

Studiengang Mechatronik

Modul 16:

FEM – Finite Elemente Methode

- 1. Übung -

Prof. Dr. Enno Wagner

30. Oktober 2024

Übersicht

- Balkenbiegung
 - Konstruktion
 - Simulation
 - Interpretation

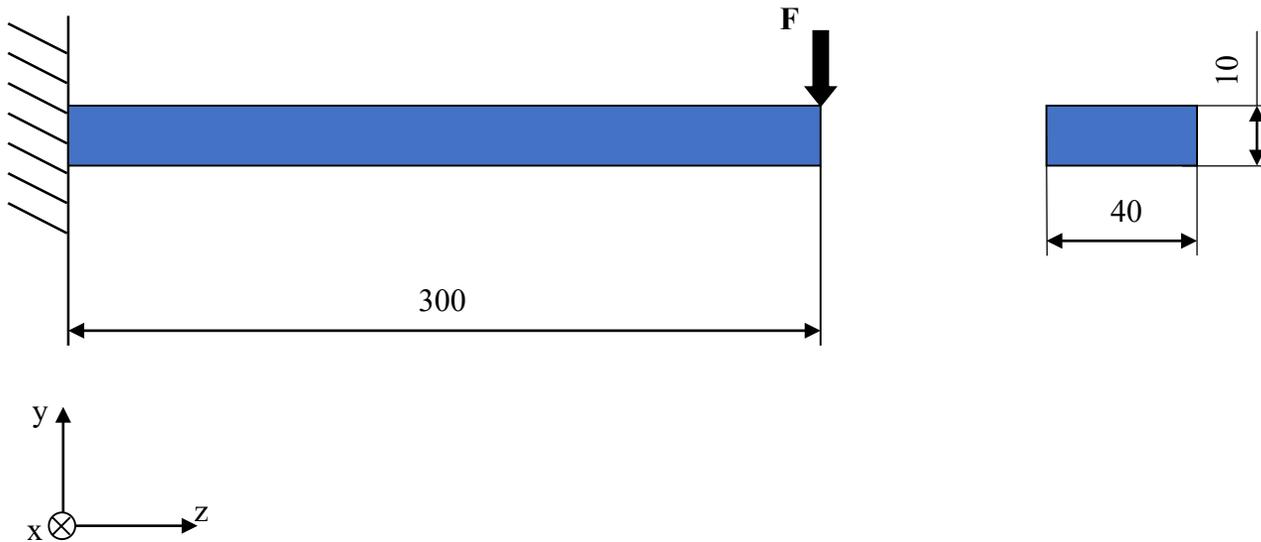
Von Mises Vergleichsspannung

- Aus einem realen mehrachsigen Spannungszustand (Normalspannung, Tangentialspannung, Wechselbelastung ...) wird über eine mathematische Berechnung eine hypothetisch gleichwertige einachsige Vergleichsspannung berechnet σ_V
- Die Vergleichsspannung entspricht der einachsigen Belastung aus dem Zugversuch
- Die von Mises Vergleichsspannung wird im Maschinenbau am häufigsten angewendet (zähe Werkstoffe, ruhend und wechselnde Belastung, kein Stoss)
- Es muss gelten:

$$\sigma_V < \sigma_{zul}$$

Die Mises-Spannung kann vom FEM Berechnungsprogramm ausgegeben werden

Aufgabe: Balken, einseitig eingespannt



Parameter:

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$h = 10 \text{ mm}$$

$$l = 300 \text{ mm}$$

Material: S235 JR

$$E\text{-Modul: } 210000 \text{ N/mm}^2$$

Gesucht:

Vergleichsspannung $\sigma_{vm \max}$

Normalspannung $\sigma_z \max$

Verschiebung f_{\max}

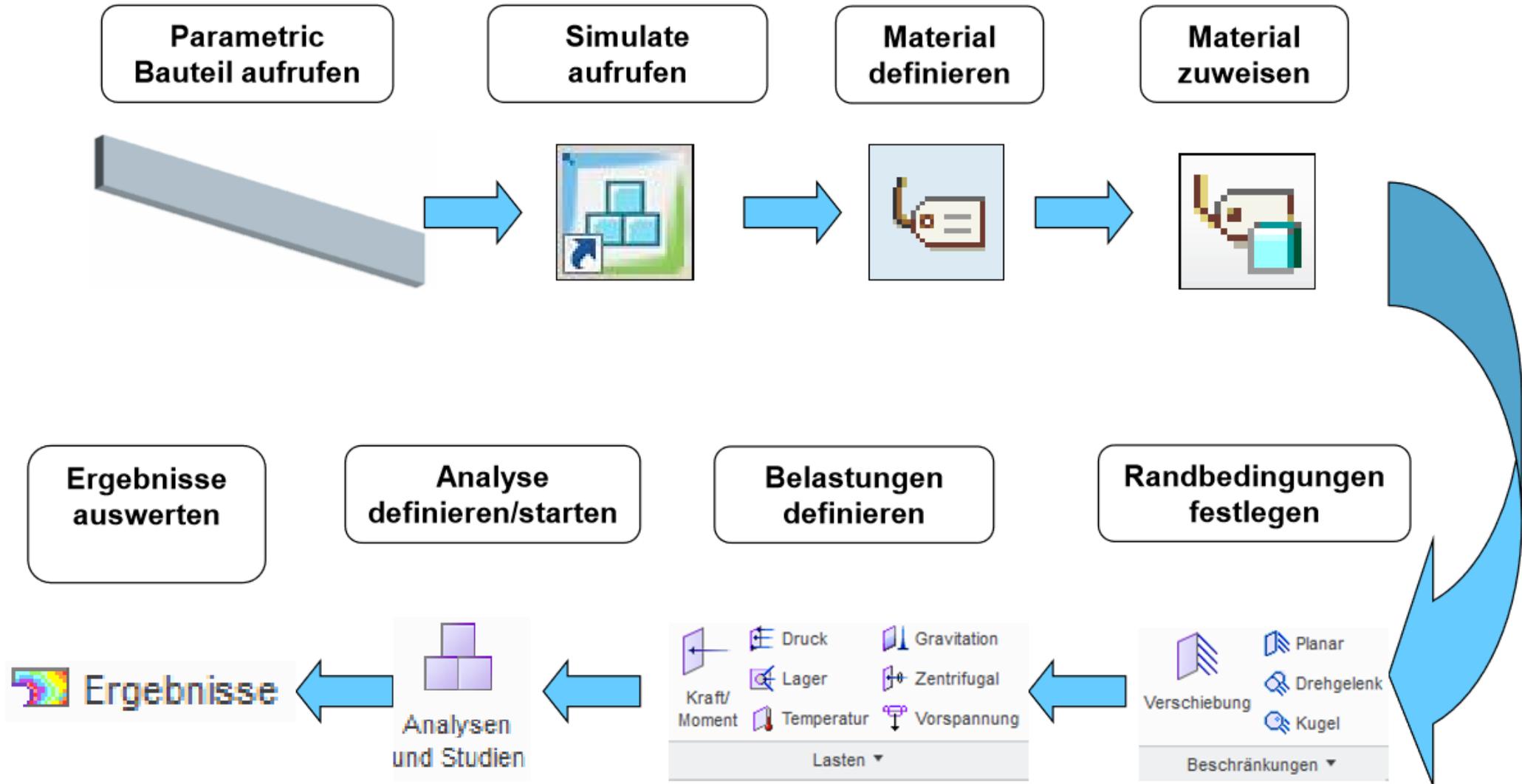
Anzahl der Elemente

CPU-Zeit

Polynomgrad

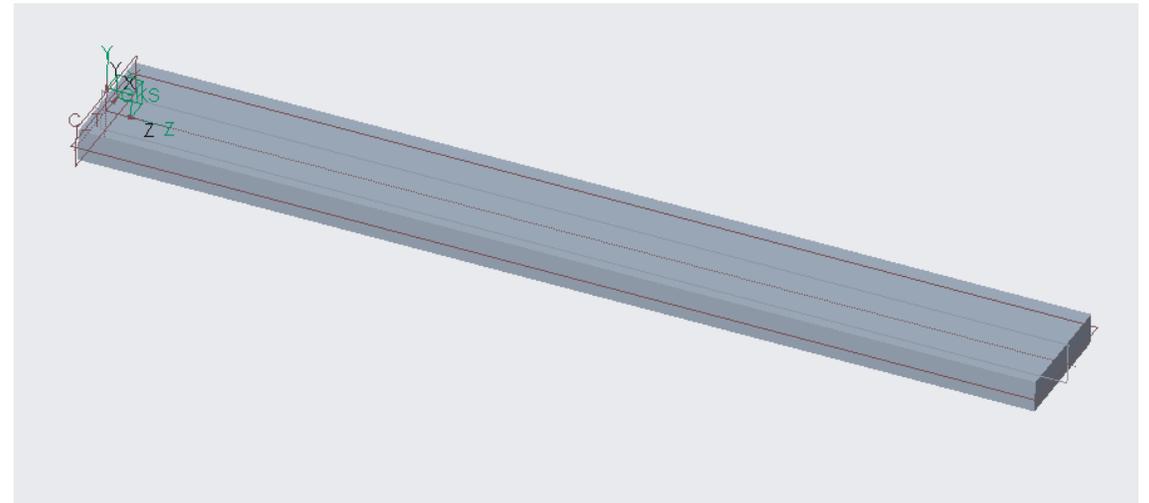
Frage:

Hält der Balken der Belastung stand?

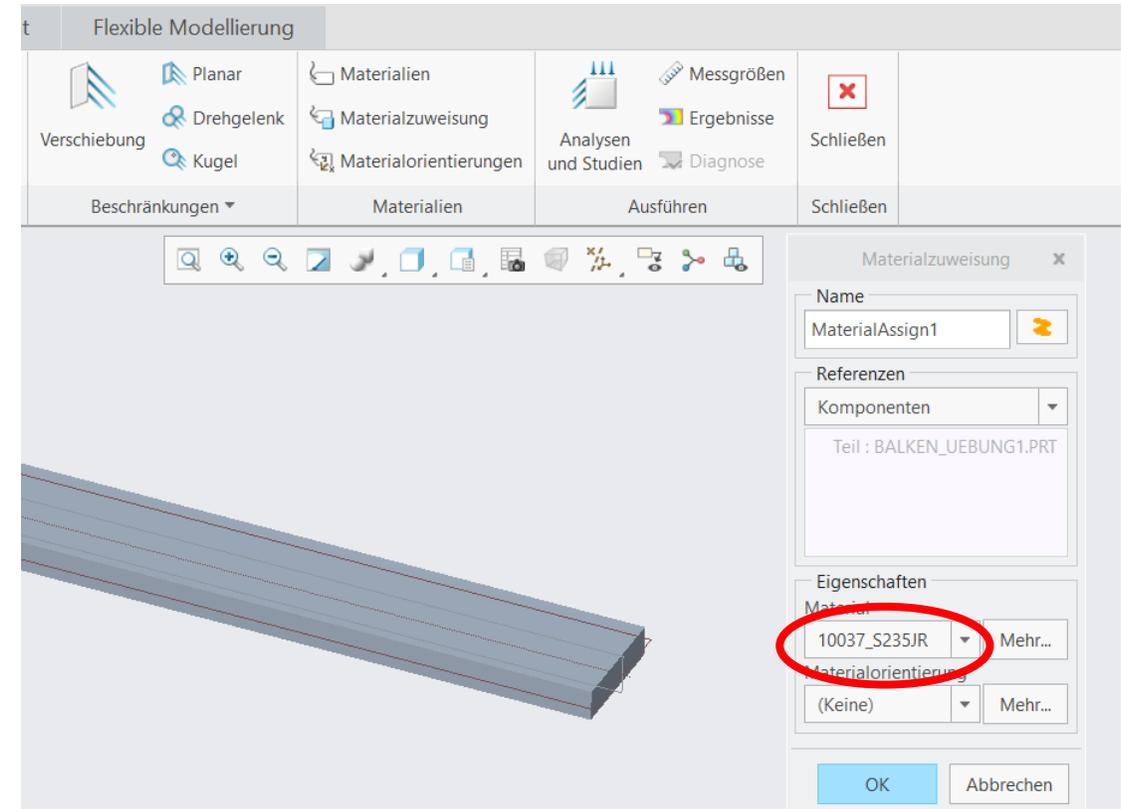


CAD Konstruktion des Balkens

- Arbeitsverzeichnis => Ordner FEM
- Neues Teil: „Balken_Uebung1“
- Skizze – Querschnitt
- Profil
- Material zuweisen
 - Datei / Vorbereiten / Modelleigenschaften
 - Material: S235 JR
 - Einheiten: N / mm s

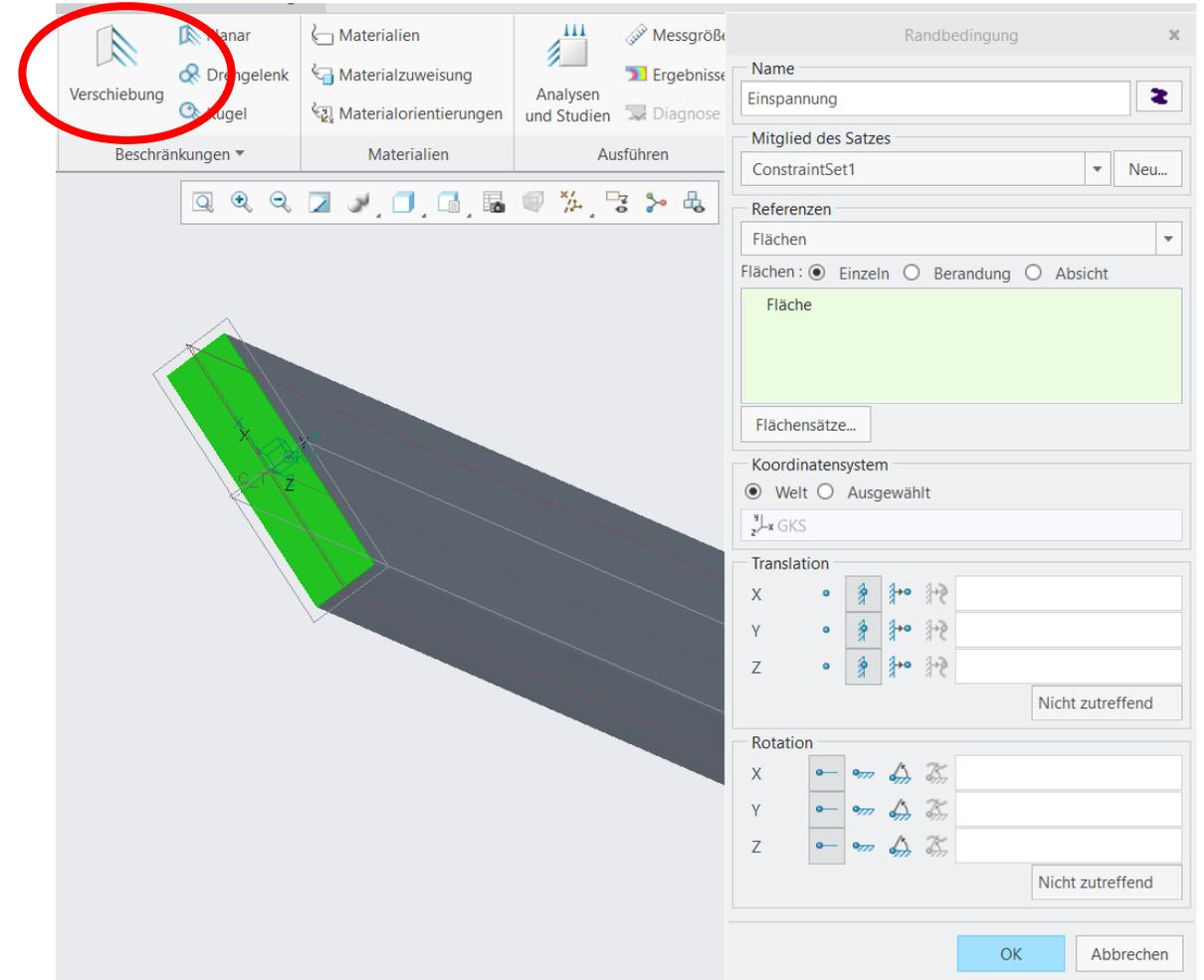
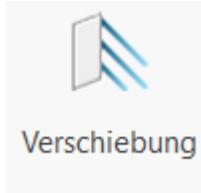


- Simulations-Tool öffnen
 - Anwendungen / Simulation
- Modus: Structure
- Materialzuweisung
 - S235JR überprüfen
 - OK



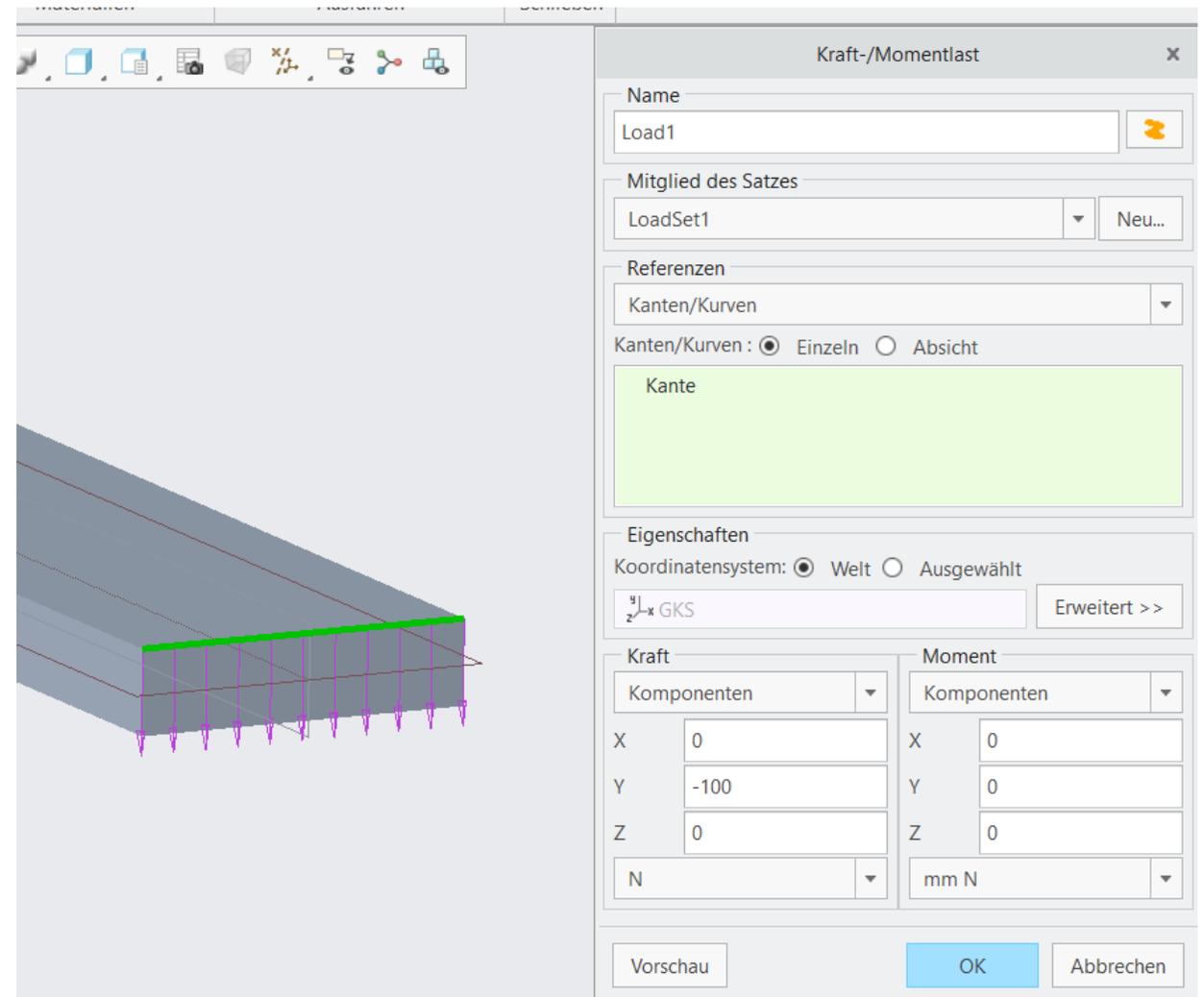
Randbedingung: feste Einspannung

- Verschiebung anwählen
- Name: Einspannung
- Fläche wählen
- Translation: sperren
- Rotation sperren



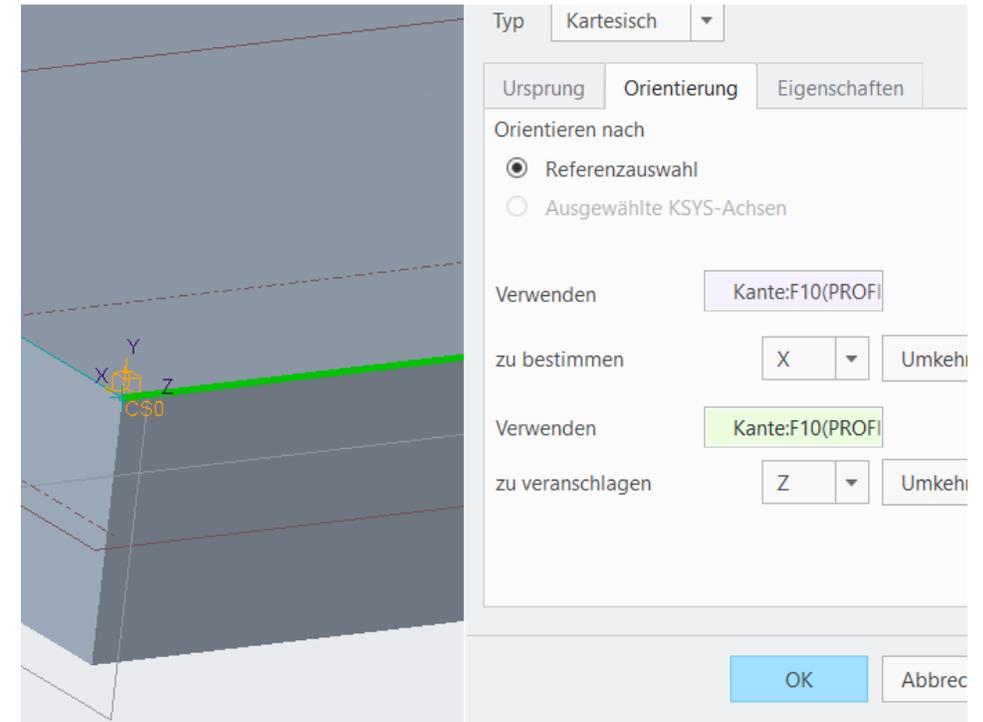
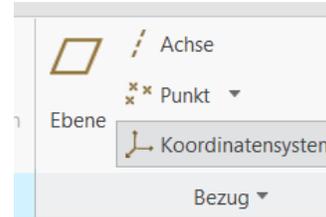
Last: Kraft auf Kante

- Kraft/Moment anwählen
- Kante/Kurve: vordere freie Kante anwählen
- Kraft eingeben: $F_y = -100 \text{ N}$



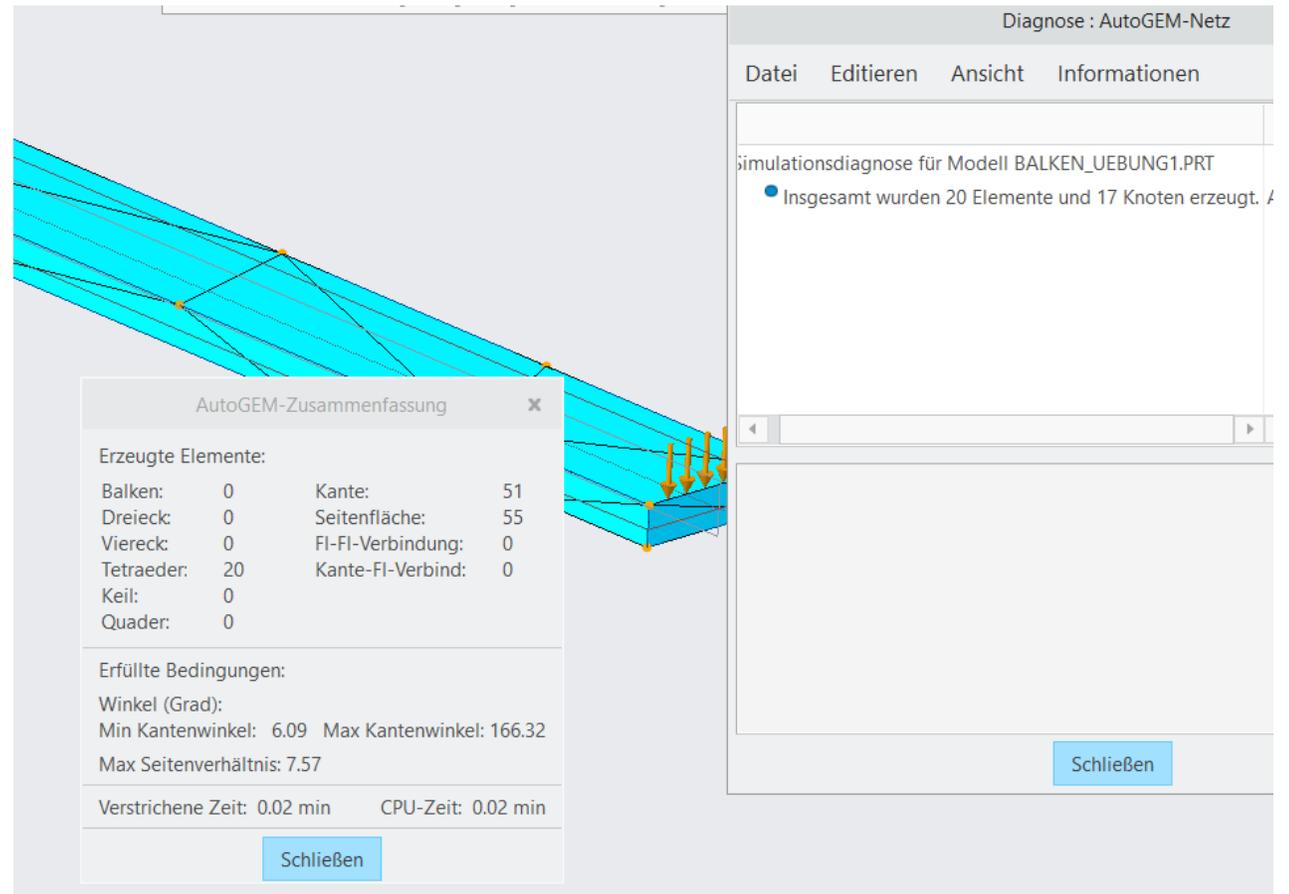
Koordinatensystem hinzufügen

- Modell verfeinern / Koordinatensystem
- Kartesisch
- Ursprung: Eckpunkt an Einspannung oben wählen
- Ausrichtung
 - X => nach hinten
 - Z => nach rechts



Netz generieren (probeweise)

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

The screenshot shows the AutoGEM software interface. On the left, a 3D model of a beam structure is shown with a cyan mesh. In the center, a dialog box titled 'AutoGEM-Zusammenfassung' displays the following data:

Erzeugte Elemente:			
Balken:	0	Kante:	51
Dreieck:	0	Seitenfläche:	55
Viereck:	0	FI-FI-Verbindung:	0
Tetraeder:	20	Kante-FI-Verbind:	0
Keil:	0		
Quader:	0		

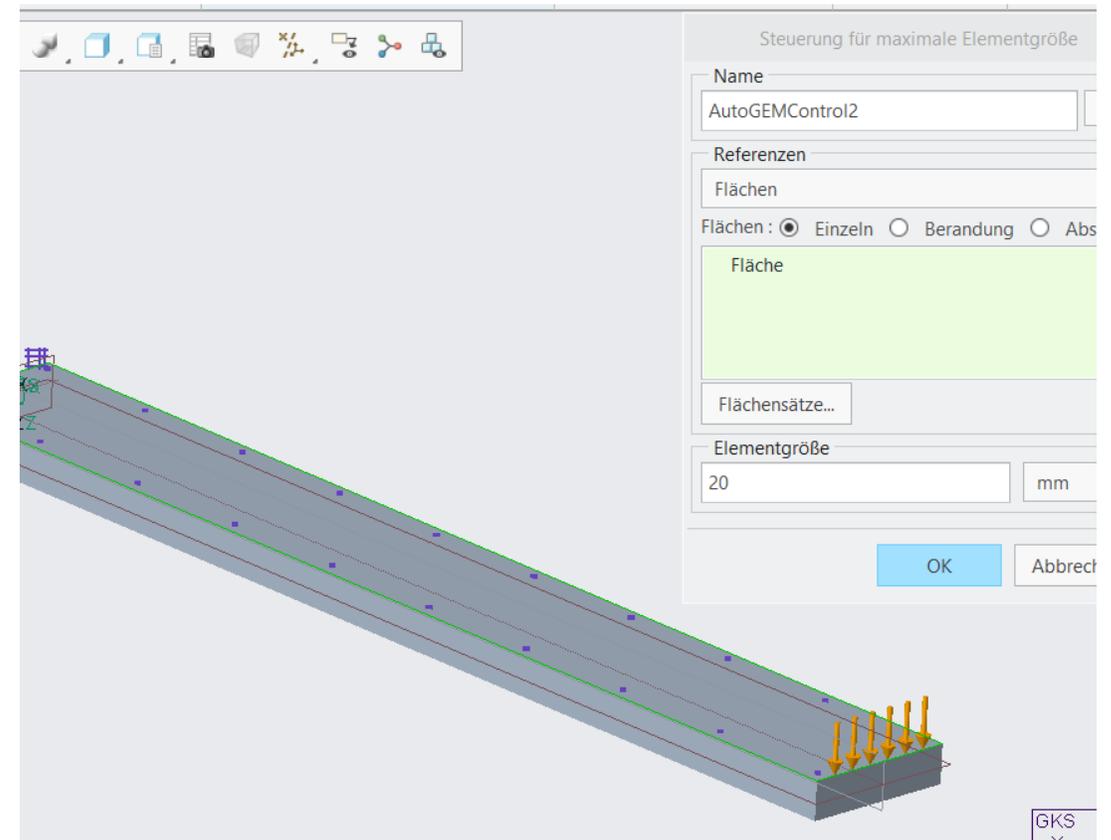
Erfüllte Bedingungen:
Winkel (Grad):
Min Kantenwinkel: 6.09 Max Kantenwinkel: 166.32
Max Seitenverhältnis: 7.57

Verstrichene Zeit: 0.02 min CPU-Zeit: 0.02 min

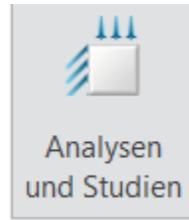
At the bottom of the dialog is a 'Schließen' button. On the right side of the software window, a 'Diagnose : AutoGEM-Netz' panel is visible, showing a summary of the simulation diagnosis for model 'BALKEN_UEBUNG1.PRT', stating: 'Insgesamt wurden 20 Elemente und 17 Knoten erzeugt.' A 'Schließen' button is also present at the bottom of this panel.

Netz / Einstellungen

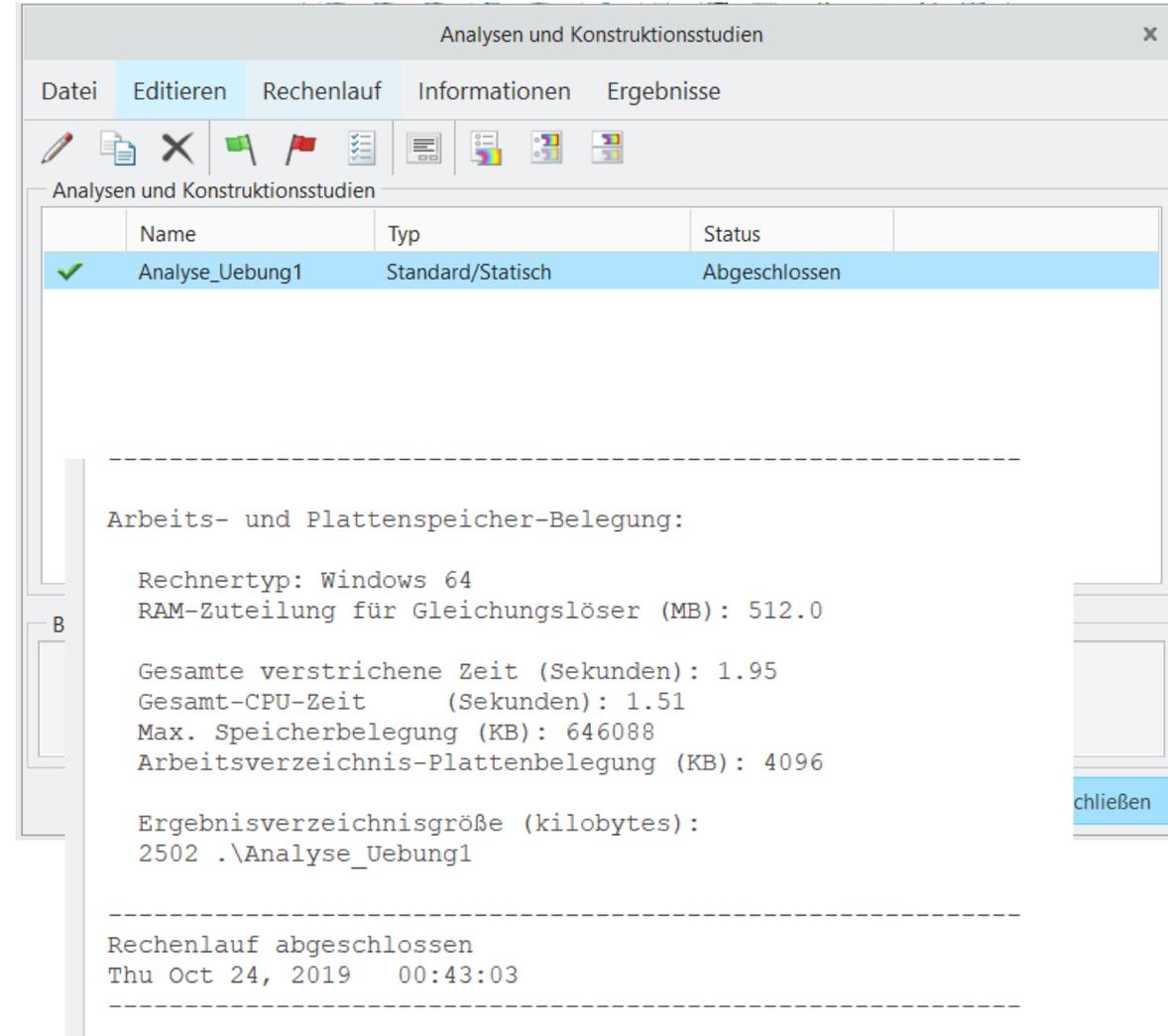
- AutoGEM / Einstellungen
 - Z.B. Element-Typen (Keile, etc.)
 - Grenzwerte, Winkel, ...
- AutoGEM / Elementgröße
 - Auf Fläche (Referenz)
 - Anzahl eingeben (Bsp. 20 mm)



Statische Analyse



- Startseite / Analysen und Studien
- Datei / Neue Statische Analyse
- Name: „Analyse_Uebung1“
(Adaptive-Einschritt-Konvergenz)
- Analyse starten
- Studienstatus anzeigen



Analysen und Konstruktionsstudien

Datei Editieren Rechenlauf Informationen Ergebnisse

Name	Typ	Status
✓ Analyse_Uebung1	Standard/Statisch	Abgeschlossen

Arbeits- und Plattenspeicher-Belegung:

Rechnertyp: Windows 64
RAM-Zuteilung für Gleichungslöser (MB): 512.0

Gesamte verstrichene Zeit (Sekunden): 1.95
Gesamt-CPU-Zeit (Sekunden): 1.51
Max. Speicherbelegung (KB): 646088
Arbeitsverzeichnis-Plattenbelegung (KB): 4096

Ergebnisverzeichnisgröße (kilobytes):
2502 .\Analyse_Uebung1

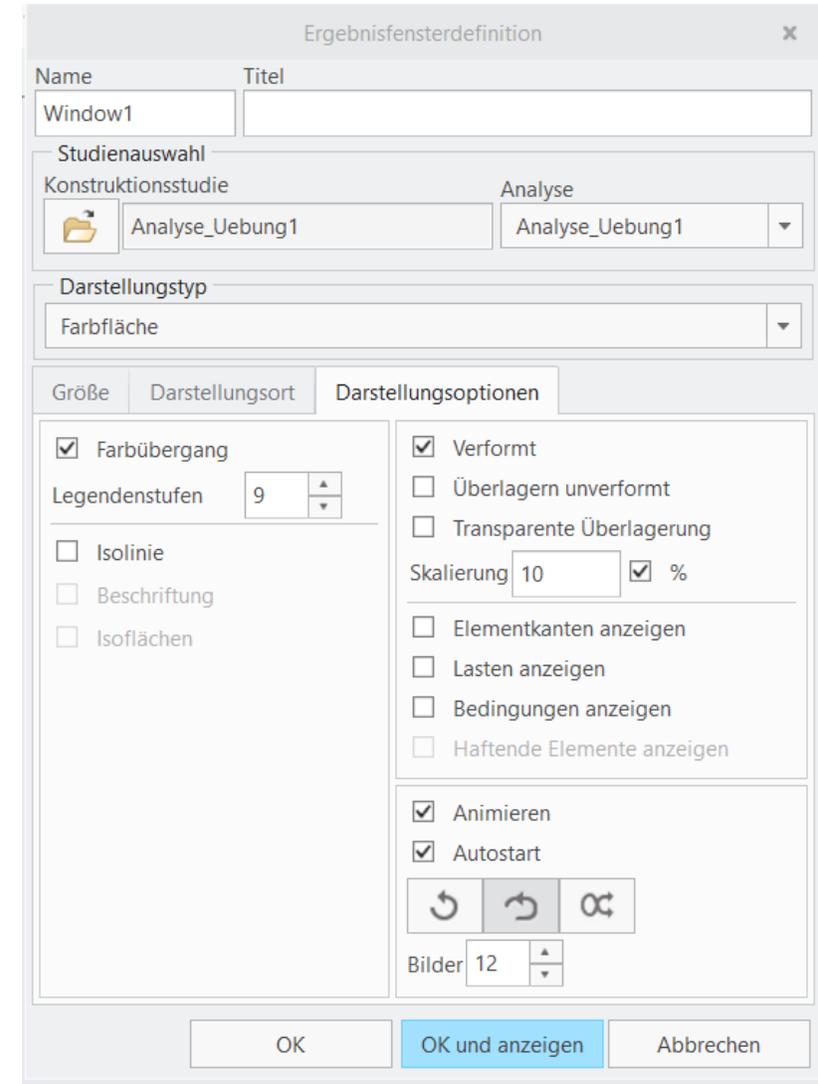
Rechenlauf abgeschlossen
Thu Oct 24, 2019 00:43:03

chließen

Ergebnisse einer Studie öffnen



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



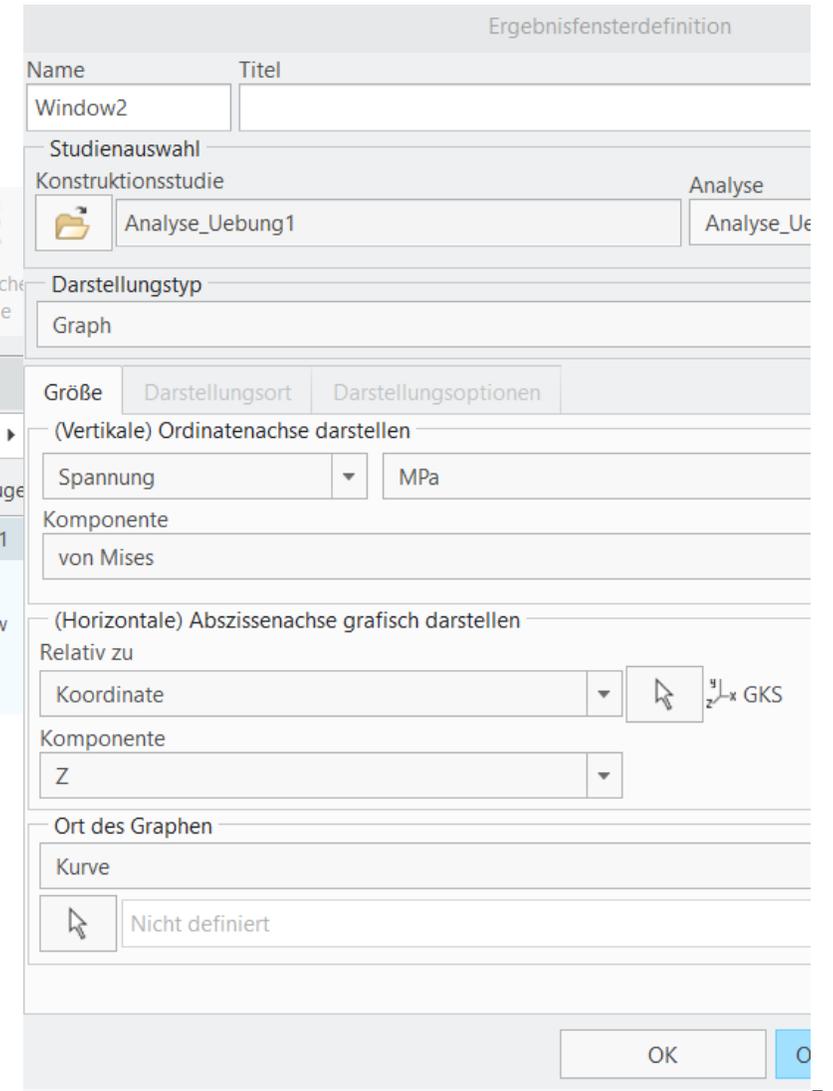
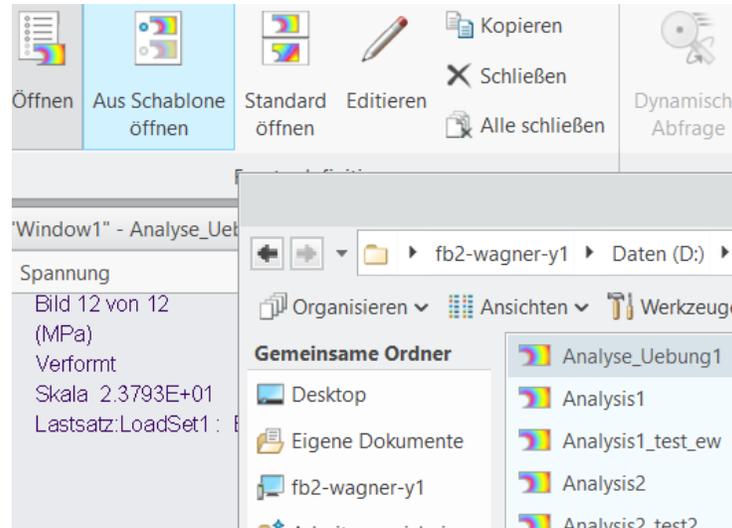
The screenshot shows the 'Ergebnisfensterdefinition' dialog box. It has a title bar with a close button. The main area is divided into several sections:

- Name**: Window1
- Titel**: (empty)
- Studienauswahl**:
 - Konstruktionsstudie**: Analyse_Uebung1
 - Analyse**: Analyse_Uebung1
- Darstellungstyp**: Farbfläche
- Größe**: (empty)
- Darstellungsort**: (empty)
- Darstellungsoptionen**:
 - Farbübergang
 - Legendenstufen: 9
 - Isolinie
 - Beschriftung
 - Isoflächen
 - Verformt
 - Überlagern unverformt
 - Transparente Überlagerung
 - Skalierung: 10 %
 - Elementkanten anzeigen
 - Lasten anzeigen
 - Bedingungen anzeigen
 - Haftende Elemente anzeigen
 - Animieren
 - Autostart
 - Buttons: Refresh, Previous, Next
 - Bilder: 12

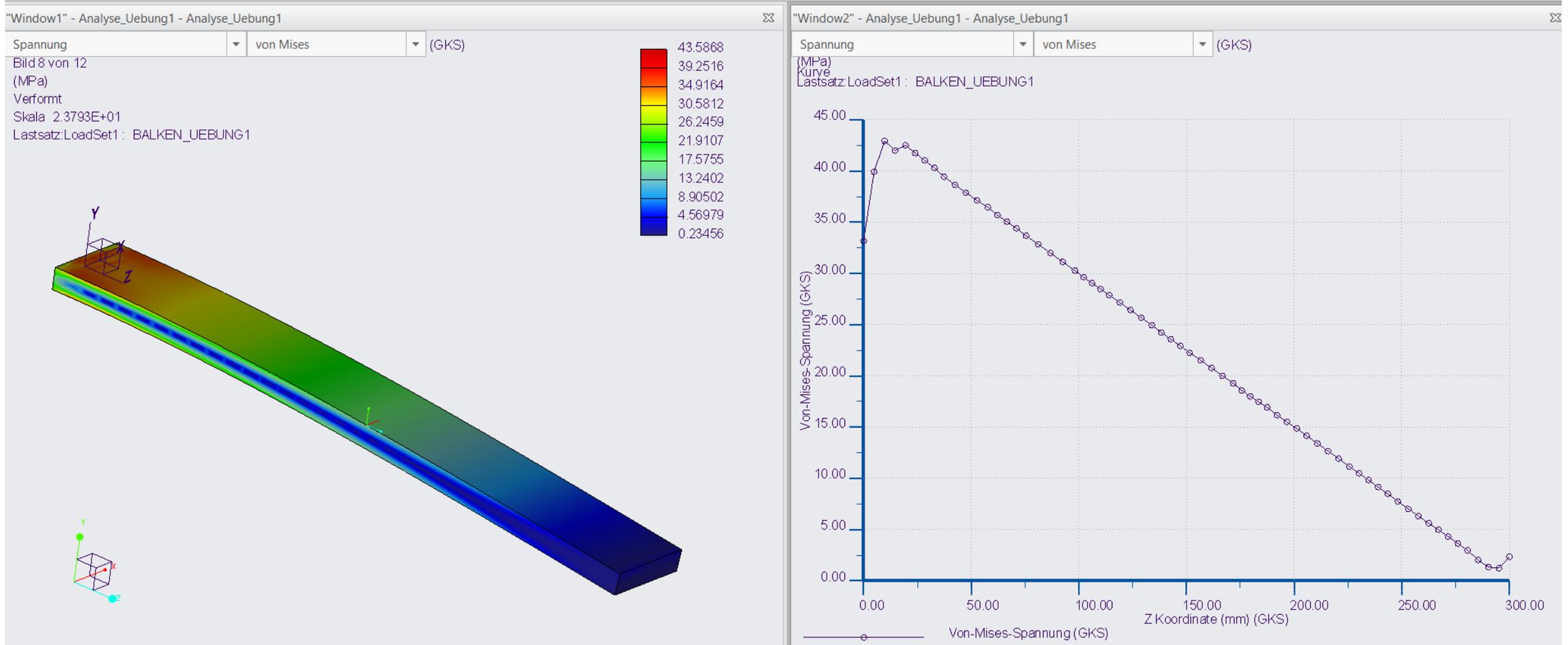
At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'OK und anzeigen' (highlighted in blue), and 'Abbrechen'.

Öffnen „Analyse_Uebung1“

- Darstellungstyp: Graph
- Von Mises
- Koordinate
- Z-Komponente



Analyse der maximalen Spannung



Zusatzaufgabe:

- Netz verfeinern (Elemente-Größe, max. 20 mm)
- Vergleich von
 - Anzahl Elementen und Knoten
 - Polynomgrad
 - CPU-Zeit

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, das in der Vorlesung bekannt gegeben wird.