

Studiengang Mechatronik

Modul 16:

FEM – Finite Elemente Methode

- 2. Übung -

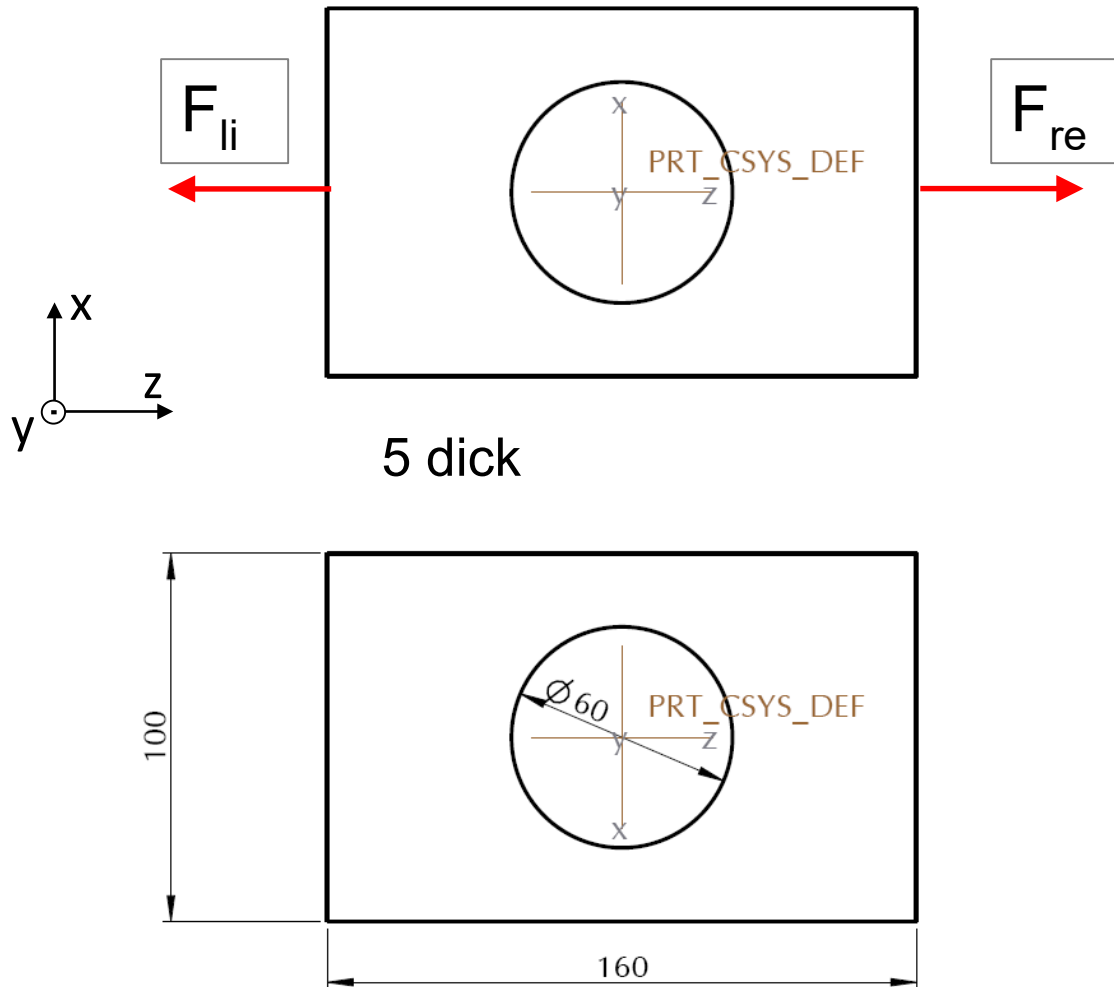
Prof. Dr. Enno Wagner

7. November 2024

Übersicht

- Lochplatte
 - Konstruktion
 - Simulation
 - Interpretation
- Konstruktionsstudie

2. Übung: Lochplatte



Das Lochblech wird mit der Kraft F_{li} belastet ($F_{re} \Rightarrow$ Reaktionskraft)

Parameter: Material: S235jr
E-Modul = 210000 Nmm⁻²

Kraft: $F_{li} = 1000 \text{ N}$

Nutzen Sie die Symmetrie!

a) Ermitteln Sie folgende Größen:

- Von Mises Spannung σ_v
- Verschiebung
- Element-Anzahl (variieren)
- CPU Rechenzeit

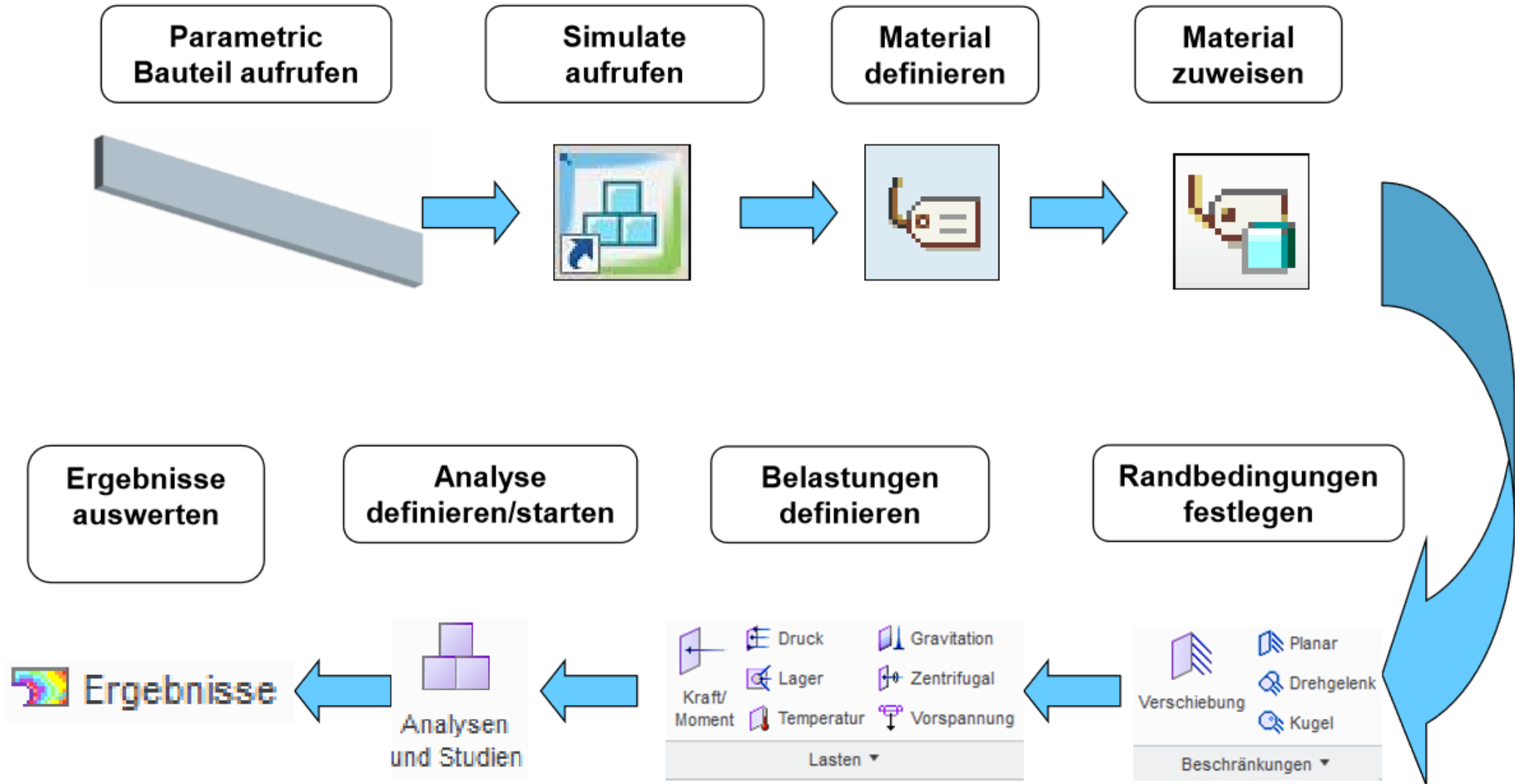
Wie verändern sich die Werte bei einer Erhöhung der Element-Anzahl ?

b) Führen Sie eine Konstruktions-Studie durch:

- Durchmesser $d = 60 \dots 90 \text{ mm}$
- Variation in 10mm-Schritten

Zeigen Sie den Einfluss anhand einer Grafik für $\sigma_v = f(d)$

Vorgehen bei der FEM



Bitte zu Beginn jeder CAD-Sitzung
Voreinstellungen durchführen!

- **Arbeitsverzeichnis festlegen:**

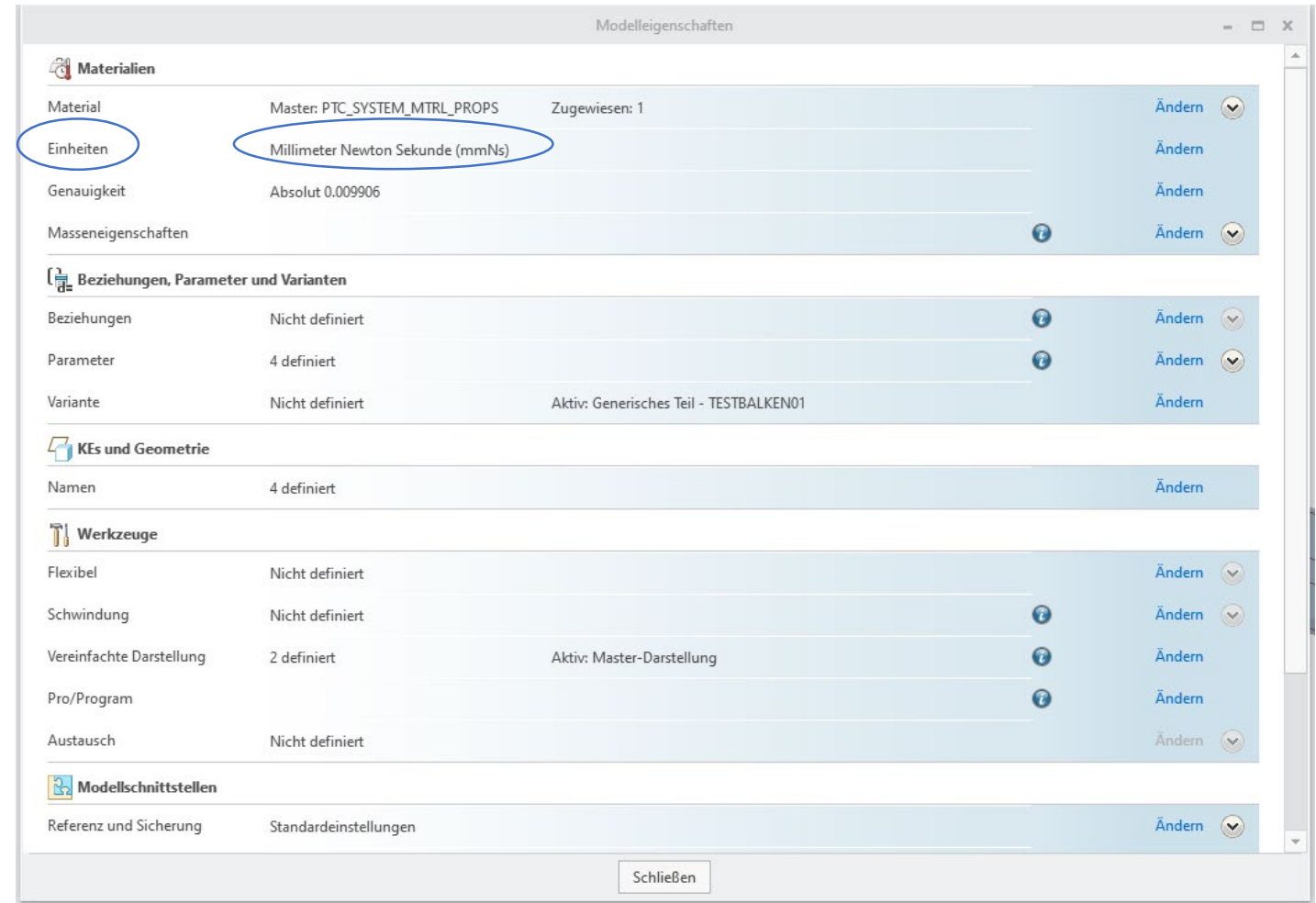
⇒ Datei / Sitzung verwalten /
Arbeitsverzeichnis auswählen

⇒ Übungsordner anlegen

- **Einheiten einstellen:**

⇒ Datei / Vorbereiten /
Modelleigenschaften /
Einheiten

⇒ Immer auf „mmNs“ einstellen !



Bitte zu Beginn jeder CAD-Sitzung
Voreinstellungen durchführen!

- **Material zuweisen:**

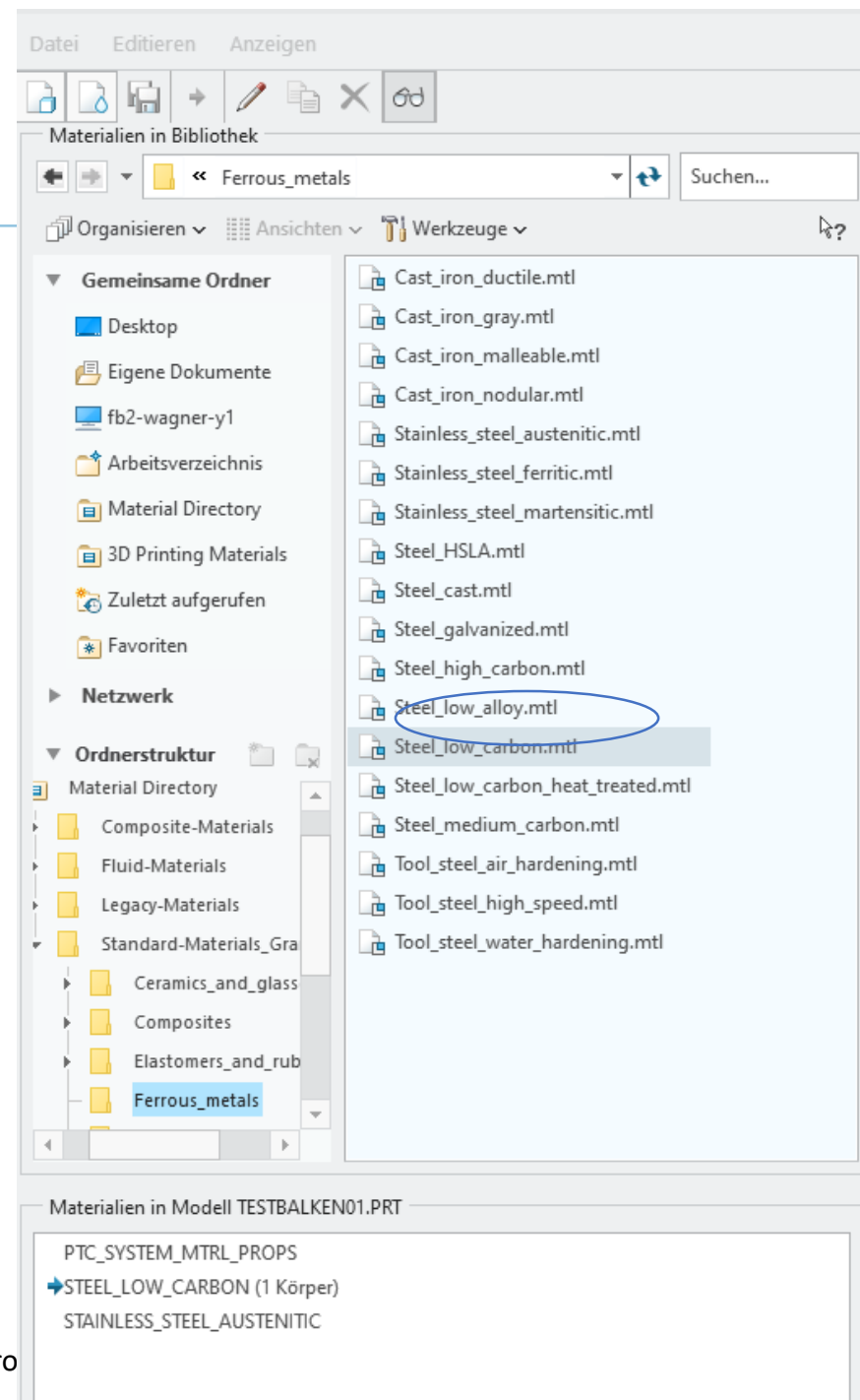
⇒ Datei / Vorbereiten /
Modelleigenschaften / Material

⇒ Standard: Baustahl

⇒ Standard Materials /
Ferrous_metalls /
Steel_low_carbon

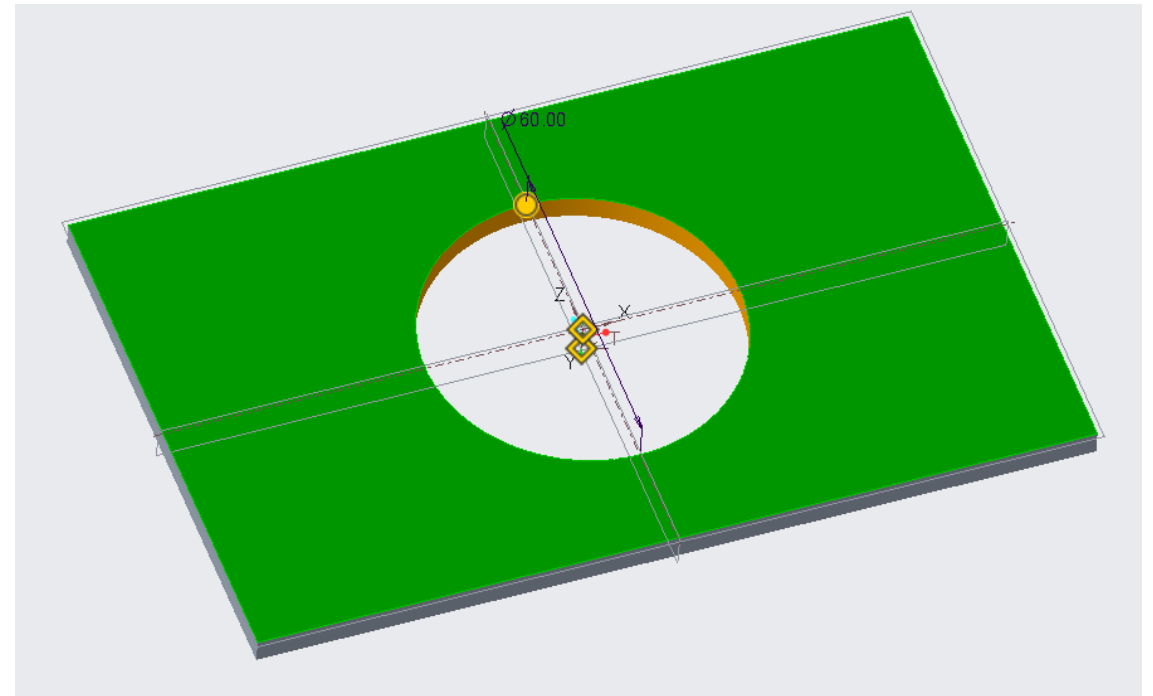
⇒ Rechte Maustaste: zu Modell
hinzufügen

Material



CAD Konstruktion des Lochblechs

- Arbeitsverzeichnis => Ordner FEM
- Neues Teil: „Lochplatte_Uebung2“
- Skizze – Querschnitt
- Bohrung
- Material zuweisen: Baustahl (C-arm)
 - Einheiten: mmNs (nur zur Kontrolle)



Symmetrische Randbedingungen

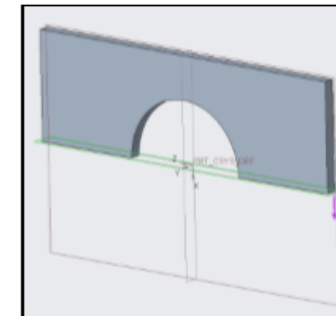
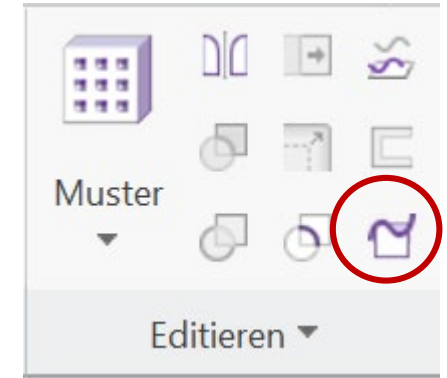
- Anzahl Elemente und CPU-Rechenzeit minimieren
- Systemaufwand reduzieren (Wegfall von Randbedingungen)

Bedingungen

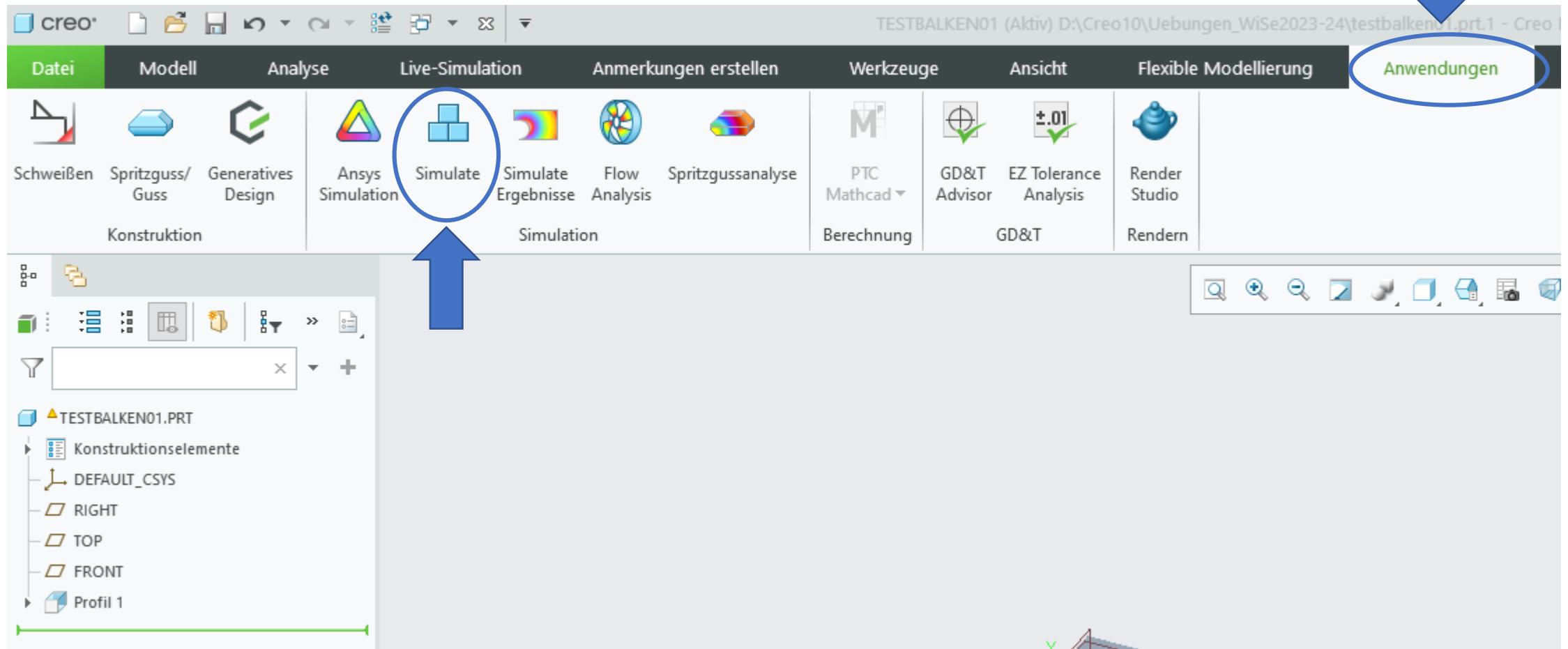
- Geometrie muss symmetrisch sein
- Randbedingungen müssen symmetrisch sein

Vorgehen in Creo Part

- Anwählen einer Ebene, die Symmetrieebene ist
- Verbundvolumen
- die zu entfernende Hälfte wählen
=> Ein Viertel für Berechnung verwenden!



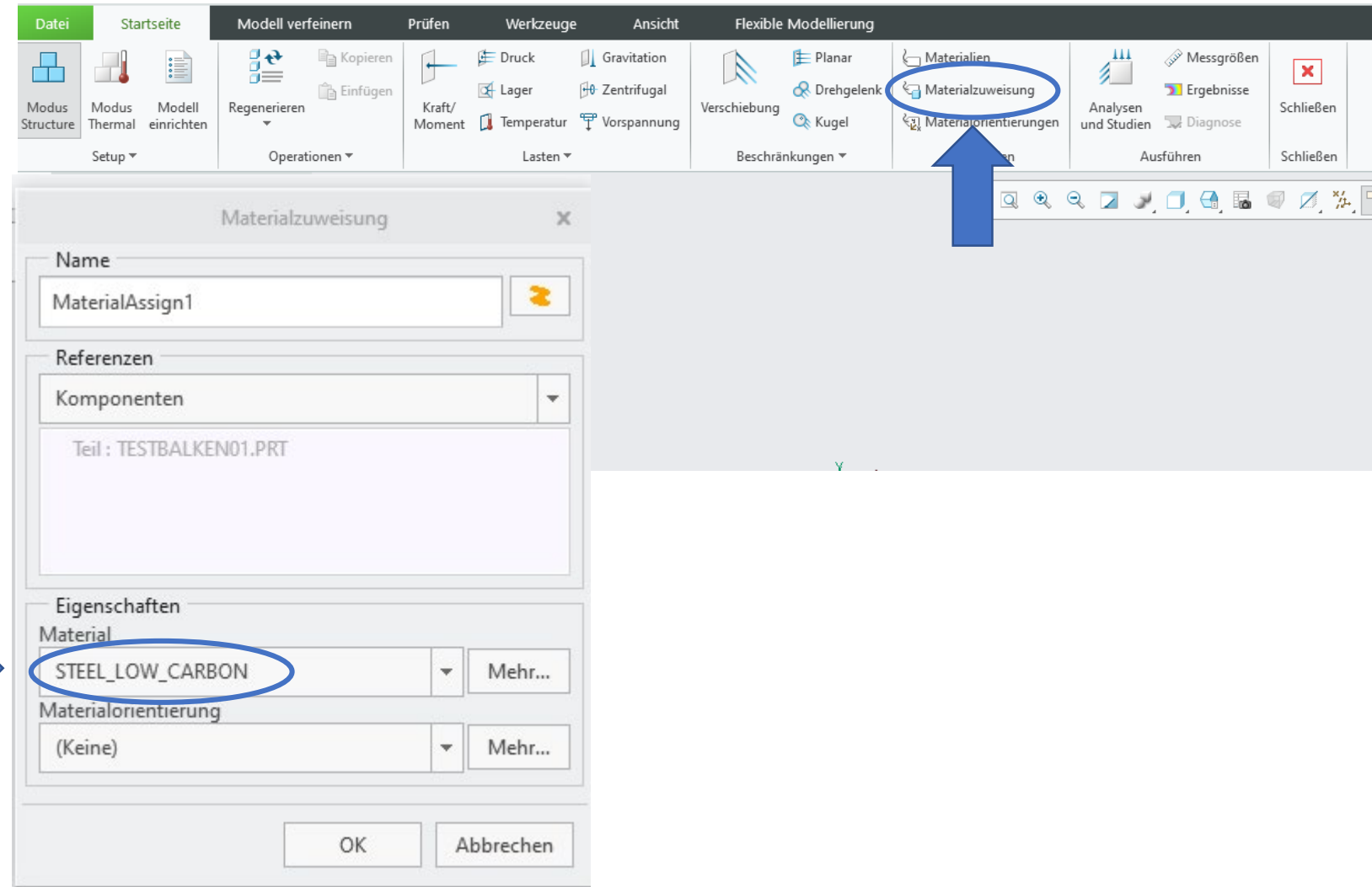
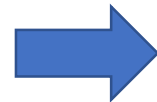
=> Creo Simulate aufrufen



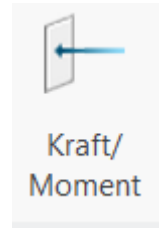
Materialdefinition in Creo Simulate

Das Material muss immer zunächst in die Sitzung geladen werden, bevor es verwendet werden kann (siehe Folie 7)

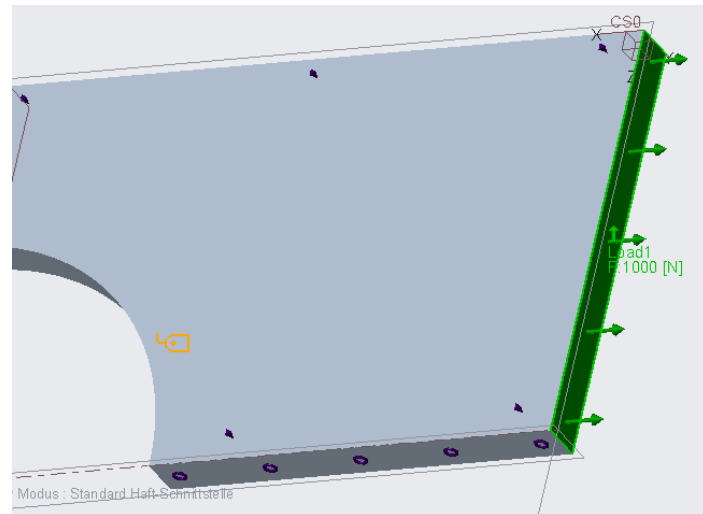
- Materialzuweisung
- Neues Fenster öffnet sich
- Material auswählen:
hier: steel_low_carbon



Last: Kraft auf Fläche



- Kraft/Moment anwählen
- Fläche: vordere breite Fläche anwählen
- Kraft eingeben: $F_z = 1000 \text{ N}$



Name
Load1

Mitglied des Satzes
LoadSet1

Referenzen
Flächen

Flächen : ☒ Einzel ☐ Berandung ☐ Absicht

Fläche

Flächensätze...

Eigenschaften
Koordinatensystem: ☒ Welt ☐ Ausgewählt

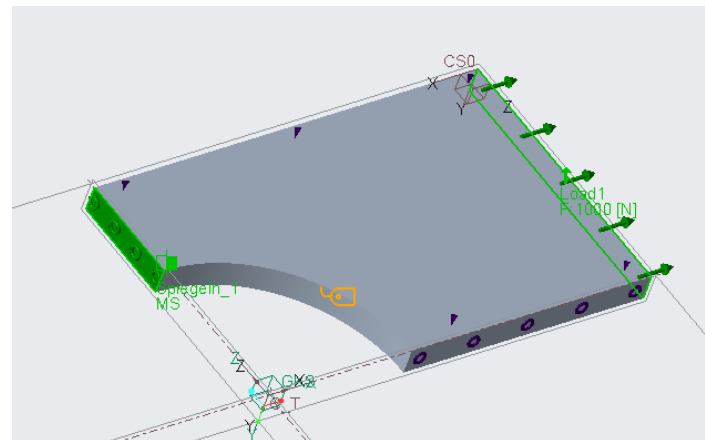
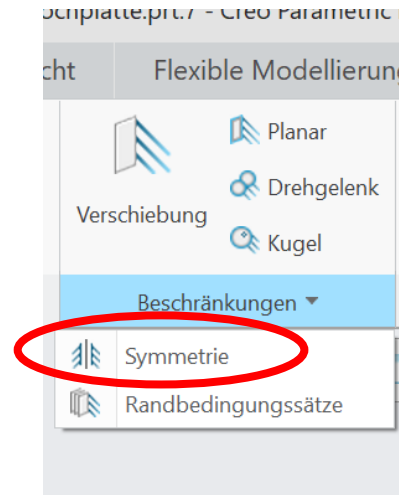
 GKS Erweite...

Kraft		Moment	
Komponenten		Komponenten	
X	0	X	0
Y	0	Y	0
Z	1000	Z	0
N		mm N	

Vorschau OK Abbr...

Randbedingung: Symmetrie

- Beschränkungen / Symmetrie
- Name: Spiegeln_1
- Flächen wählen
- Für zweite Fläche wiederholen



Symmetrie-Randbedingung ✕

Name
Spiegeln_1

Mitglied des Satzes
Spiegeln ▼ Neu...

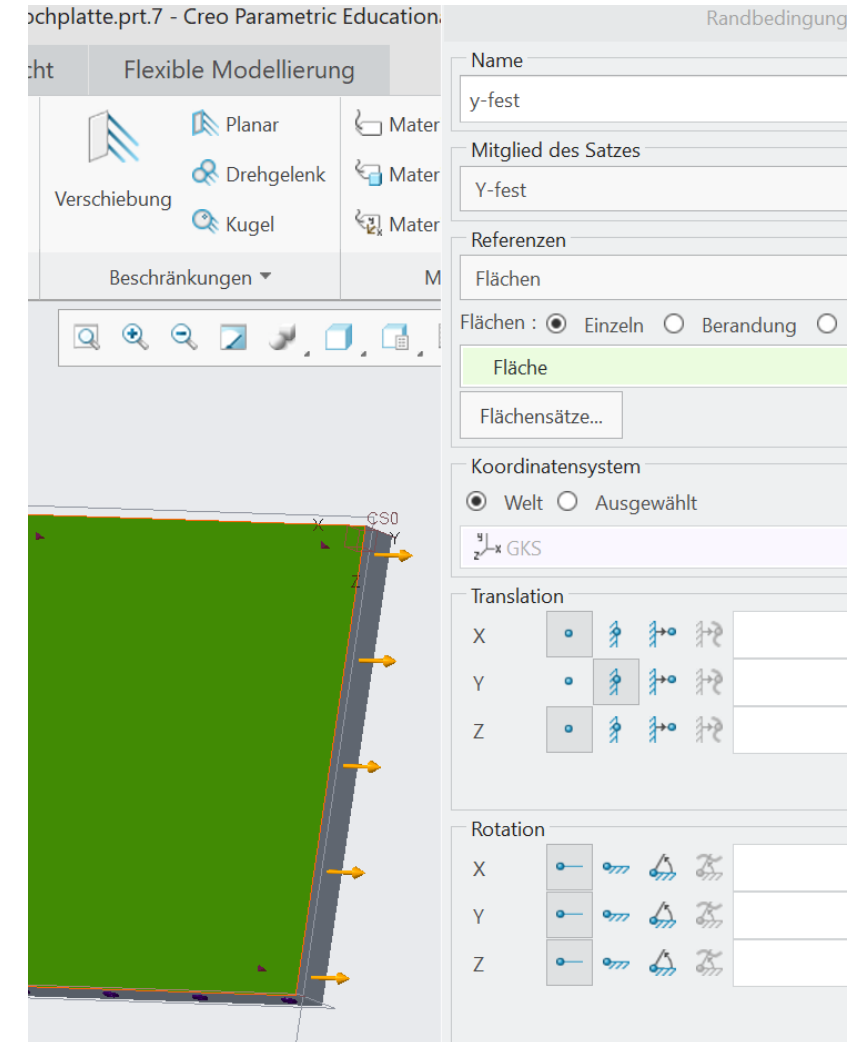
Typ
Spiegeln ▼

Referenzen
Punkte, Kanten, Kurven, Flächen
Fläche

OK Abbrechen

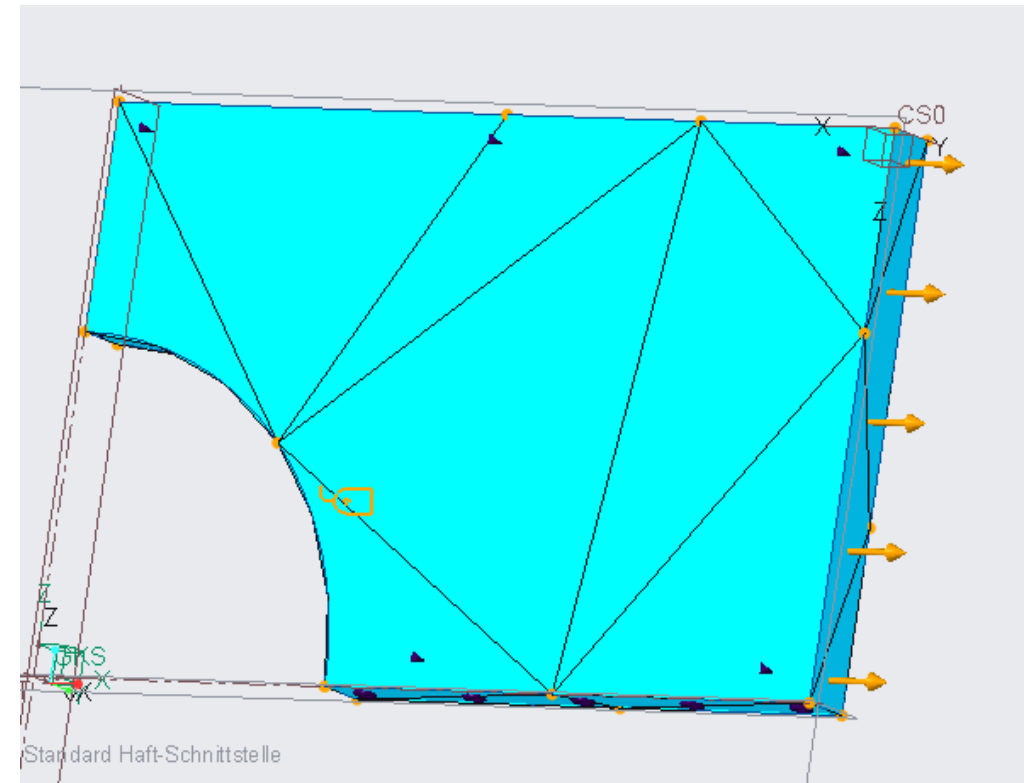
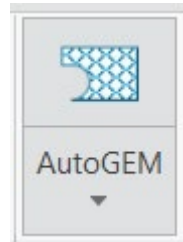
Bewegung in Y-Richtung sperren

- zur vollständigen Definition muss die Bewegung in Y-Richtung gesperrt werden
- Fläche anwählen
- Translation für Y sperren (fest)



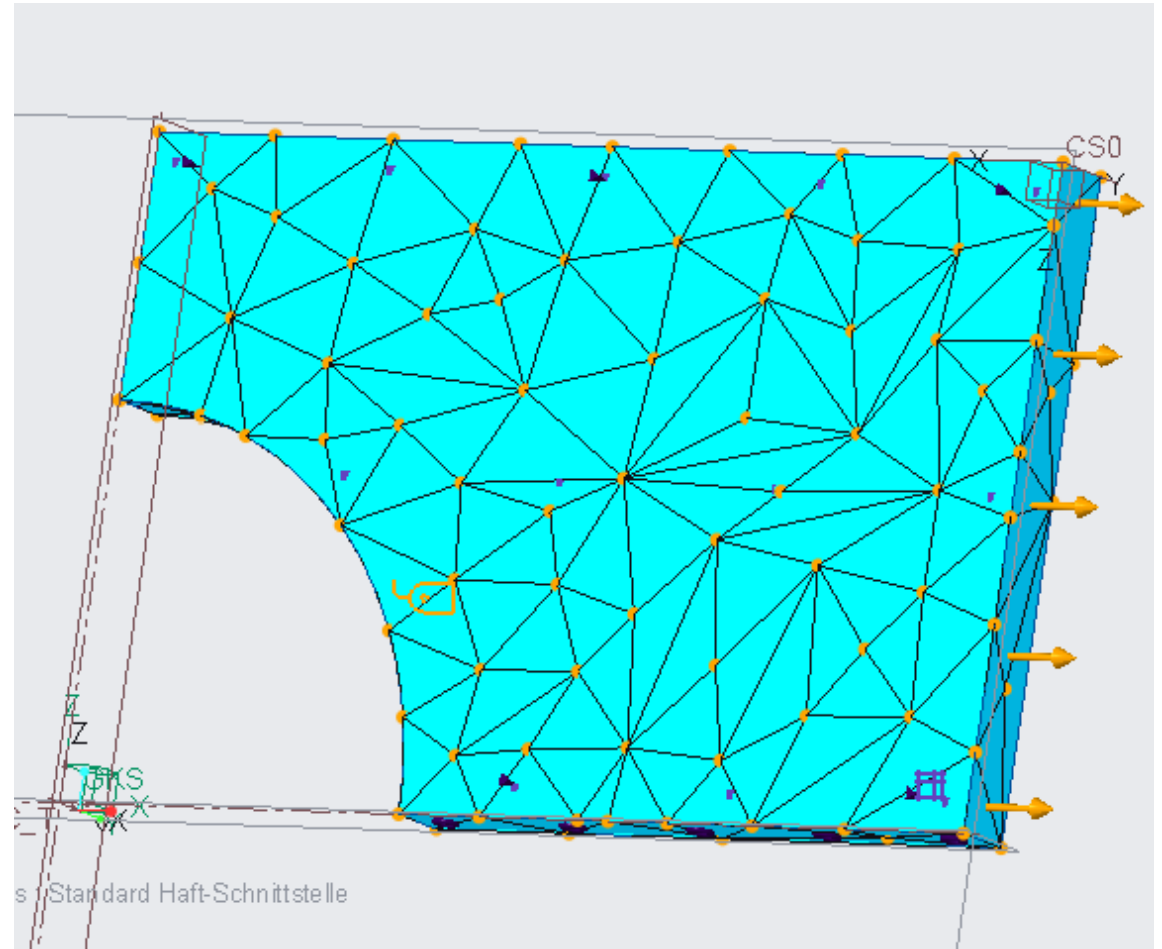
Netz generieren (probeweise)

- AutoGEM
 - Alle mit Eigenschaften
 - Erzeugen
- Netz begutachten
 - Anzahl Elemente
 - Anzahl Knoten
 - Kantenwinkel
 - Etc.

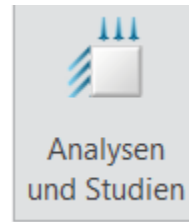


Netz / Einstellungen

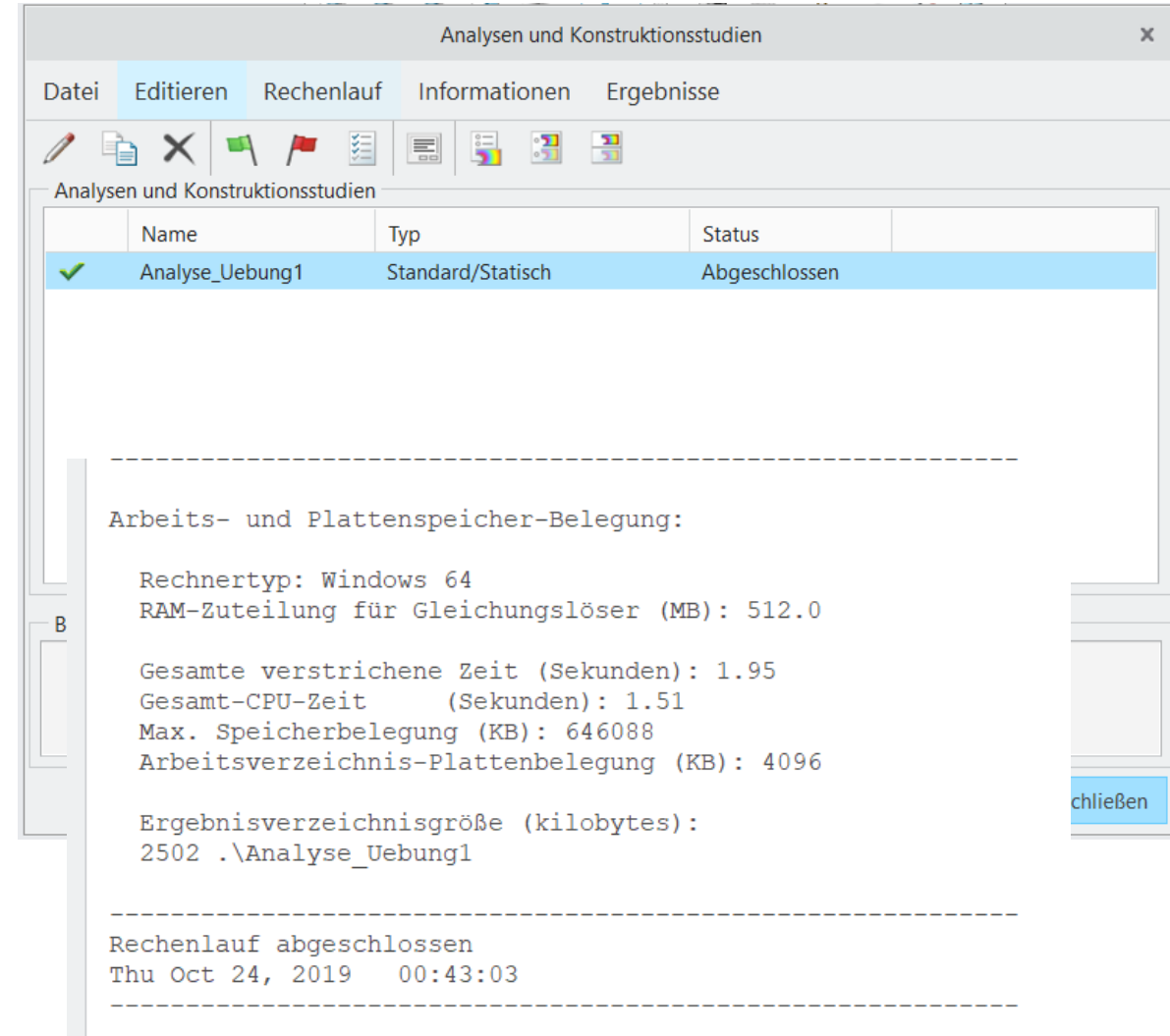
- AutoGEM / Einstellungen
 - Z.B. Element-Typen (Keile, etc.)
 - Grenzwerte, Winkel, ...
- AutoGEM / Elementgröße
 - Auf Fläche (Referenz)
 - Anzahl eingeben (Bsp. 10 mm)



Statische Analyse



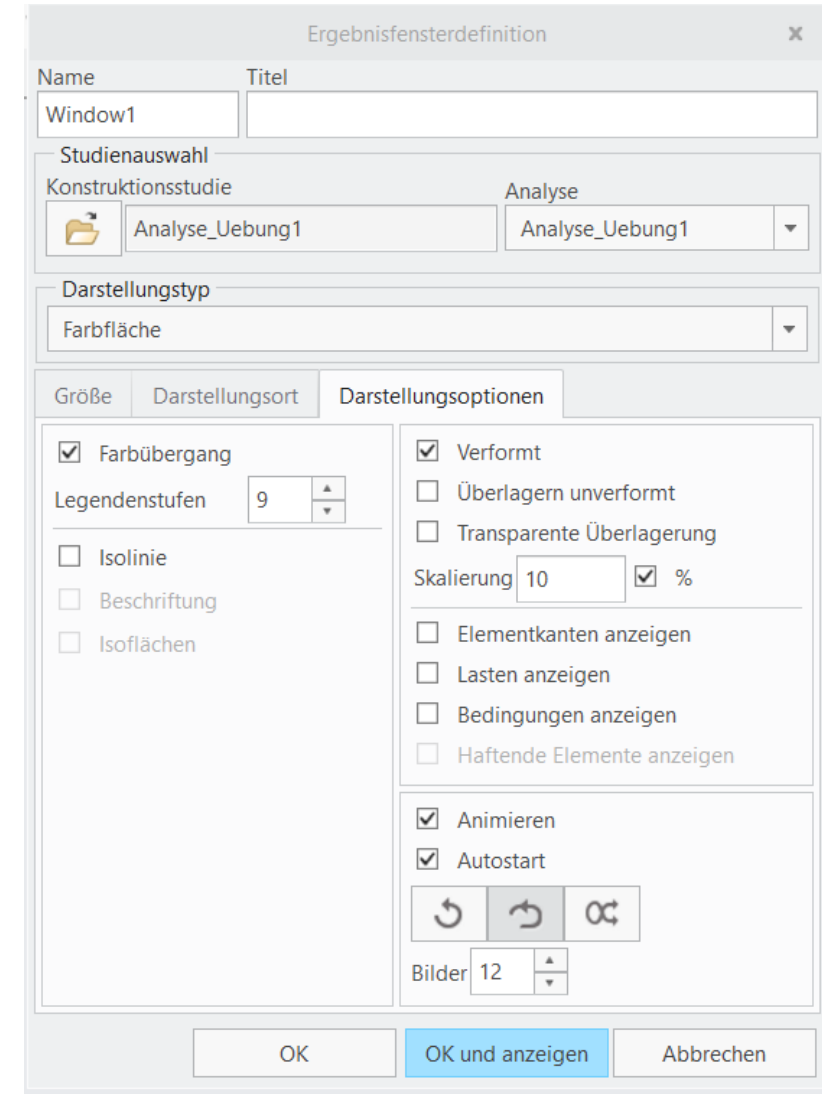
- Startseite / Analysen und Studien
- Datei / Neue Statische Analyse
- Name: „Analyse_Uebung2“
(Adaptive-Einschritt-Konvergenz)
- Analyse starten
- Studienstatus anzeigen



Ergebnisse einer Studie öffnen



- Studie auswählen und anzeigen
- Größe: Spannung, von Mises
- Darstellungsoptionen:
 - Farbübergang
 - Verformt
 - Animieren



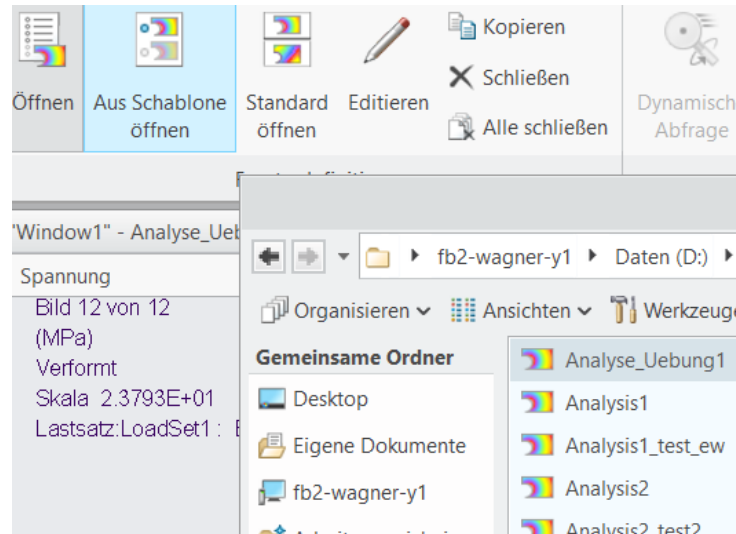
The screenshot shows the 'Ergebnisfensterdefinition' (Result Window Definition) dialog box. It has a title bar with a close button. The dialog is divided into several sections:

- Name:** 'Window1' (text field), **Titel:** (empty text field).
- Studienauswahl:** A section with two dropdown menus. The first is labeled 'Konstruktionsstudie' and has a folder icon next to 'Analyse_Uebung1'. The second is labeled 'Analyse' and also has 'Analyse_Uebung1' selected.
- Darstellungstyp:** A dropdown menu with 'Farbfläche' selected.
- Größe:** A tab with 'Farbübergang' checked. Below it, 'Legendenstufen' is set to '9' with up/down arrows. There are also unchecked options for 'Isolinie', 'Beschriftung', and 'Isoflächen'.
- Darstellungsort:** A tab.
- Darstellungsoptionen:** A section with multiple checkboxes:
 - ☒ Verformt
 - ☐ Überlagern unverformt
 - ☐ Transparente Überlagerung
 - Skalierung: '10' with a '%' checkbox checked.
 - ☐ Elementkanten anzeigen
 - ☐ Lasten anzeigen
 - ☐ Bedingungen anzeigen
 - ☐ Haftende Elemente anzeigen
- Animation:** A section with two checked checkboxes: 'Animieren' and 'Autostart'. Below them are three buttons: a circular arrow (refresh), a double circular arrow (animate), and a play button. At the bottom of this section, 'Bilder' is set to '12' with up/down arrows.

At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'OK und anzeigen' (highlighted in blue), and 'Abbrechen'.

Öffnen „Analyse_Uebung2“

- Darstellungstyp: Graph
- Von Mises
- Koordinate
- Entlang Kurve/Bohrung



Ergebnisfensterdefinition

Name	Titel
Window2	

Studienauswahl
Konstruktionsstudie

Analyse	Analyse_Ue
Analyse_Uebung1	Analyse_Ue

Darstellungstyp
Graph

Größe Darstellungsort Darstellungsoptionen

(Vertikale) Ordinatenachse darstellen

Spannung	MPa
Spannung	MPa

Komponente
von Mises

(Horizontale) Abszissenachse grafisch darstellen

Relativ zu
Koordinate

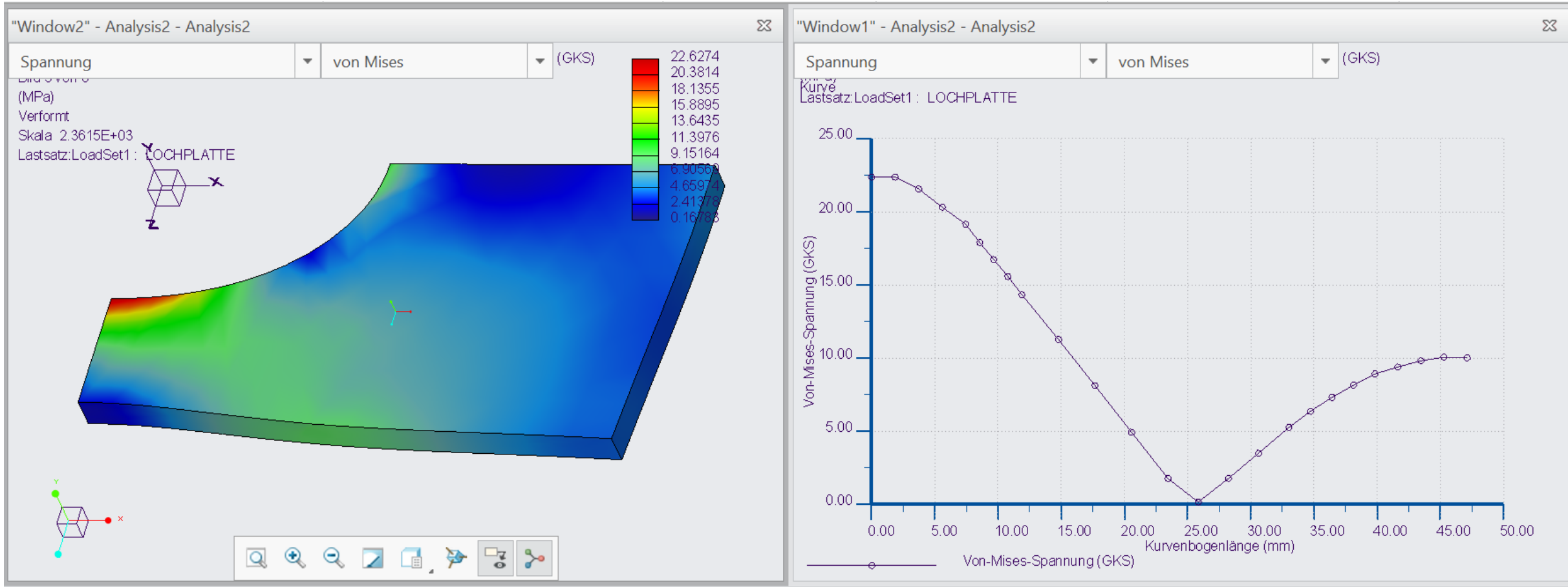
Komponente
Z

Ort des Graphen
Kurve

Nicht definiert

OK

Analyse der maximalen Spannung



Weitere Aufgaben:

- Netz verfeinern (Elemente-Größe, max. 10 mm)
- Vergleich von
 - Anzahl Elementen und Knoten
 - Polynomgrad
 - CPU-Zeit
- Durchmesser Bohrung variieren (60/70/80/90)
- Für jede Rechnung maximale Spannung notieren
- Diagramm $\sigma_v = f(d)$ erstellen

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.