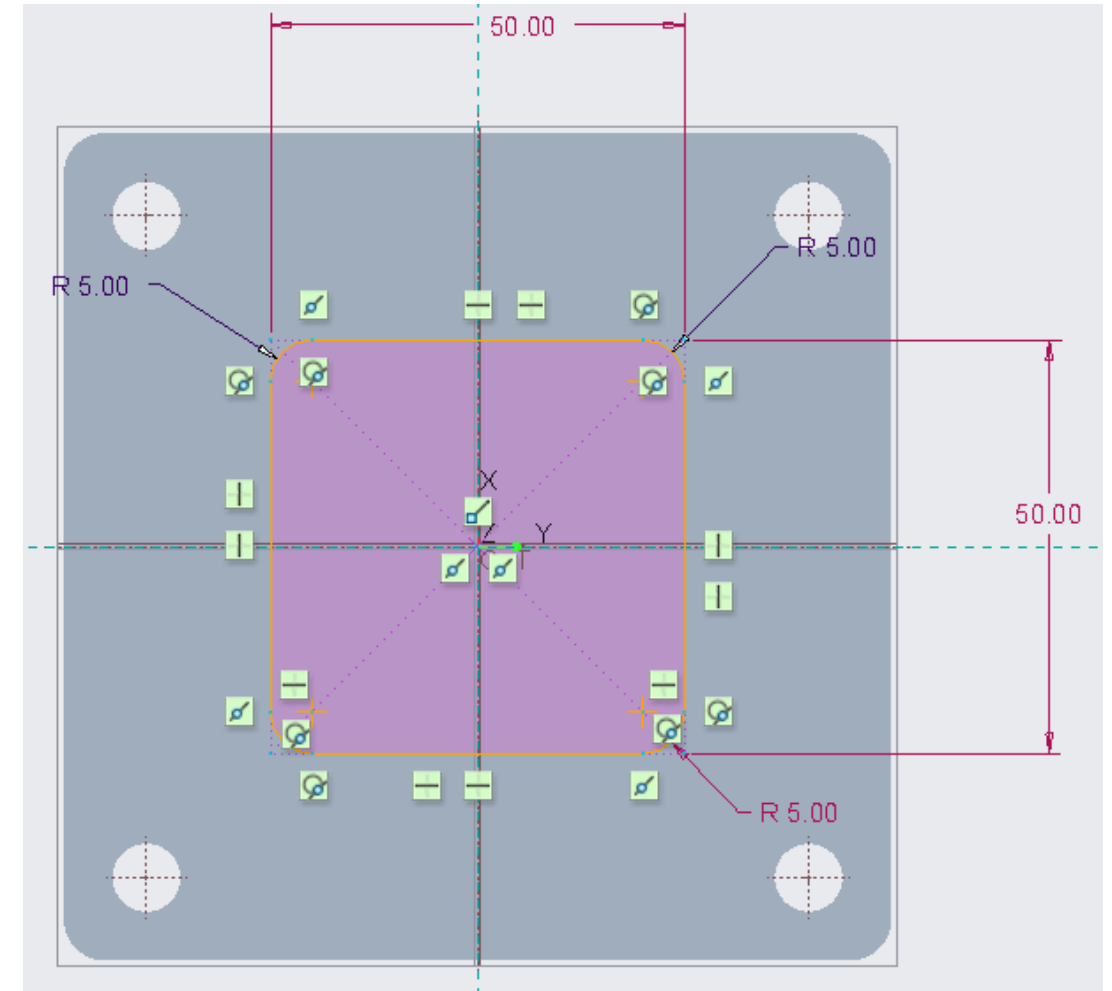
Schrauben Auflager

- M8er Schrauben mit Unterlegscheibe $d_2 = 16 \text{ mm}$
- Konzentrische Kreise um Bohrungen mit $\varnothing = 16 \text{ mm}$
=> spätere Randbedingung

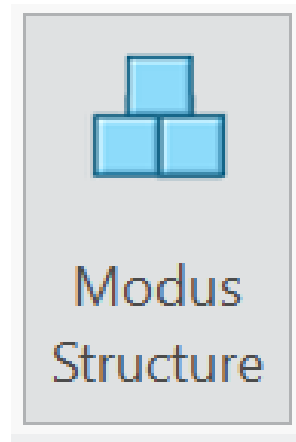


Gasraum auf Rückseite konstruieren

- Skizze Rückseite
 - Vertiefung (2 mm)
 - Fläche: 50 x 50 mm
 - Radius: $R = 5$ mm
 - Hilfsviereck
 - 4 Linien + Rundungen tangential

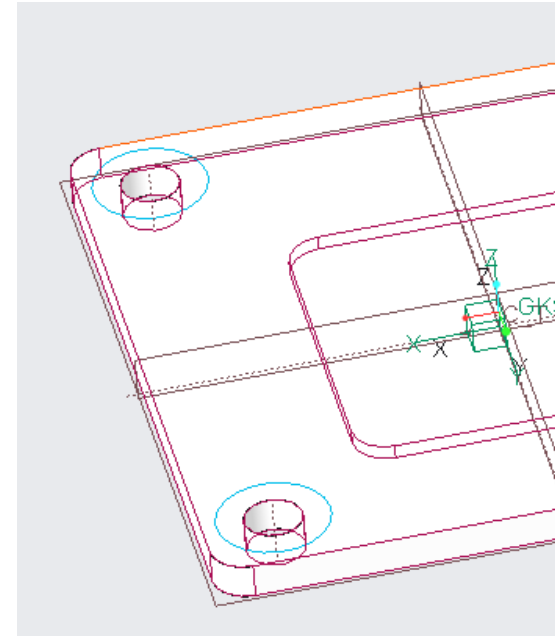


=> Creo Simulate aufrufen



Material zuweisen

- al_aluminium
 - E-Modul: 73.000 Mpa
 - Zug-Streckgrenze: 120 Mpa
 - Versagenskriterium:
Gestaltänderungsenergie von Mises



Materialvorschau

Name
AL_ALUMINIUM

Beschreibung
Aluminium

Dichte 2.79e-09 tonne/mm^3

Verschiedenes Farbeffekt Benutzerdefiniert

Strukturmechanisch Thermal

Symmetrie Isotrop

Spannungs-Dehnungs-Reaktion Linear

Querkontraktionszahl 0.33

Elastizitätsmodul 73000 MPa

Wärmeausdehnungskoeffizient 2.3e-05 /C

Mechanismendämpfung sec

Materialgrenzwerte

Zug-Streckgrenze * 120 MPa

Zugspannung MPa

Druckspannung MPa

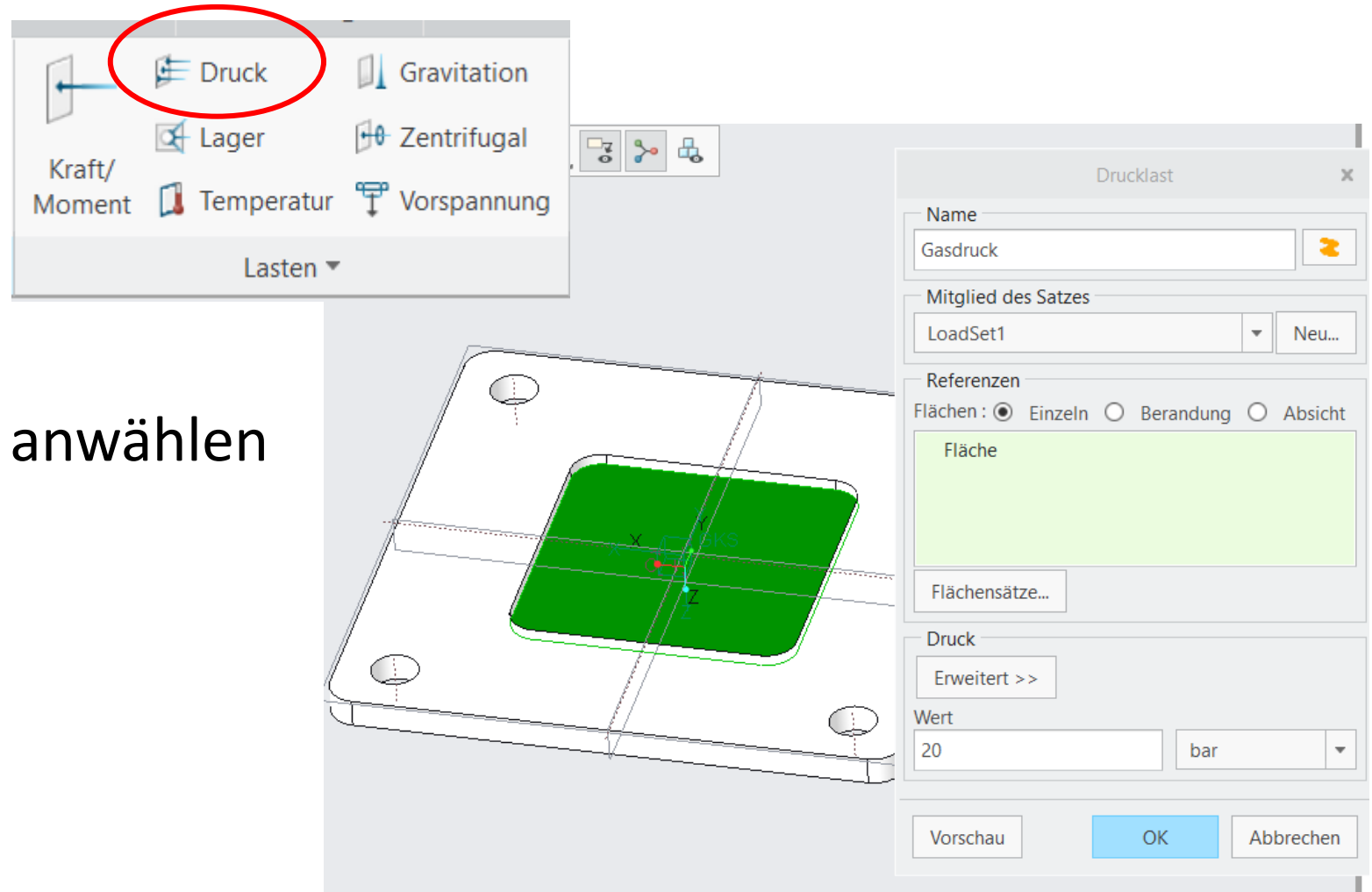
* Erforderliche Felder

Versagenskriterium

Gestaltänderungsenergie (von Mises)

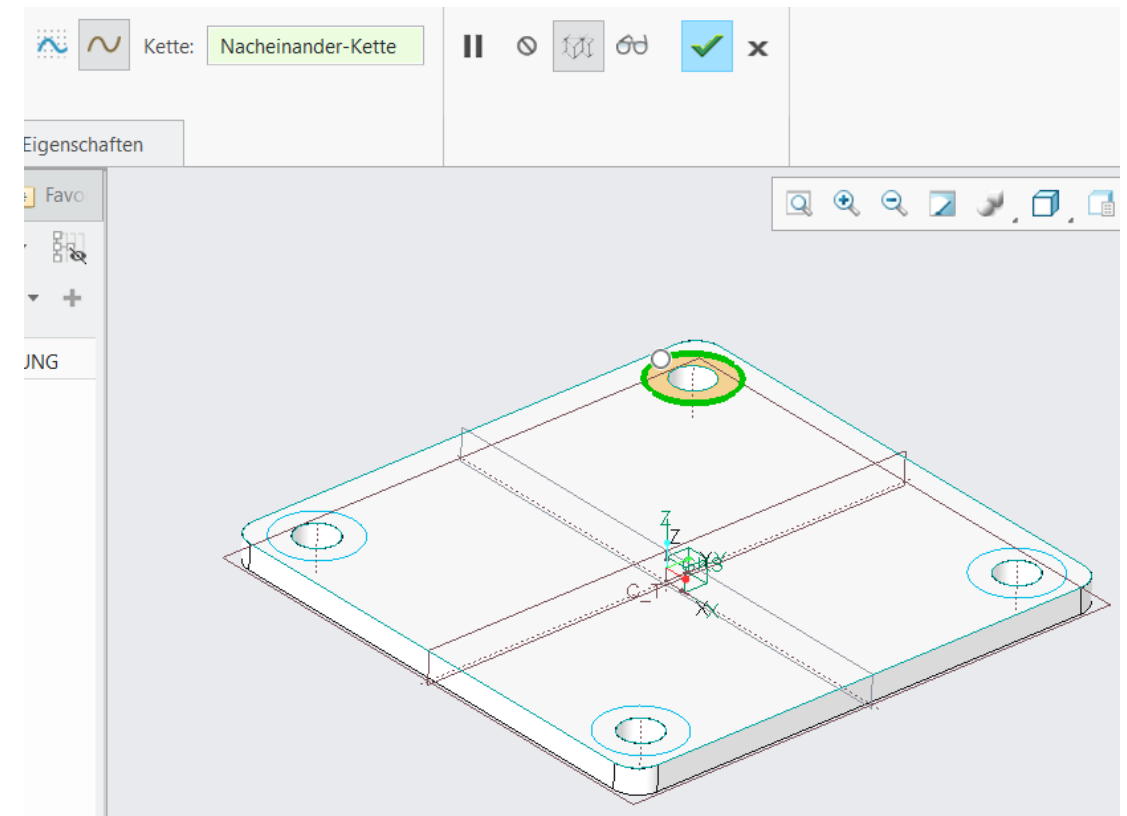
Druckkraft definieren

- Last „Druck“ auswählen
- Name: „Gasdruck“
- Fläche Rückseit Gasraum anwählen
- Druck: 20 bar



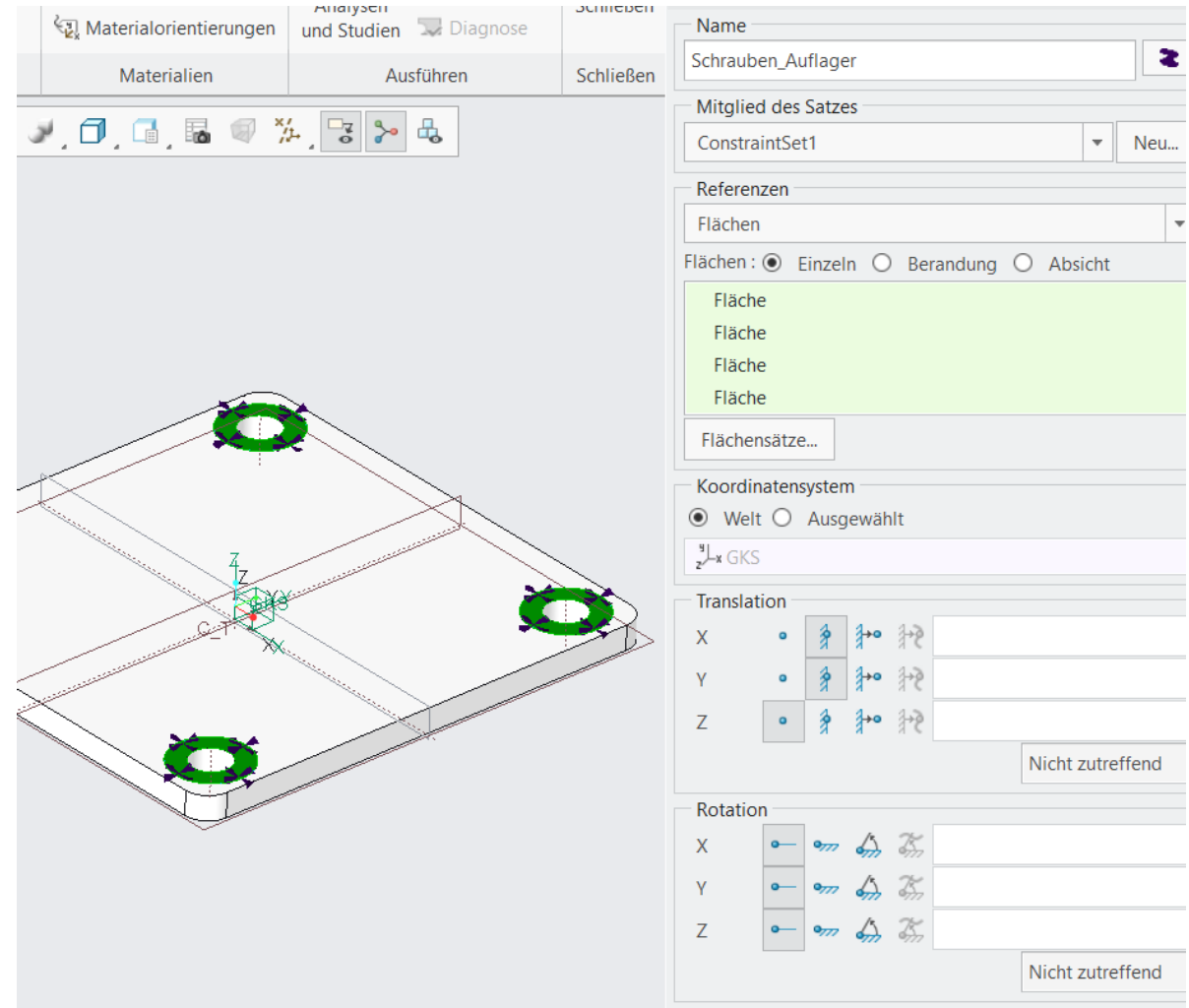
Flächenbereiche für Schraubenaufleger definieren

- Modell verfeinern
- Oberseite auswählen
- Kreis um Schraube auswählen
- 3x Wiederholen

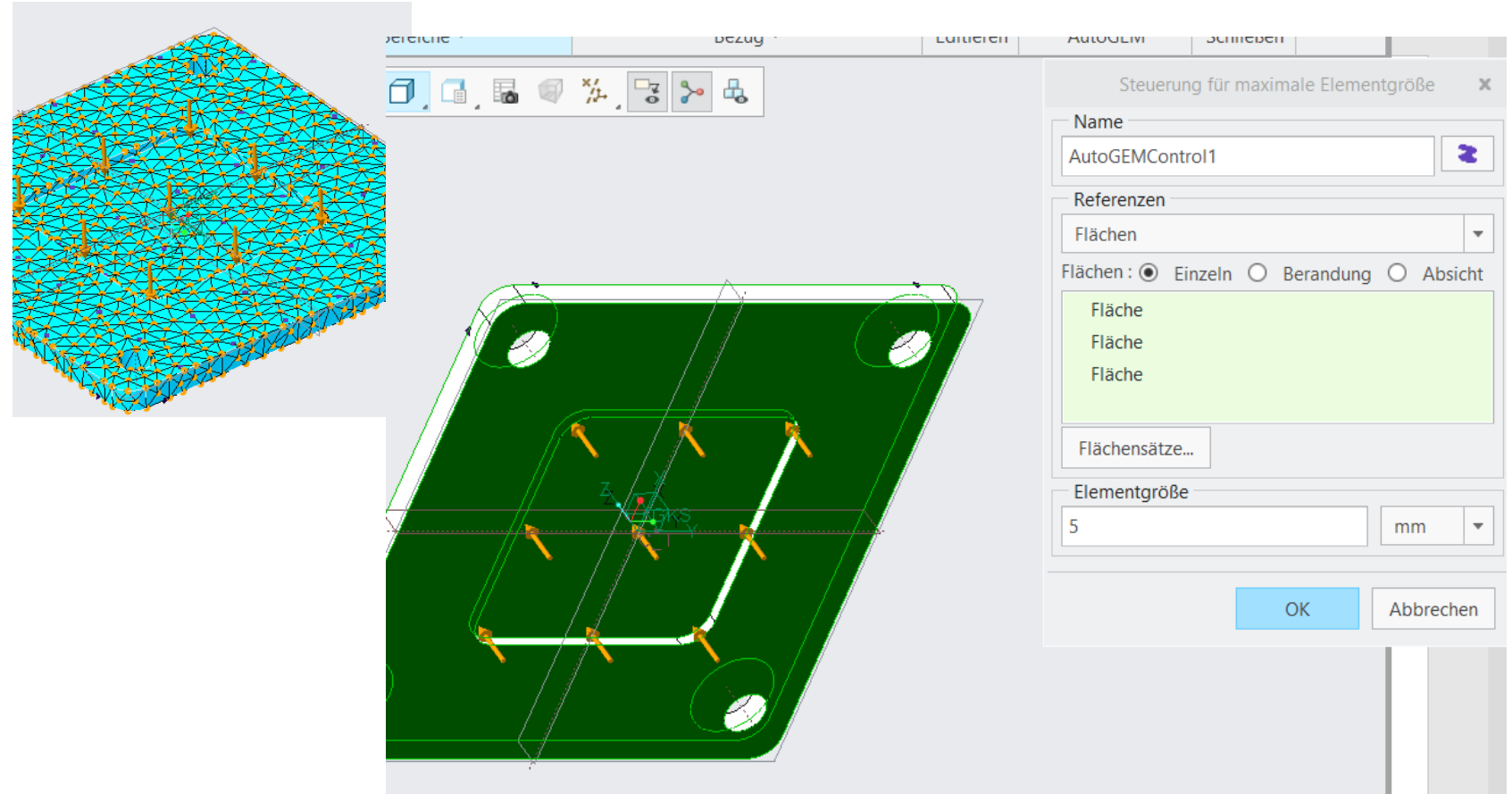


Randbedingung definieren

- Neue Randbedingung
- 4x Schraubenfläche anwählen
- Z-Richtung Sperren
- Evtl. auch X- und Y-Richtung

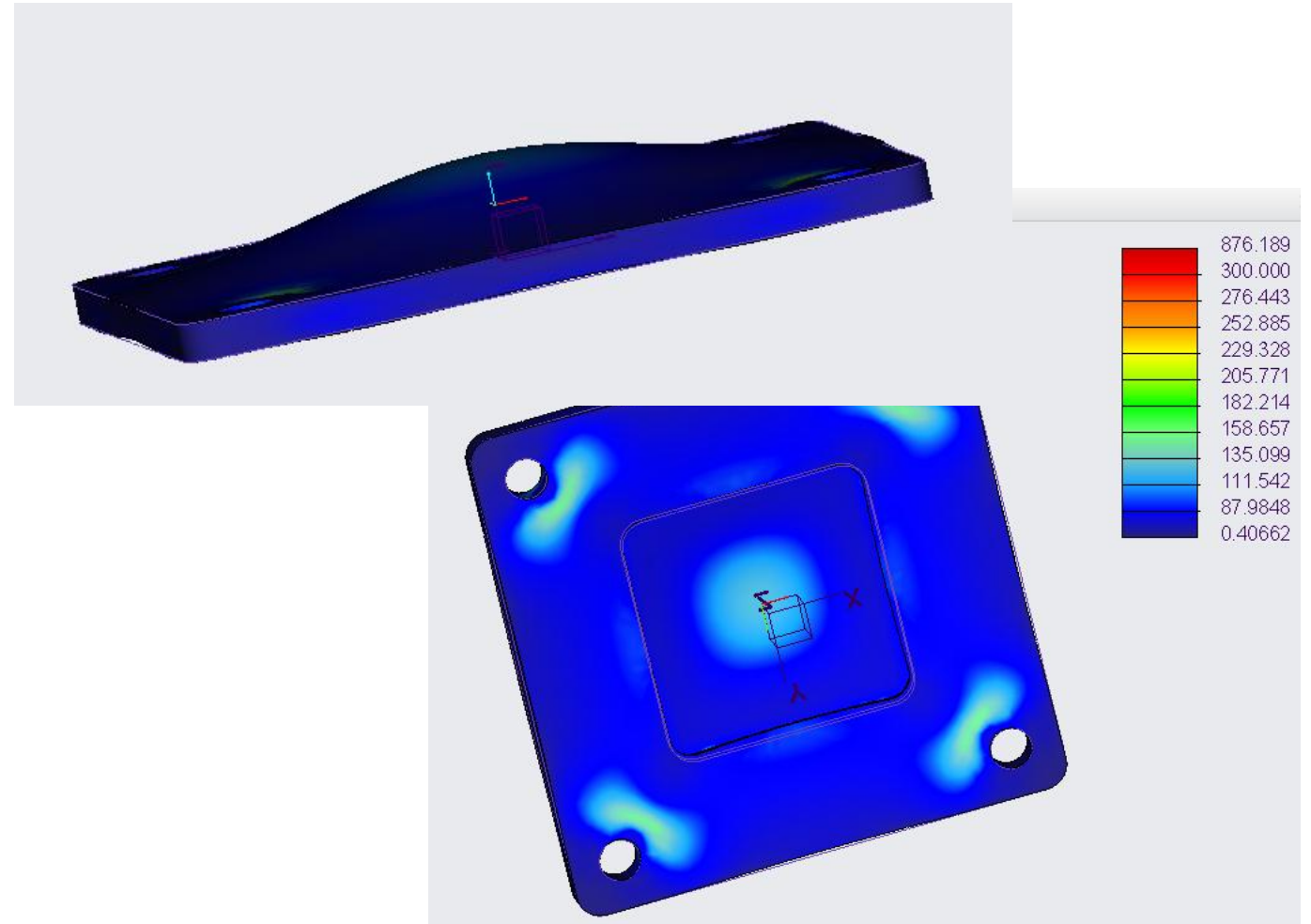


- Modell verfeinern
- Flächen wählen
 - Oberseite
 - Unterseite
 - Gasraum
- Elementgröße: 5 mm



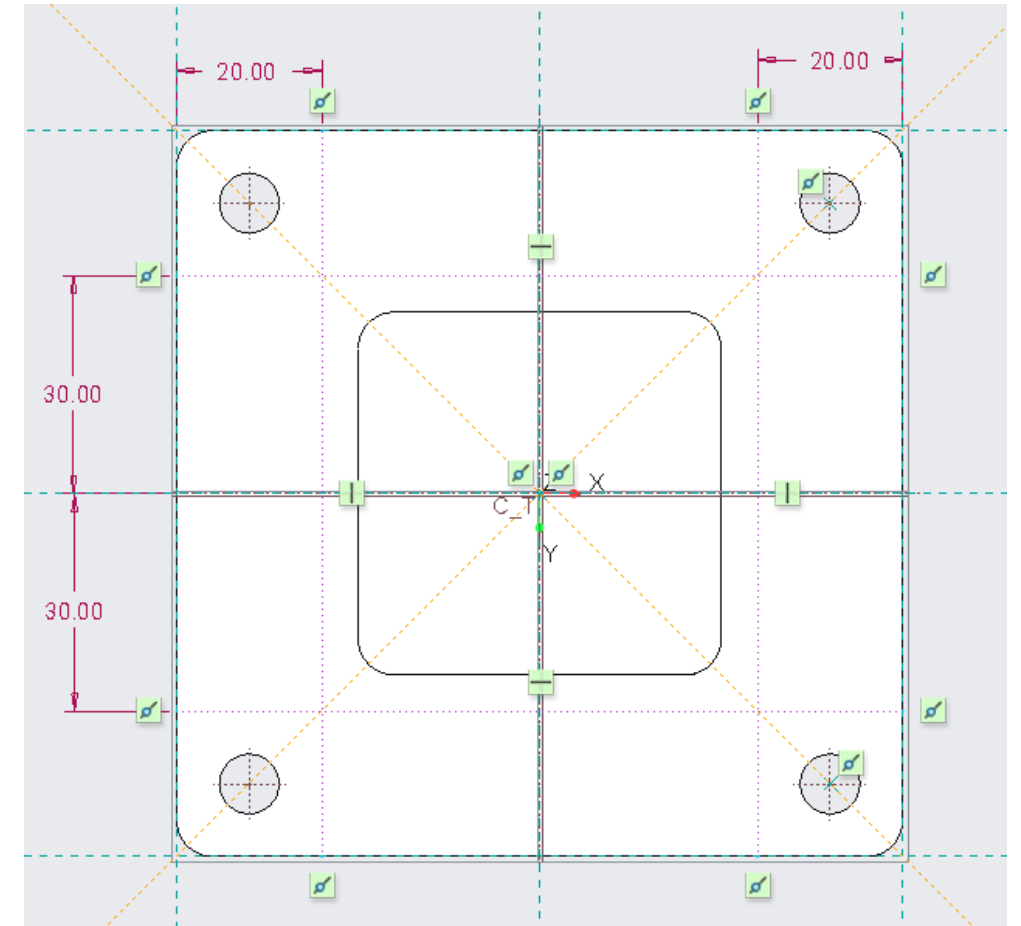
Ergebnis

- Sehr starke Verformung
- Streckgrenze überschritten!
- Aluplatte würde „Platzen“ wie ein Luftballon
- Starke lokale Spannungsspitzen



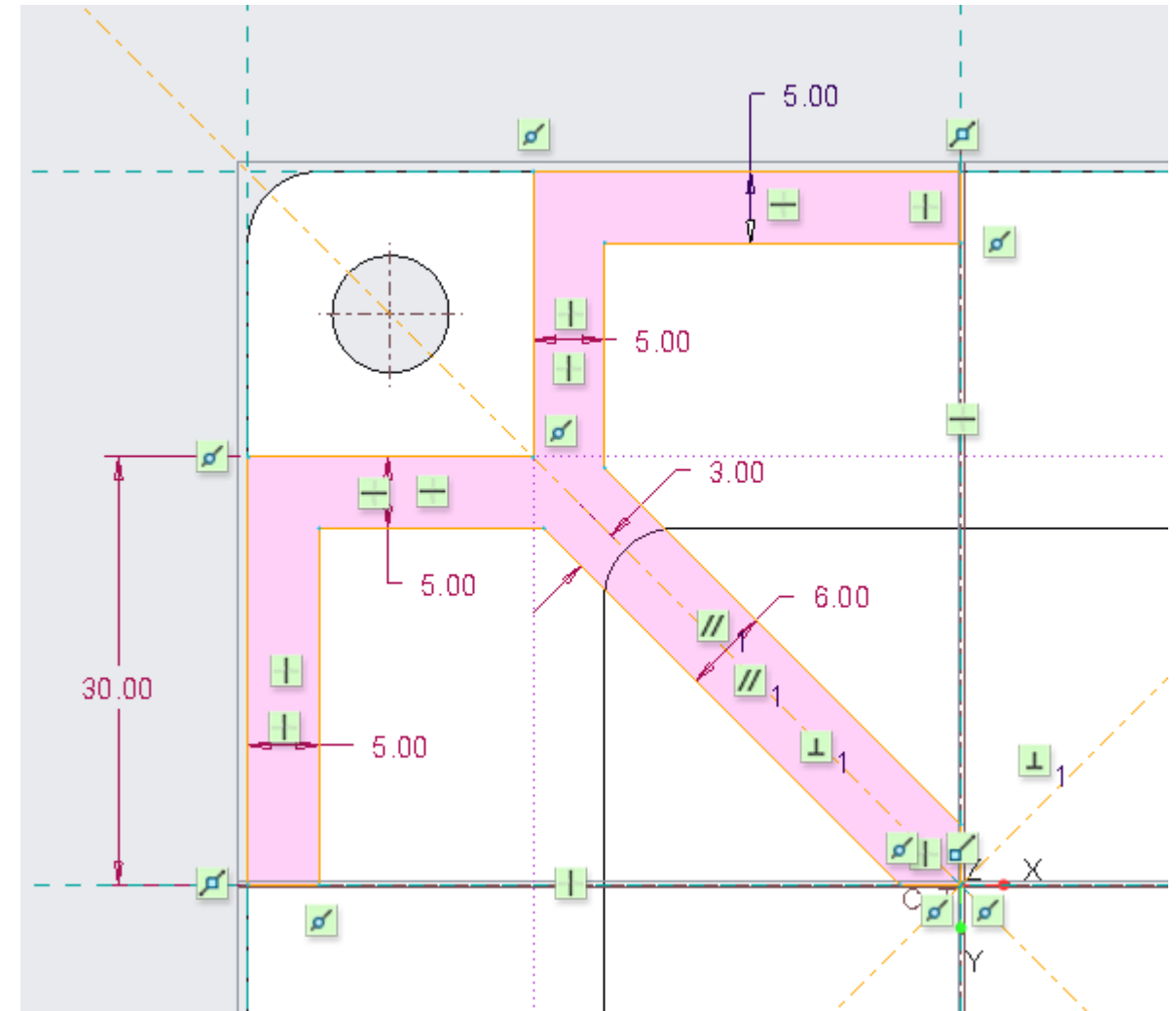
Konstruktive Verstärkung

- Simulate verlassen
- Teil => Skizze auf Oberseite
- Konstruktionslinien
 - Diagonale
 - Abstand vom Rand



Skizziermodus

- Symmetrie nutzen => ¼ zeichnen
- Rand-Stege: Breite 5 mm
- Diagonal-Strebe: Breite 6 mm

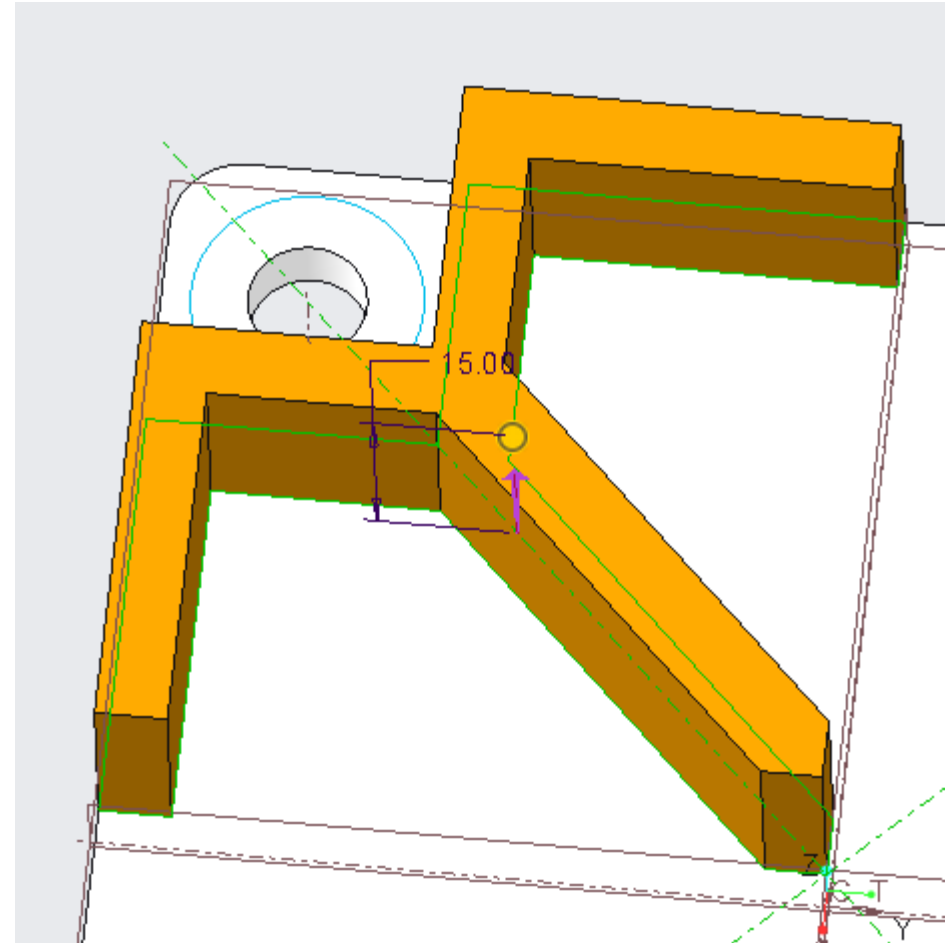


Extrudieren

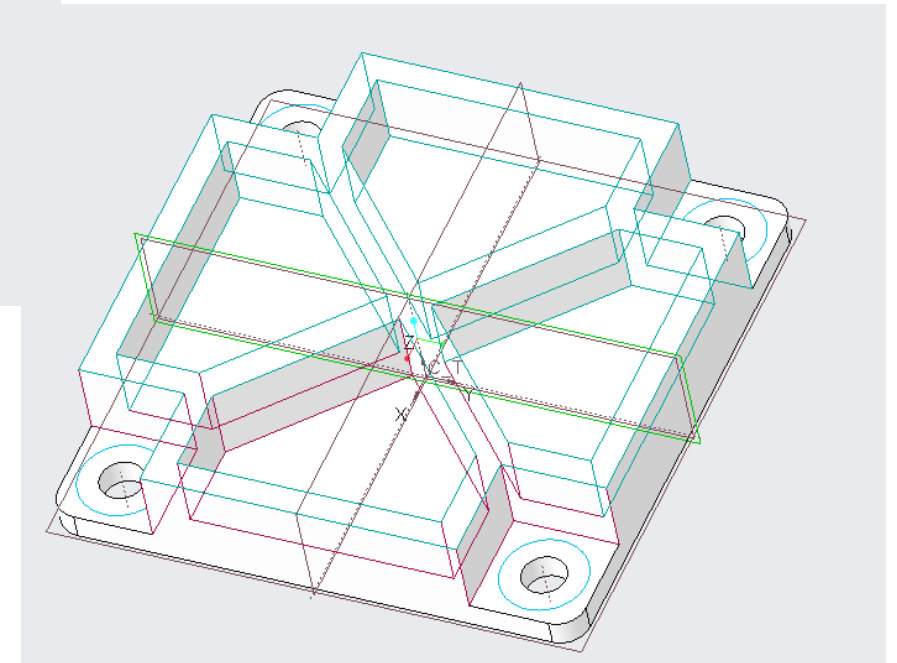
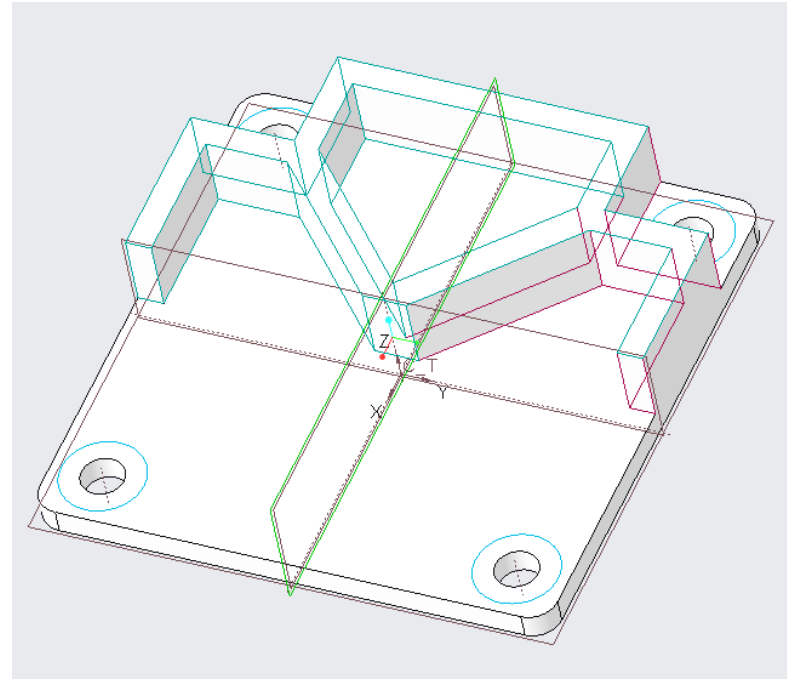
- Höhe = 15 mm

Rundungen hinzufügen

- $R = 5\text{ mm}$

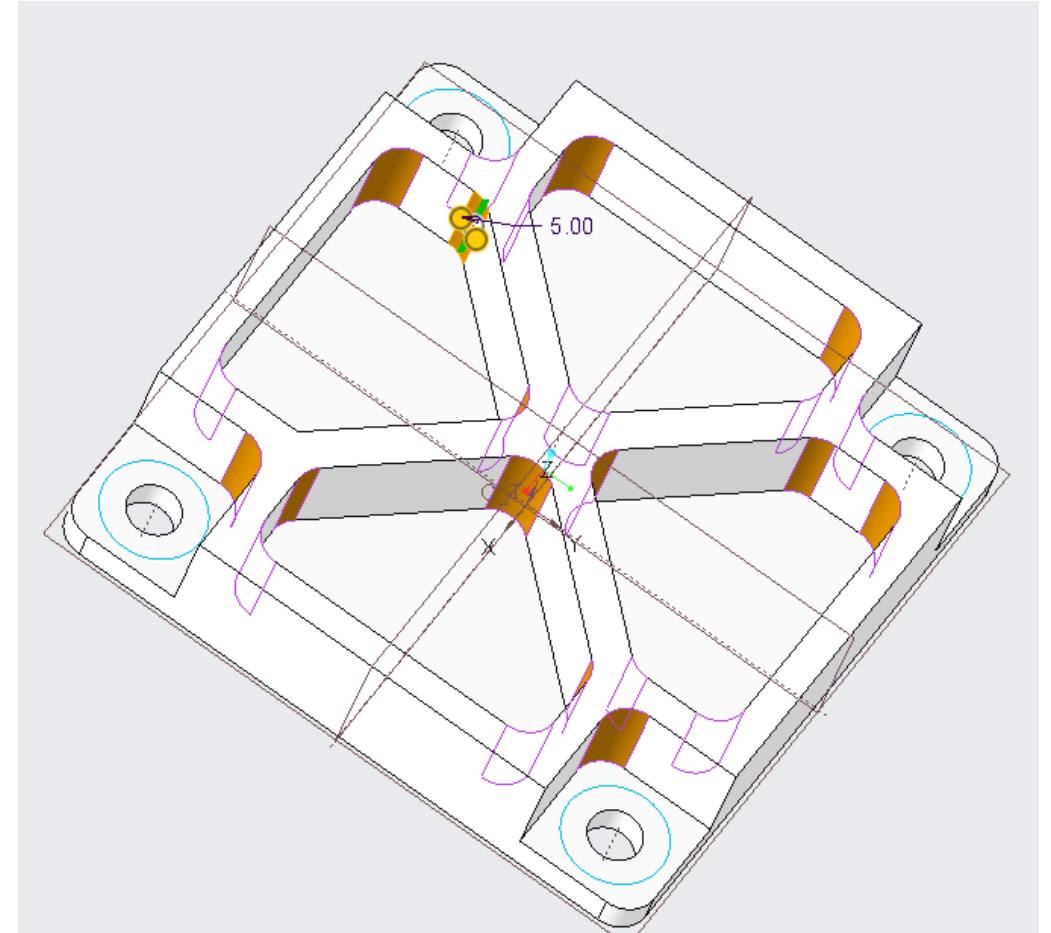


Profil 2x spiegeln



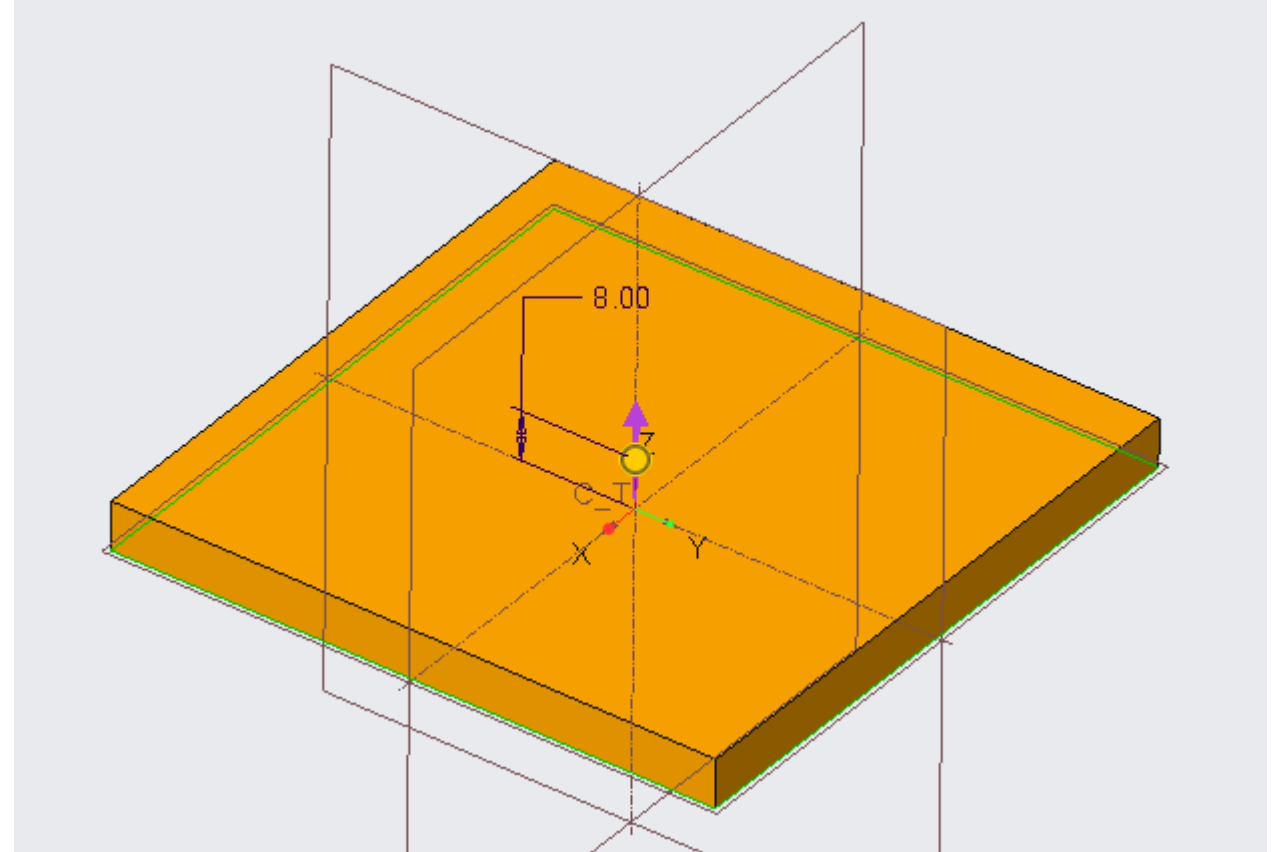
Rundungen hinzufügen

- Bearbeitung mit 10er Fräser
- $R = 5 \text{ mm}$



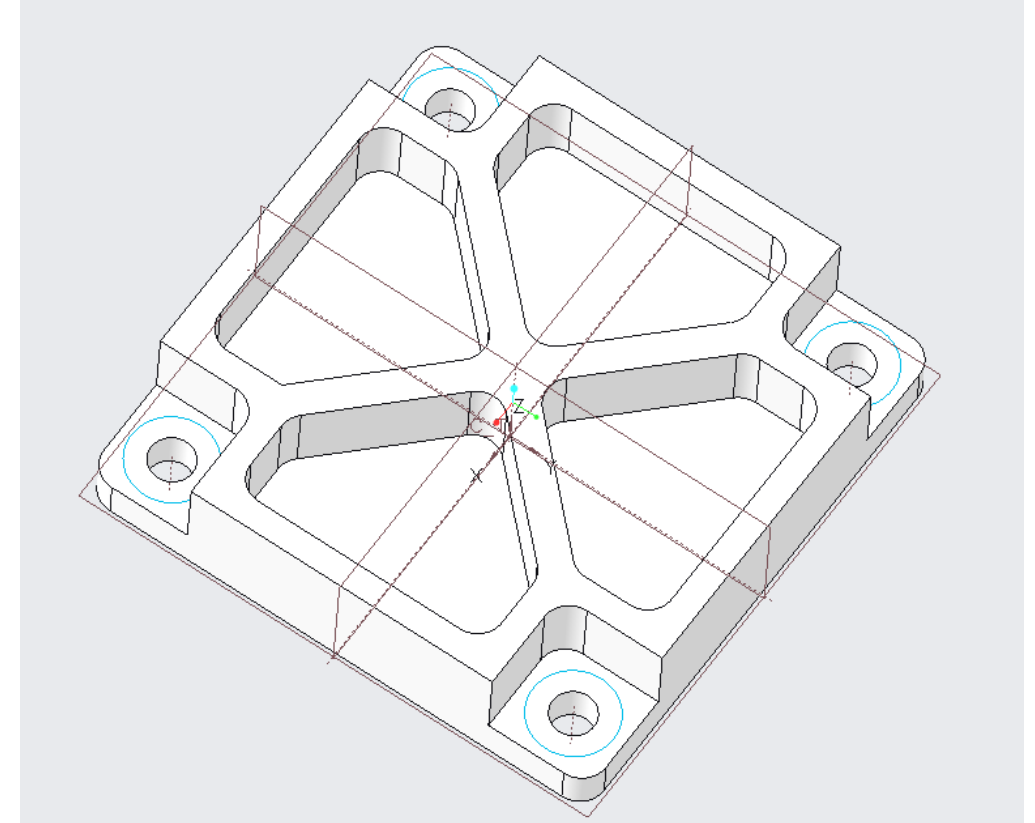
Änderung der Profildicke

- $S = 8 \text{ mm}$



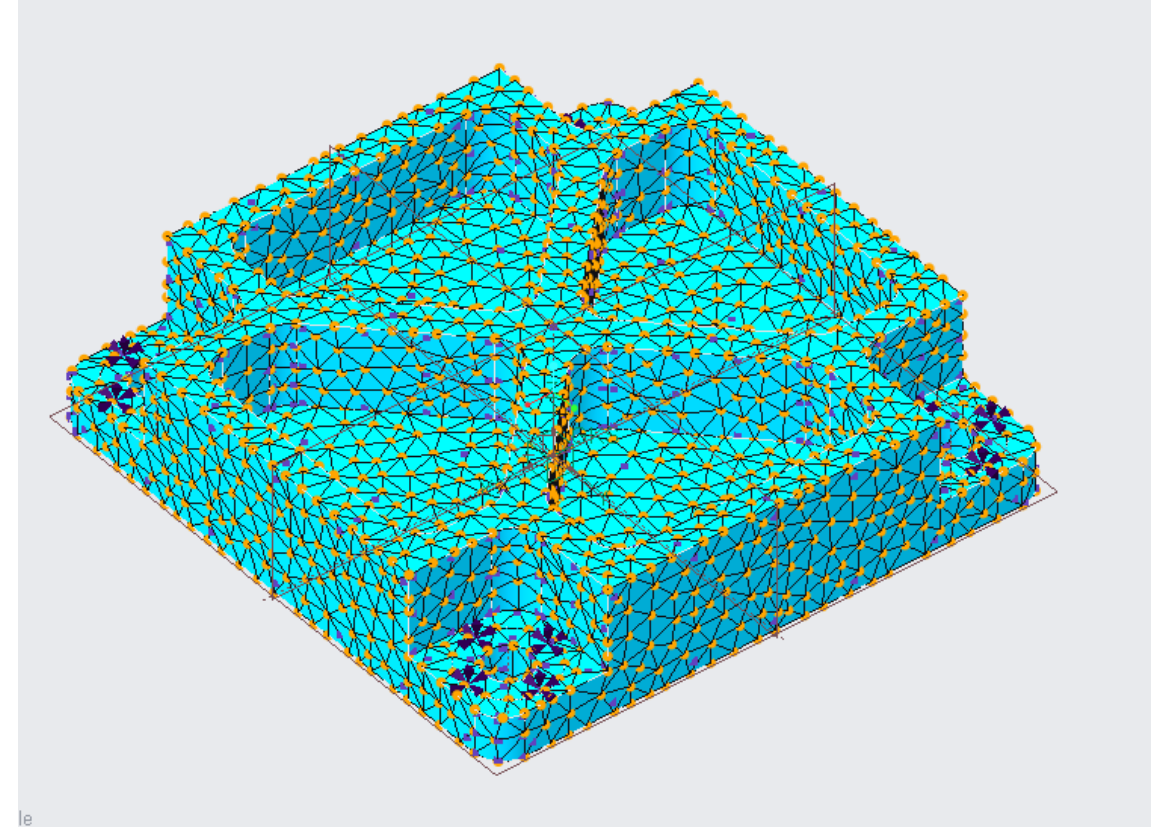
Verstärkte Platte

- Regenerieren
- Speichern
- Simulate aufrufen

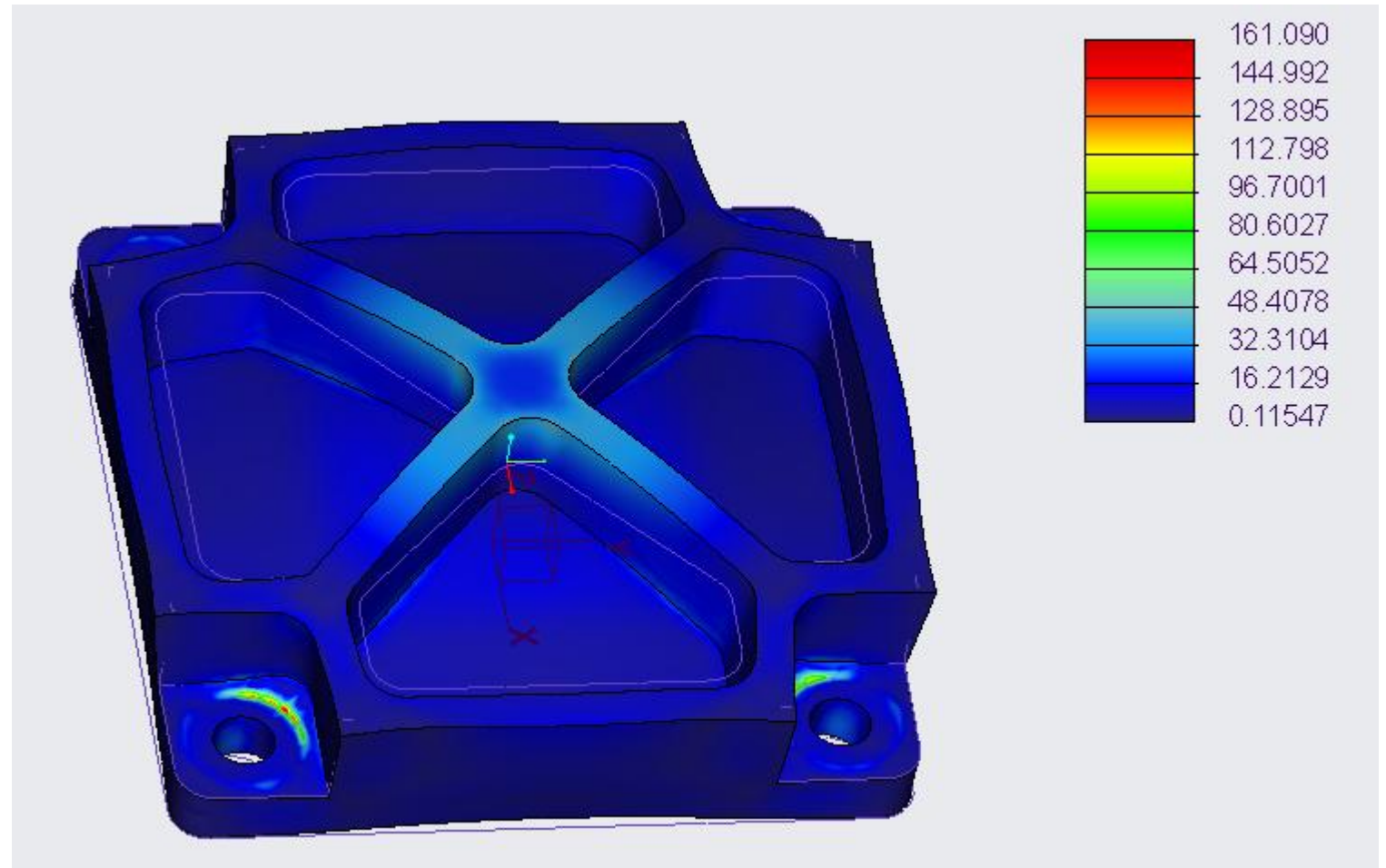


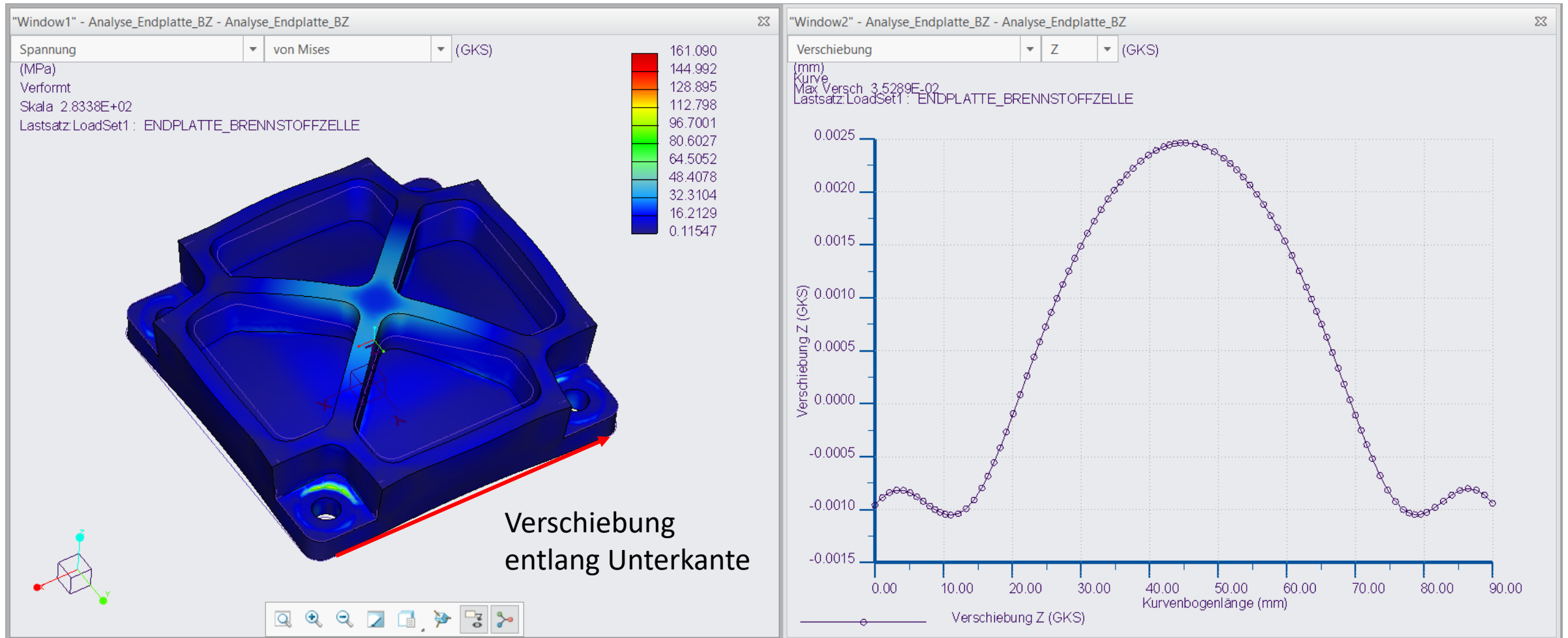
Netz neu generieren

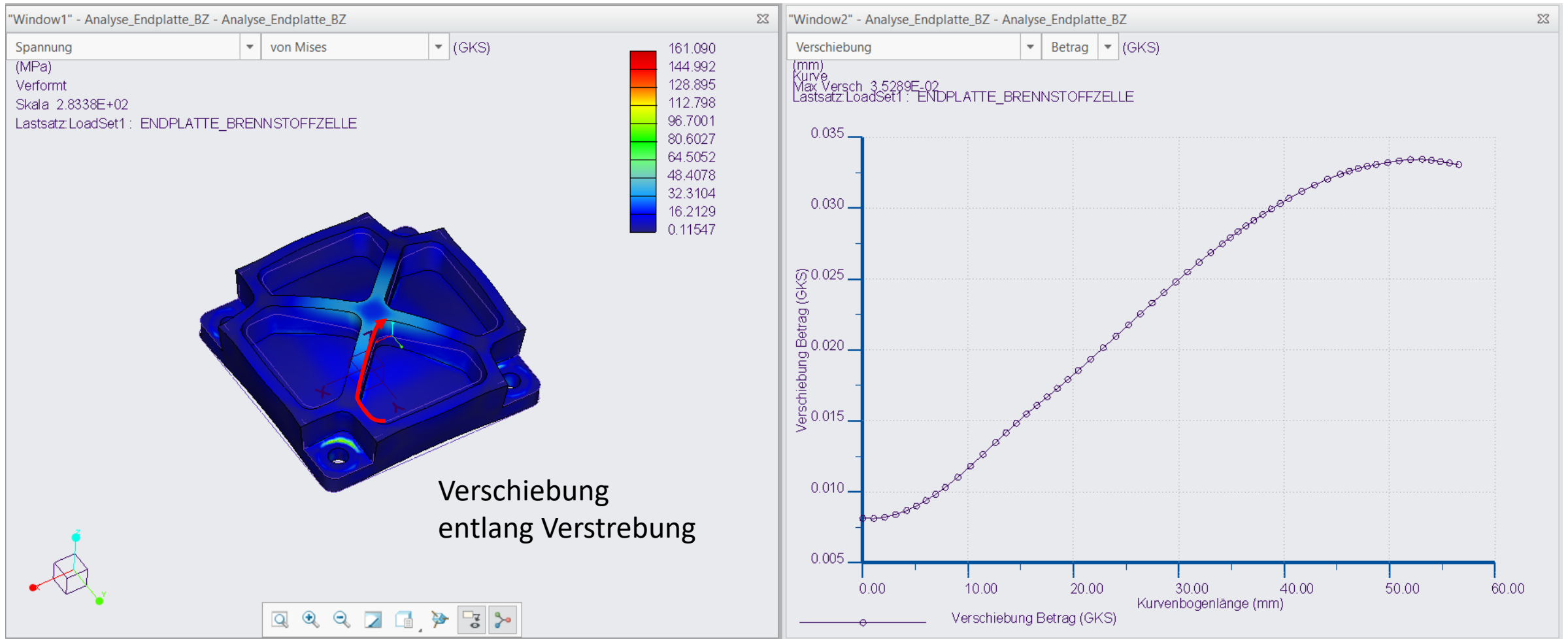
- Alle Flächen anwählen
- Elementgröße: 5 mm
- 17.000 Elemente



Streckgrenze
überschritten !!

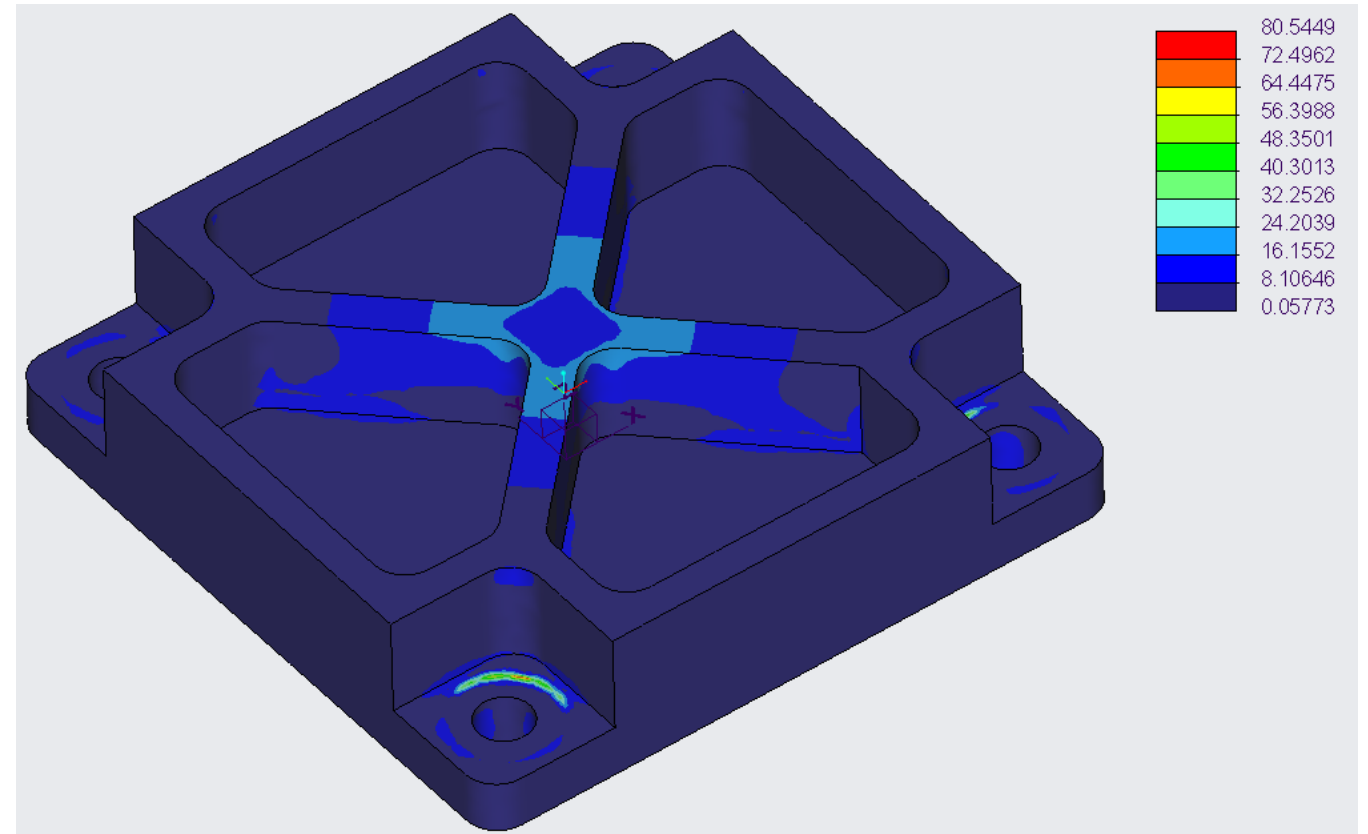






- Bei welchem Druck hält die Endplatte noch stand?

Ergebnis bei xx bar => ok



Viel Erfolg !

Hinweis

Diese Folien sind ausschließlich für den internen Gebrauch im Rahmen der Lehrveranstaltung an der Frankfurt University of Applied Sciences bestimmt. Sie sind nur zugänglich mit Hilfe eines Passwortes, dass in der Vorlesung bekannt gegeben wird.