

BÁLINT PUDLEINER
dipl. Masch. 'ing. M.Sc.

Nichtlineare mechanische Untersuchungen

Inhaltsverzeichnis

- Theorie
- Anwendungsbeispiele
- Projekte bei der Firma Ganz (R&D)
 - Transformatorgehäuse
 - Lagergehäuse
 - Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor)

Theorie – Bewegungsgleichung

linear



$$m\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}$$

nichtlinear



$$m\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, t)$$

Im nichtlinearen Fall enthält die Bewegungsgleichung also mehr Faktoren, was es ermöglicht, komplexe, nichtlineare Verhaltensweisen zu beschreiben.

Theorie – Geometrische Nichtlinearität

linear

➤ infinitesimaler Deformationstensor



$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} \right)$$

nichtlinear

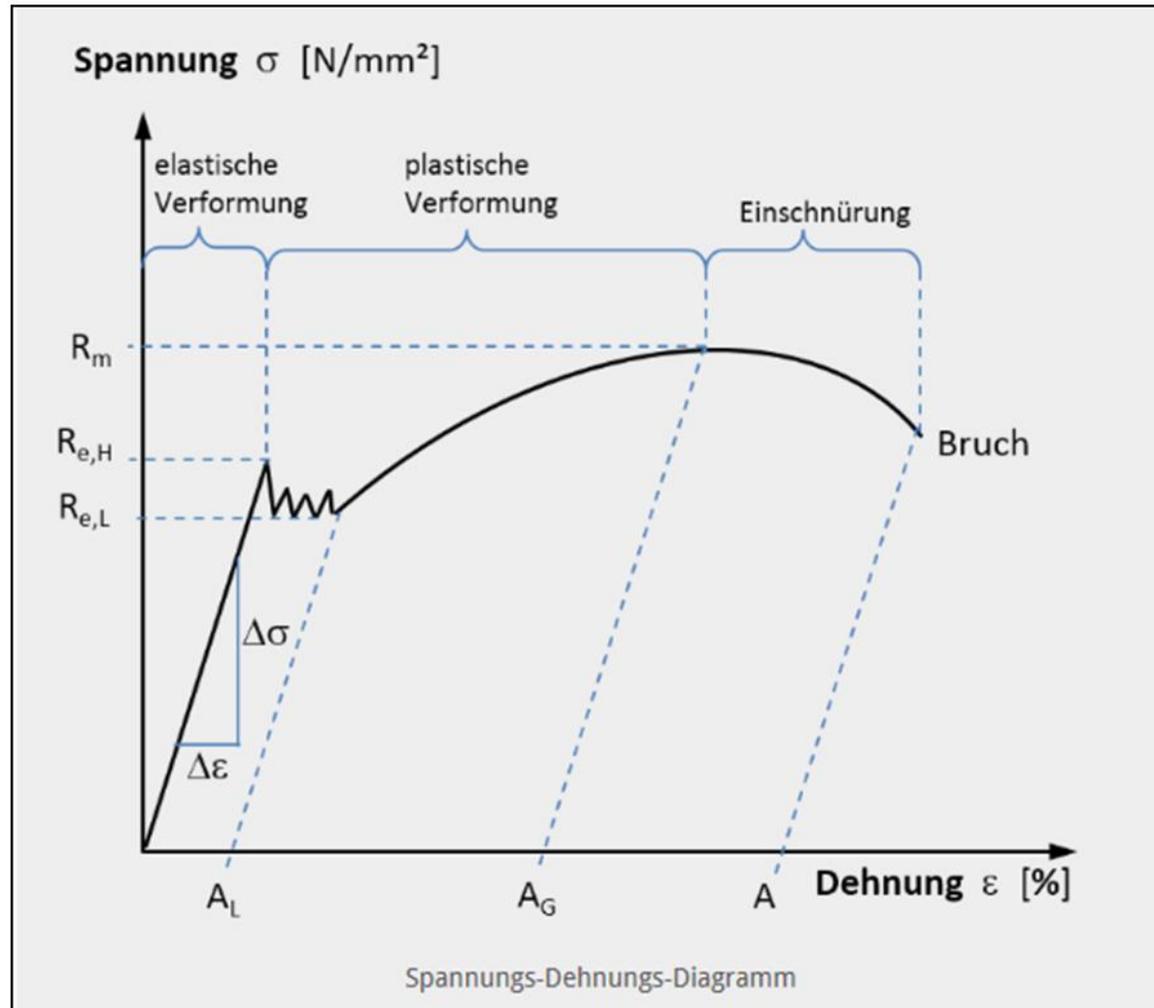
➤ Green-Lagrange-Deformationstensor



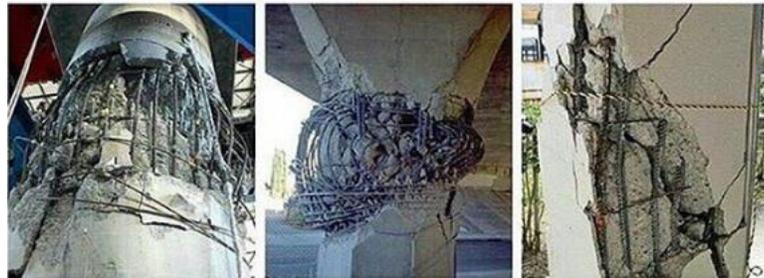
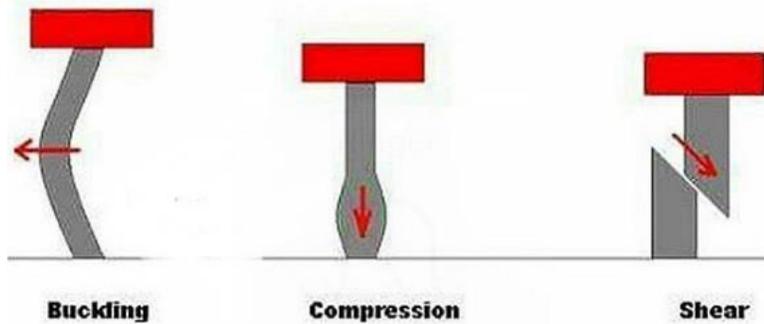
$$E_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} + \sum_k \frac{\partial u_k}{\partial X_i} \frac{\partial u_k}{\partial X_j} \right)$$

Der Green-Lagrange-Deformationstensor wird verwendet, um die nichtlinearen Effekte und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Richtungen zu erfassen.

Theorie – Spannung-Dehnung



Anwendungsbeispiel I



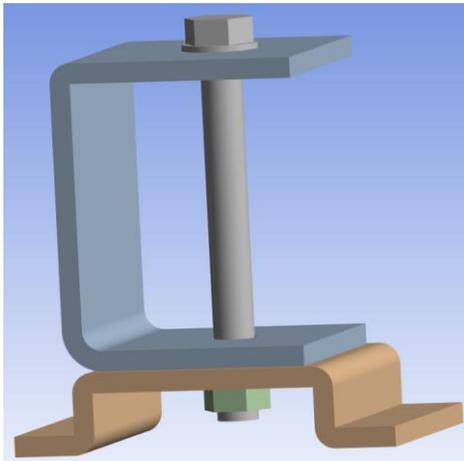
Knickung



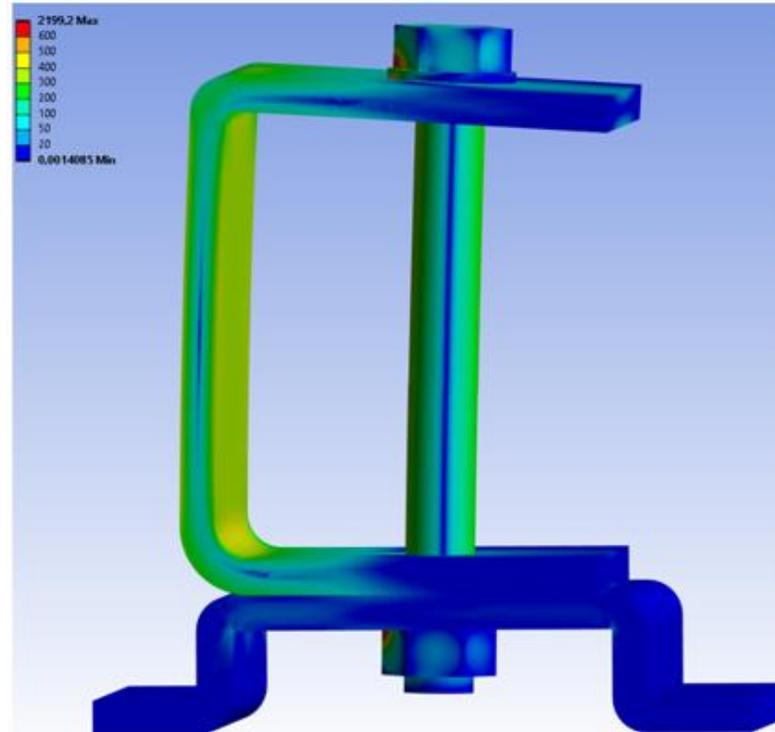
dynamische Beanspruchung des Schiffs

Anwendungsbeispiel II

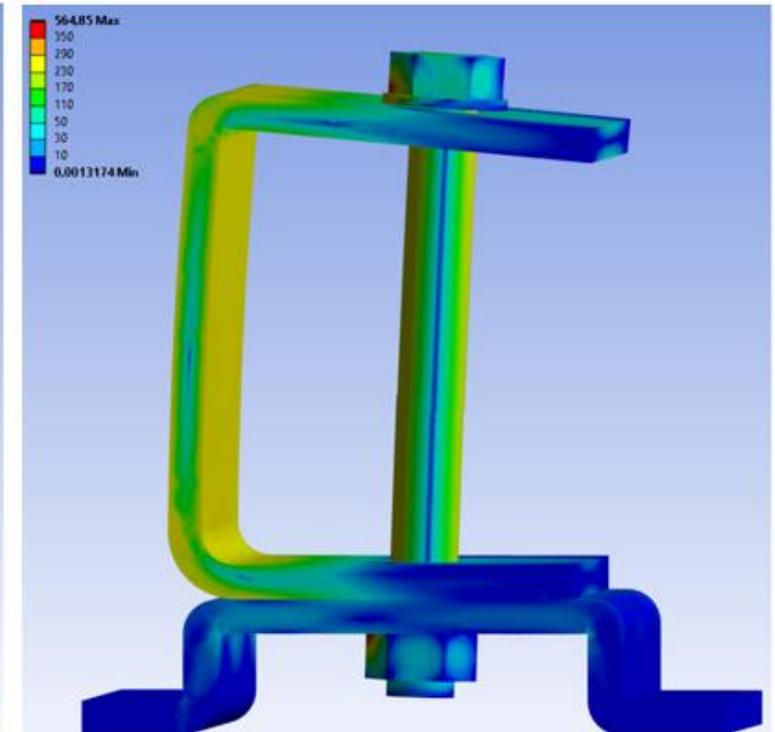
➔ Schraubenverbindung



linear



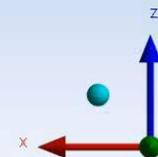
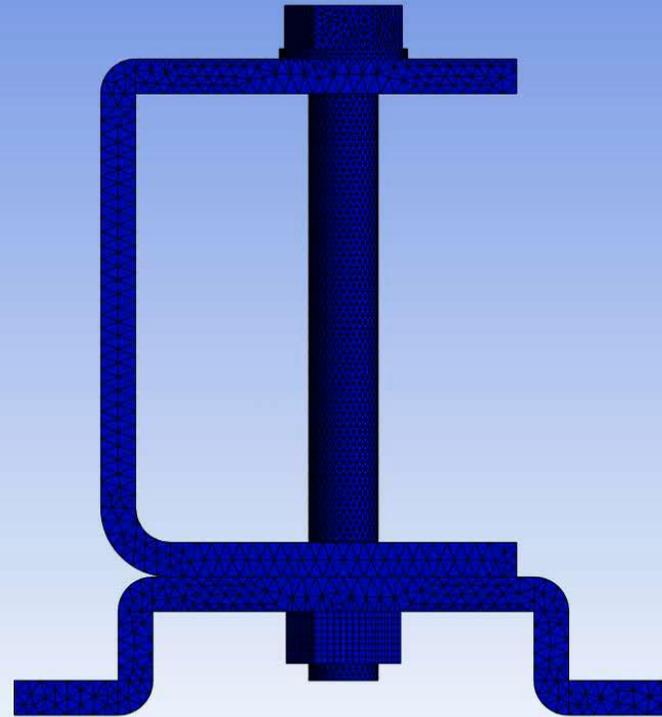
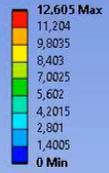
nichtlinear



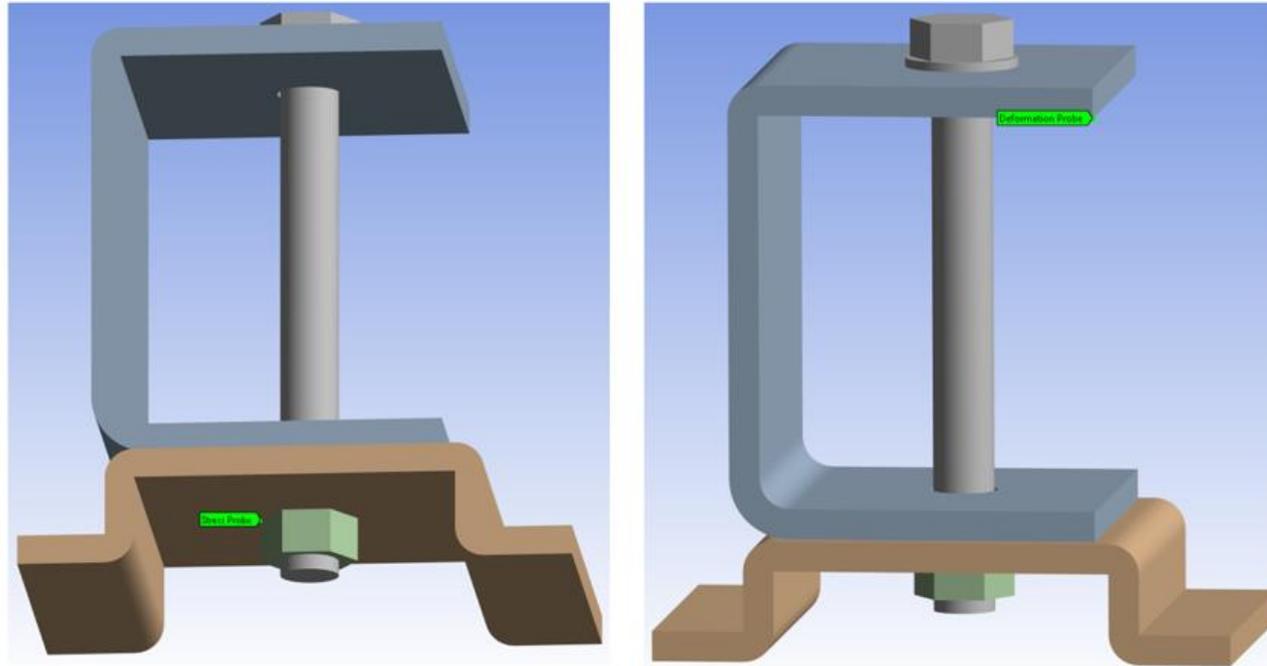
Anwendungsbeispiel III

D: Nem_jin_anyag
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
Deformation Scale Factor: 1.0 (True Scale)
2024. 10. 15. 14:12

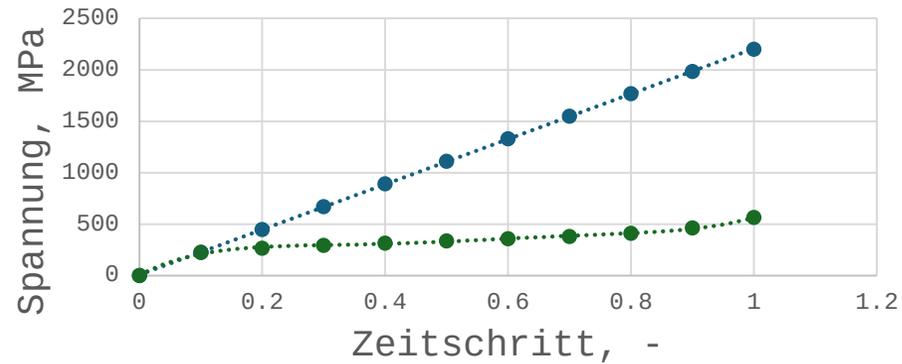
Ansys
2024 R1



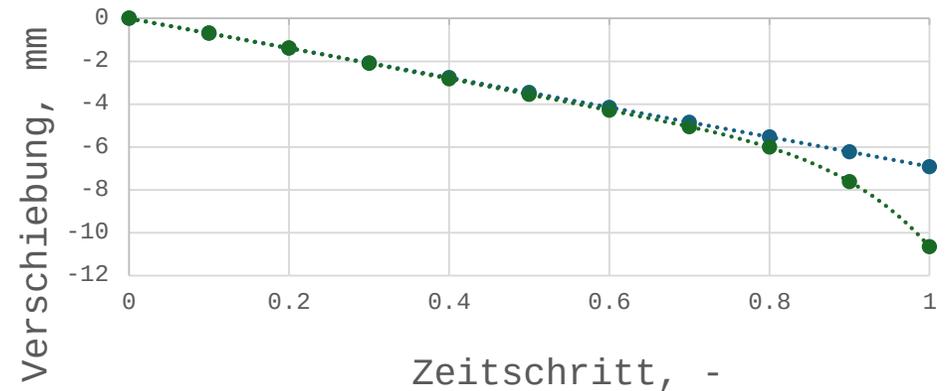
Anwendungsbeispiel IV



- rein elastisch
- elastisch und plastisch
- Lineáris (rein elastisch)
- Polinom. (elastisch und plastisch)



- rein elastisch
- elastisch und plastisch
- Lineáris (rein elastisch)
- Polinom. (elastisch und plastisch)

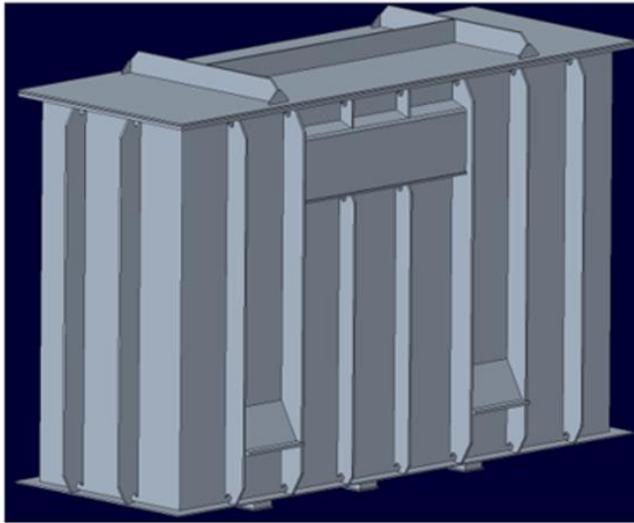


Transformatorgehäuse I



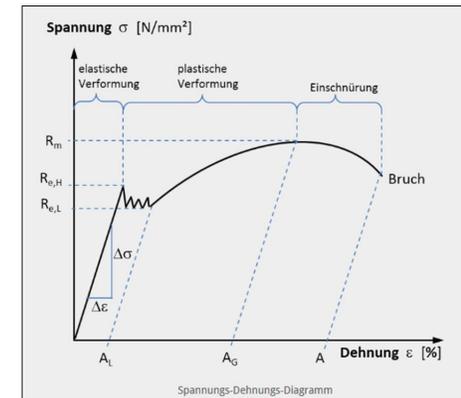
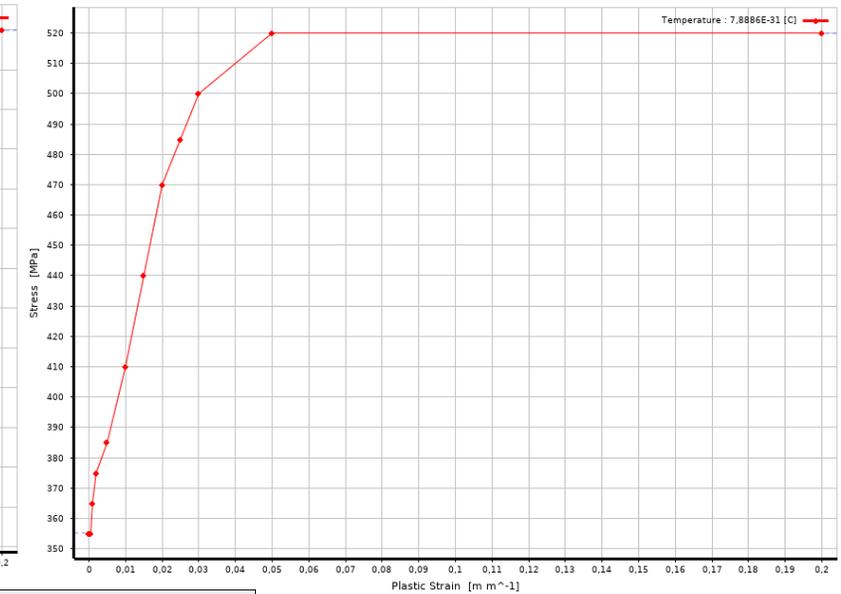
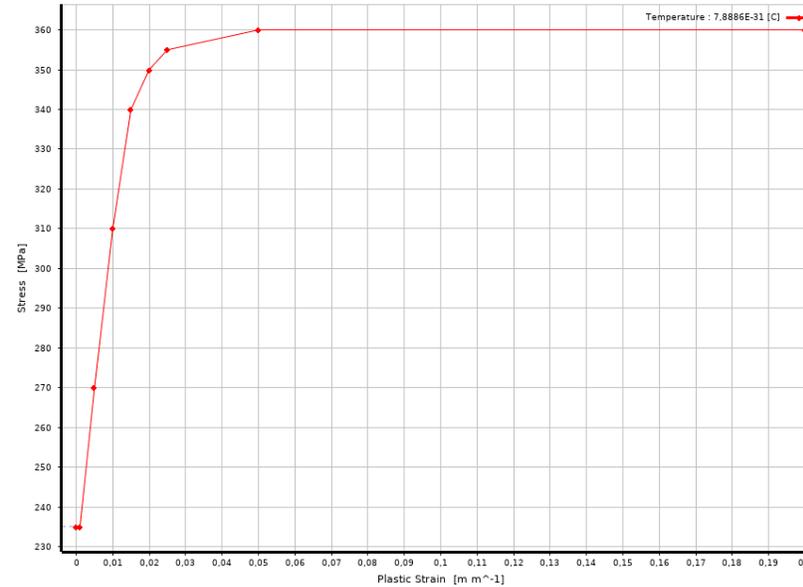
Transformatorgehäuse II

➔ Volkswind Projekt



Creo Model

➔ Zum Materialverhalten (S235, S355 Stahl) ist die Fließkurve mit einer multilinearen Näherung zugeordnet

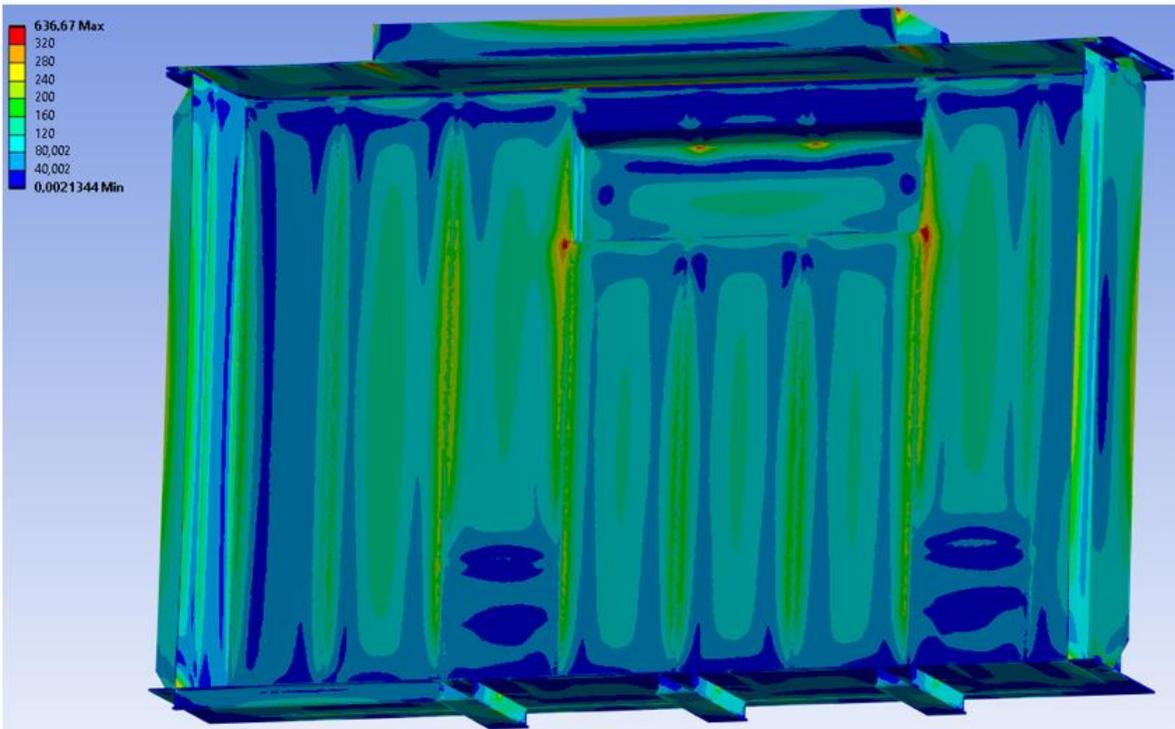


EN 10025-2:2019 - Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels, iTeh Standards.

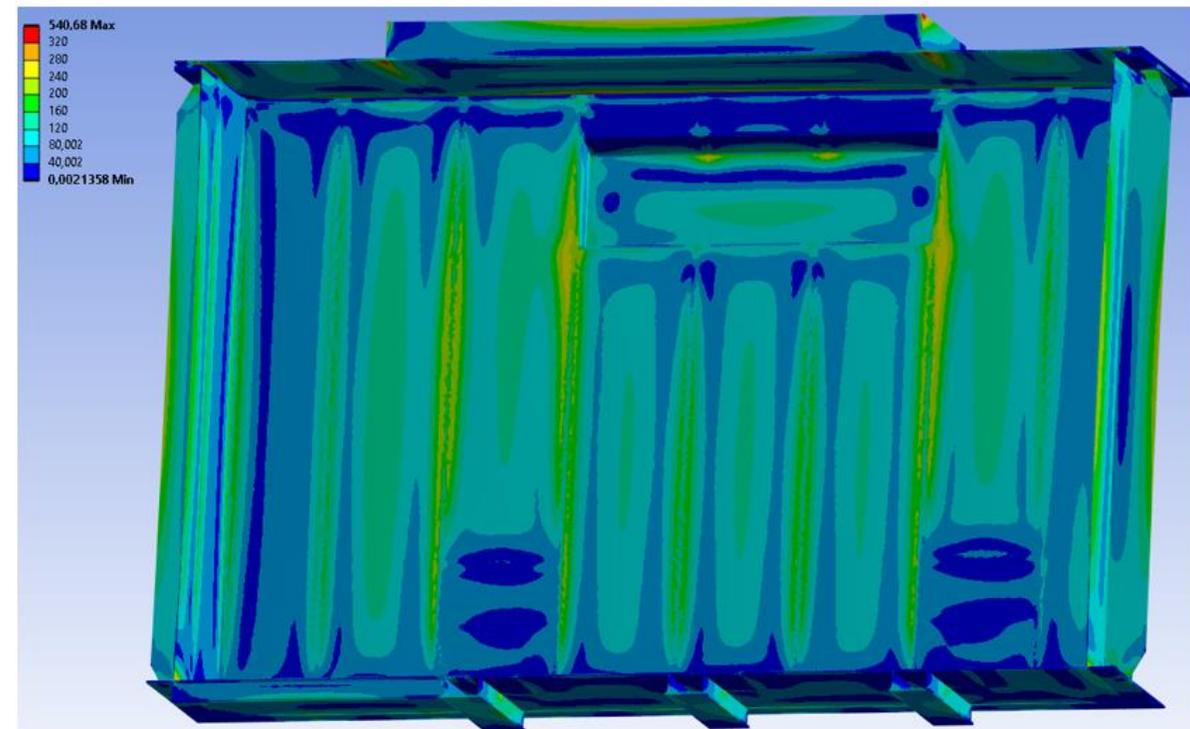
Dzioba, I.; Lipiec, S.; Pala, R. and Furmanczyk, P.: On Characteristics of Ferritic Steel Determined during the Uniaxial Tensile Test, Materials (Basel, Switzerland), 14 (2021), no. 11, p. 3117.

Transformatorgehäuse III

linear



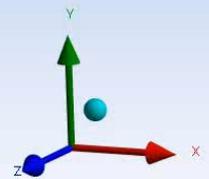
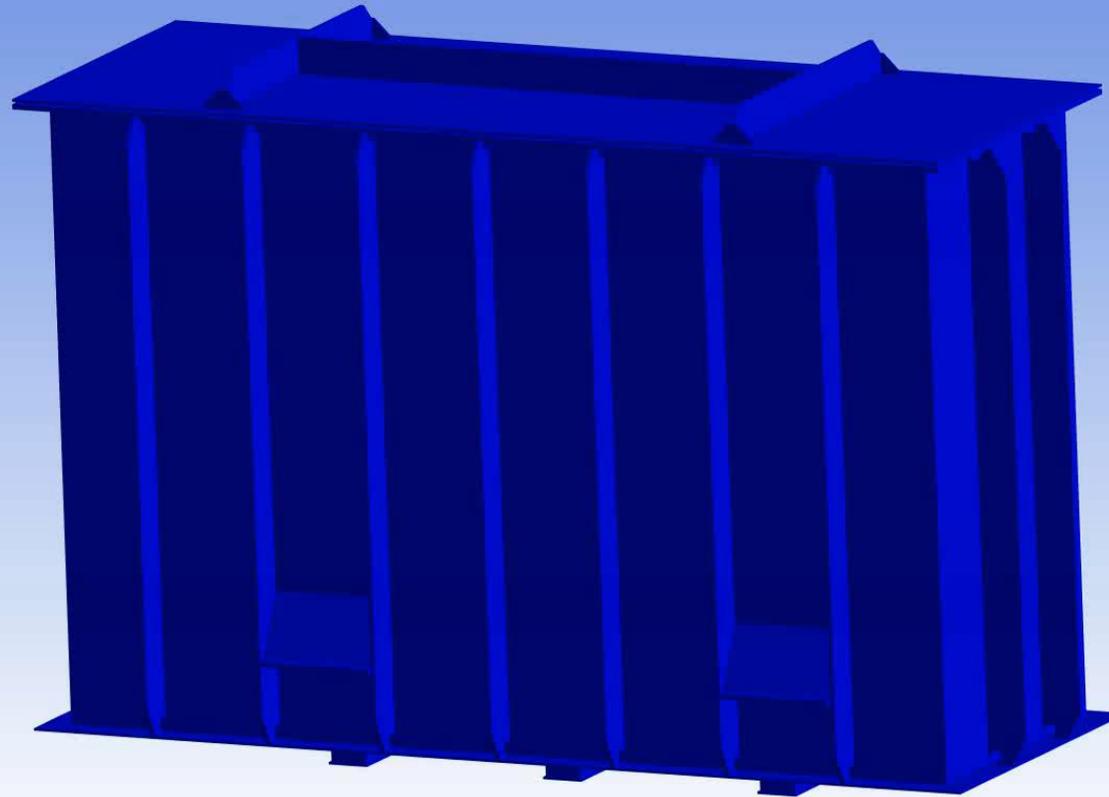
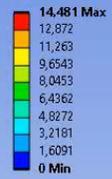
nichtlinear



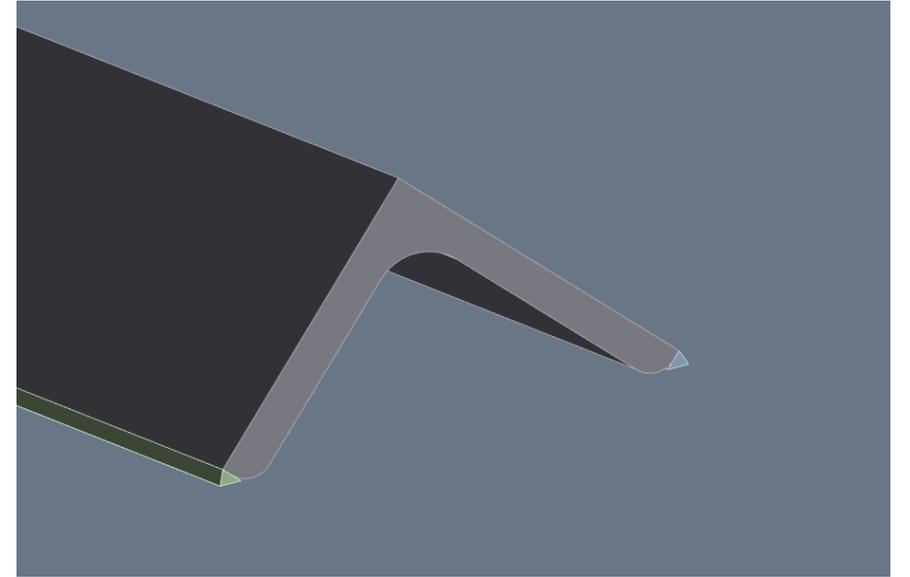
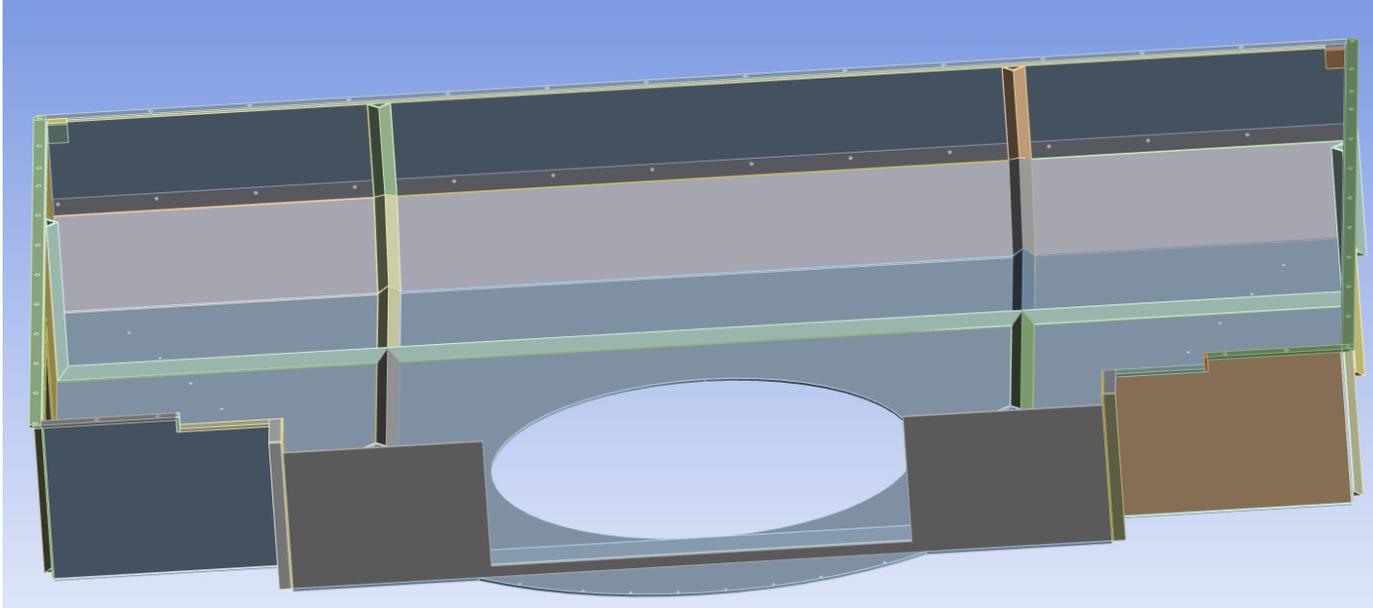
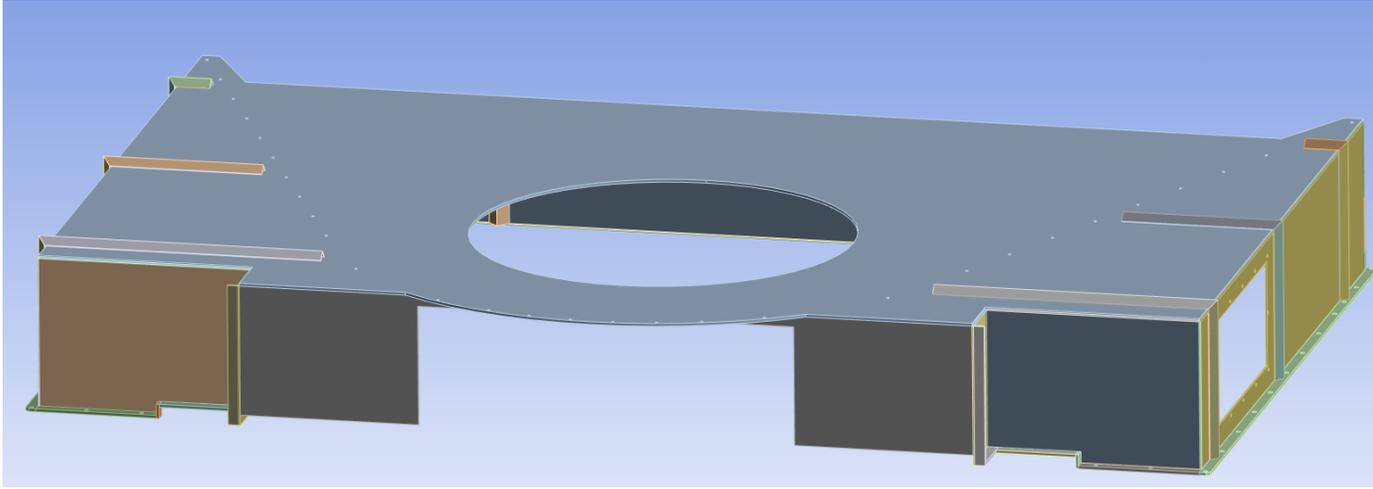
Transformatorgehäuse IV

Ansys
2024 R1

G: Lineáris_pontosabb_teljes_geom_szetbontott
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 0
Deformation Scale Factor: 22 (Auto Scale)
2024. 10. 15. 14:23



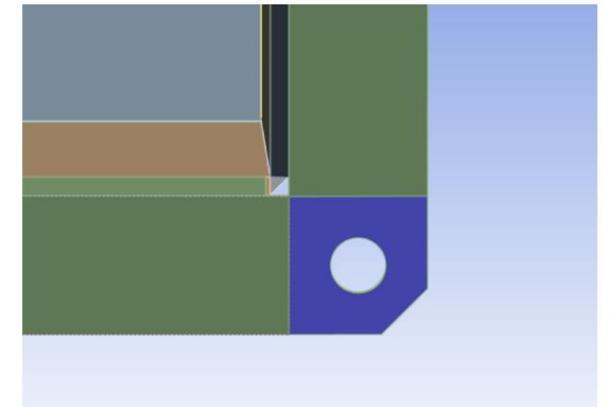
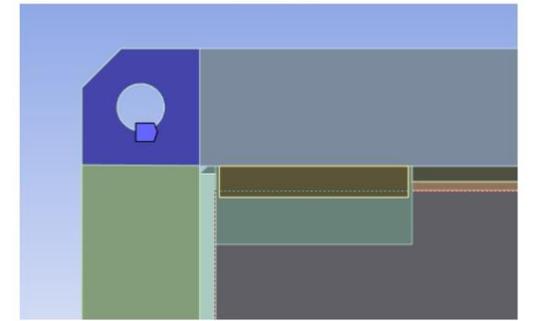
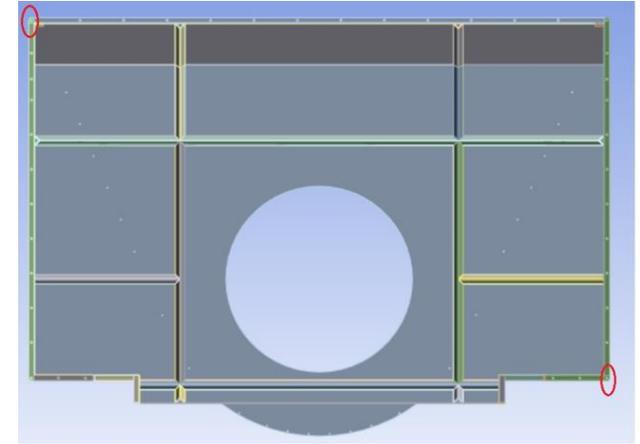
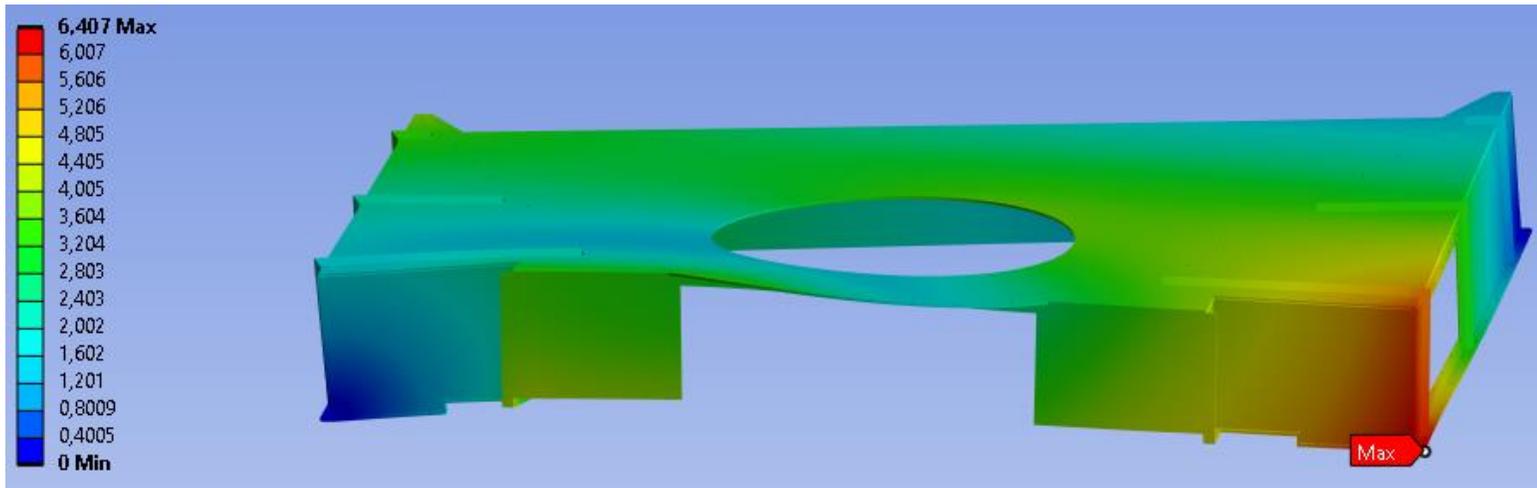
Lagergehäuse I



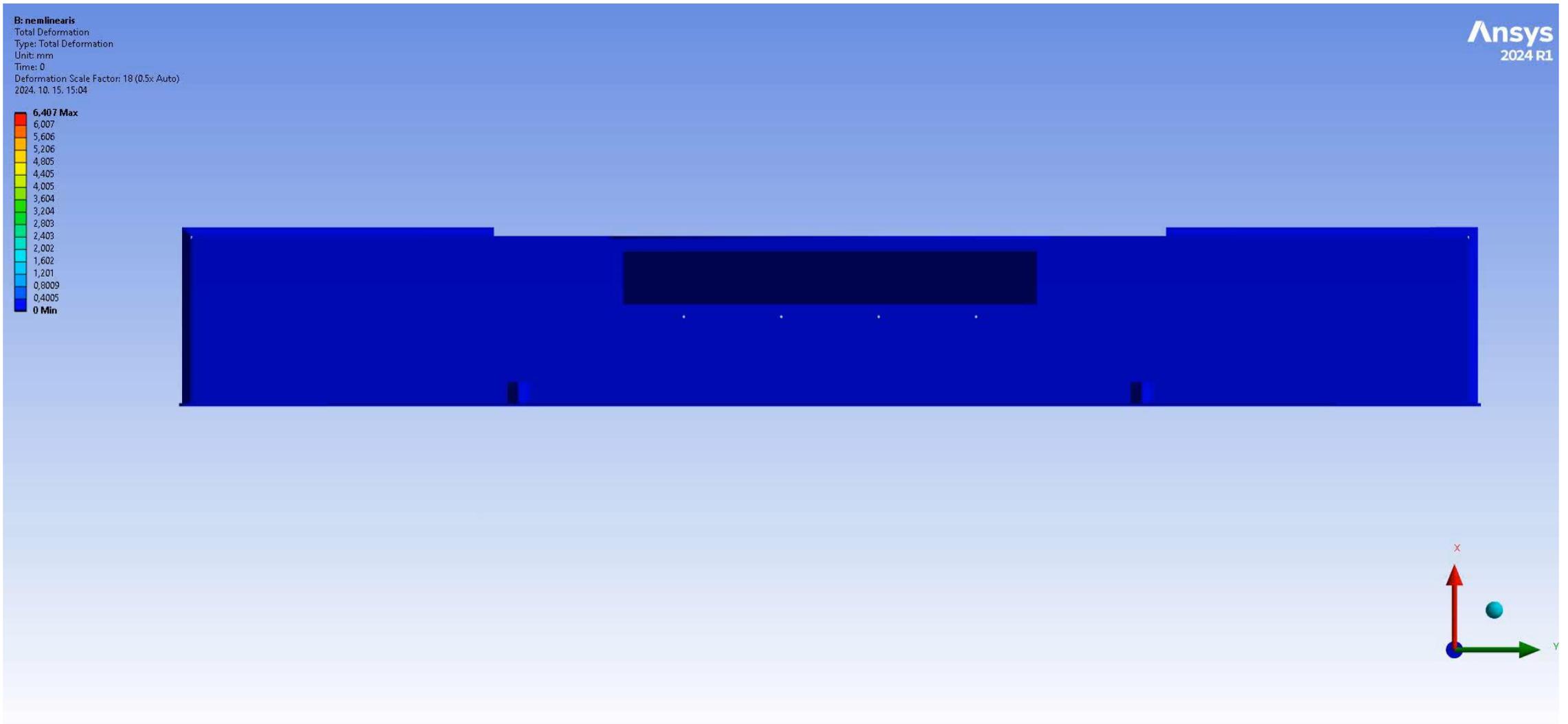
Lagergehäuse II

Problem → Der Lieferant befürchtet, dass das Lagergehäuse während der Bearbeitung und des Transports eine zu große plastische Verformung erleiden wird.

Lösung → Die Simulation muss mit der kritischsten Randbedingung durchgeführt werden.

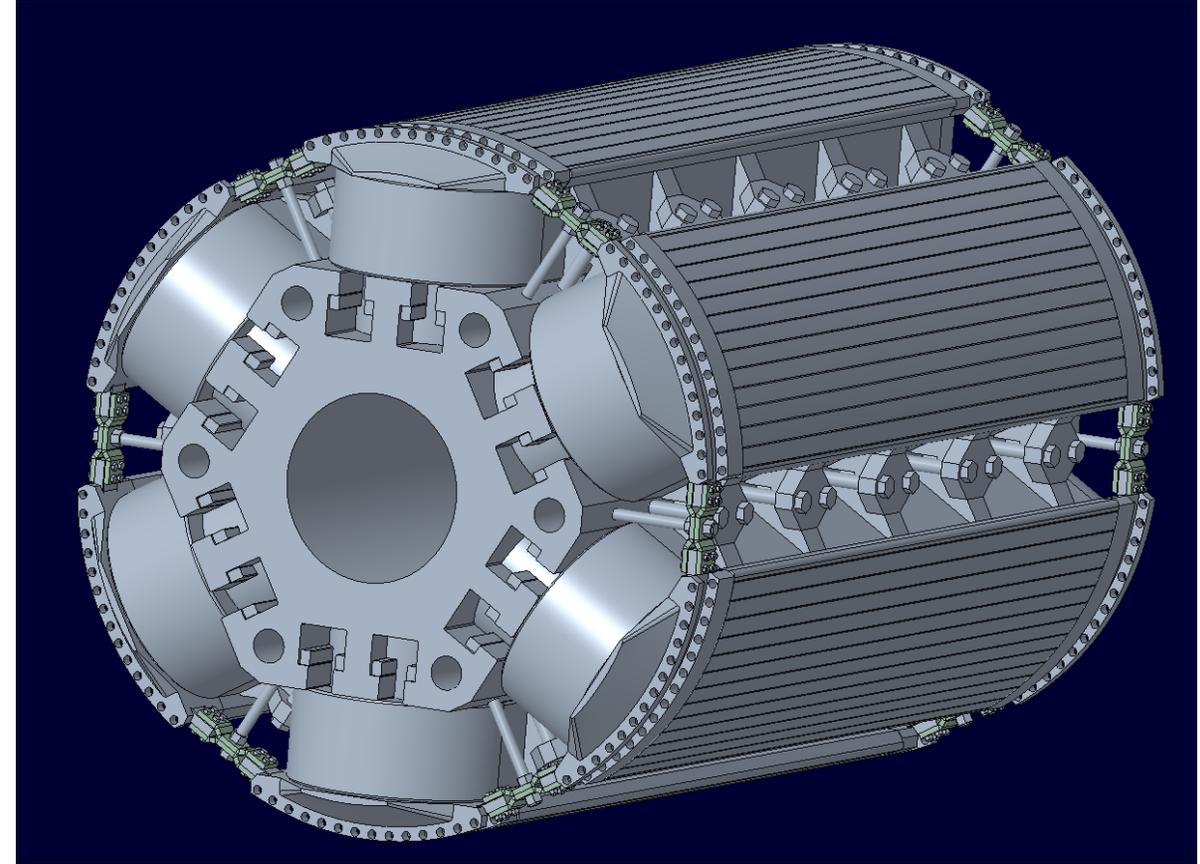
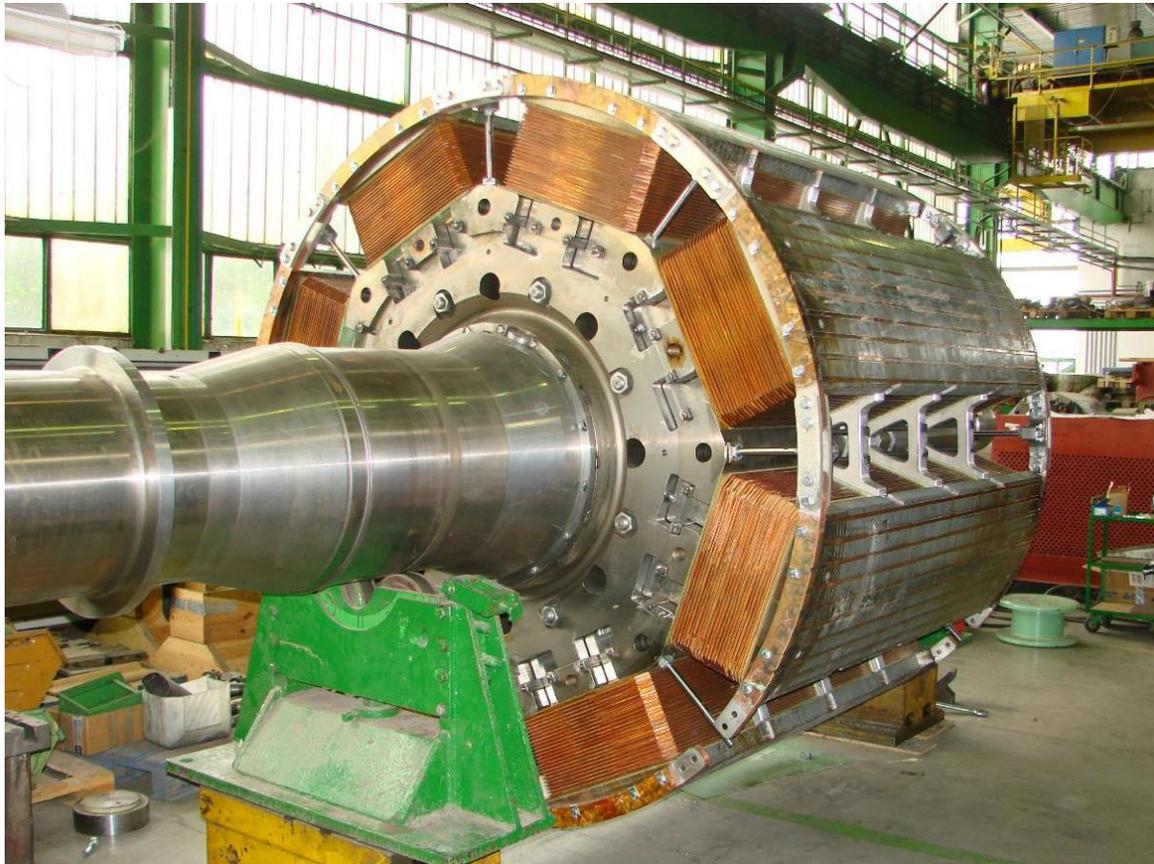


Lagergehäuse III



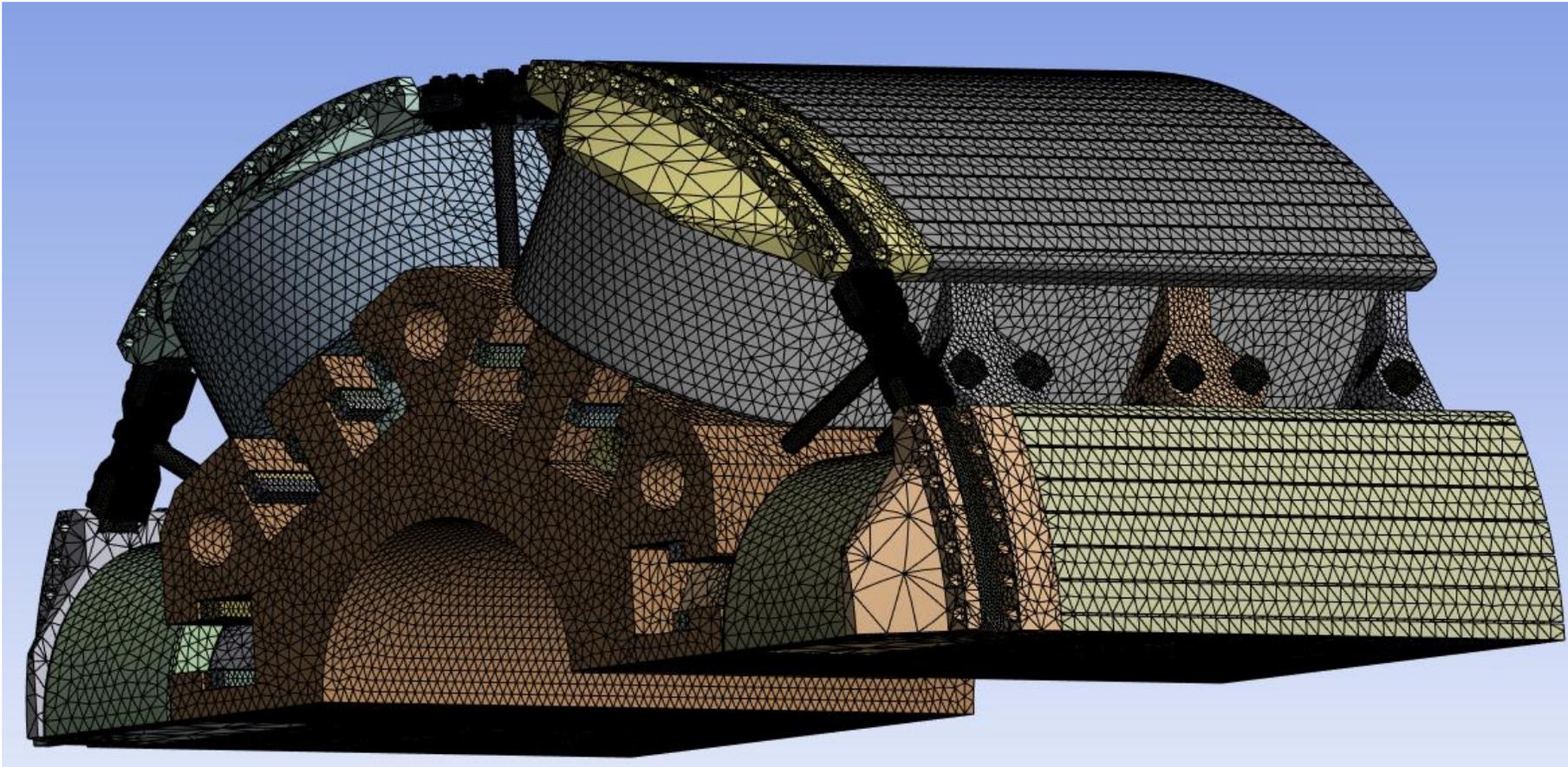
Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor) I

➔ Wie viele Pole planen wir für den Generator, damit die an der Polschuhspitze entstehende Spannung nicht kritisch wird?

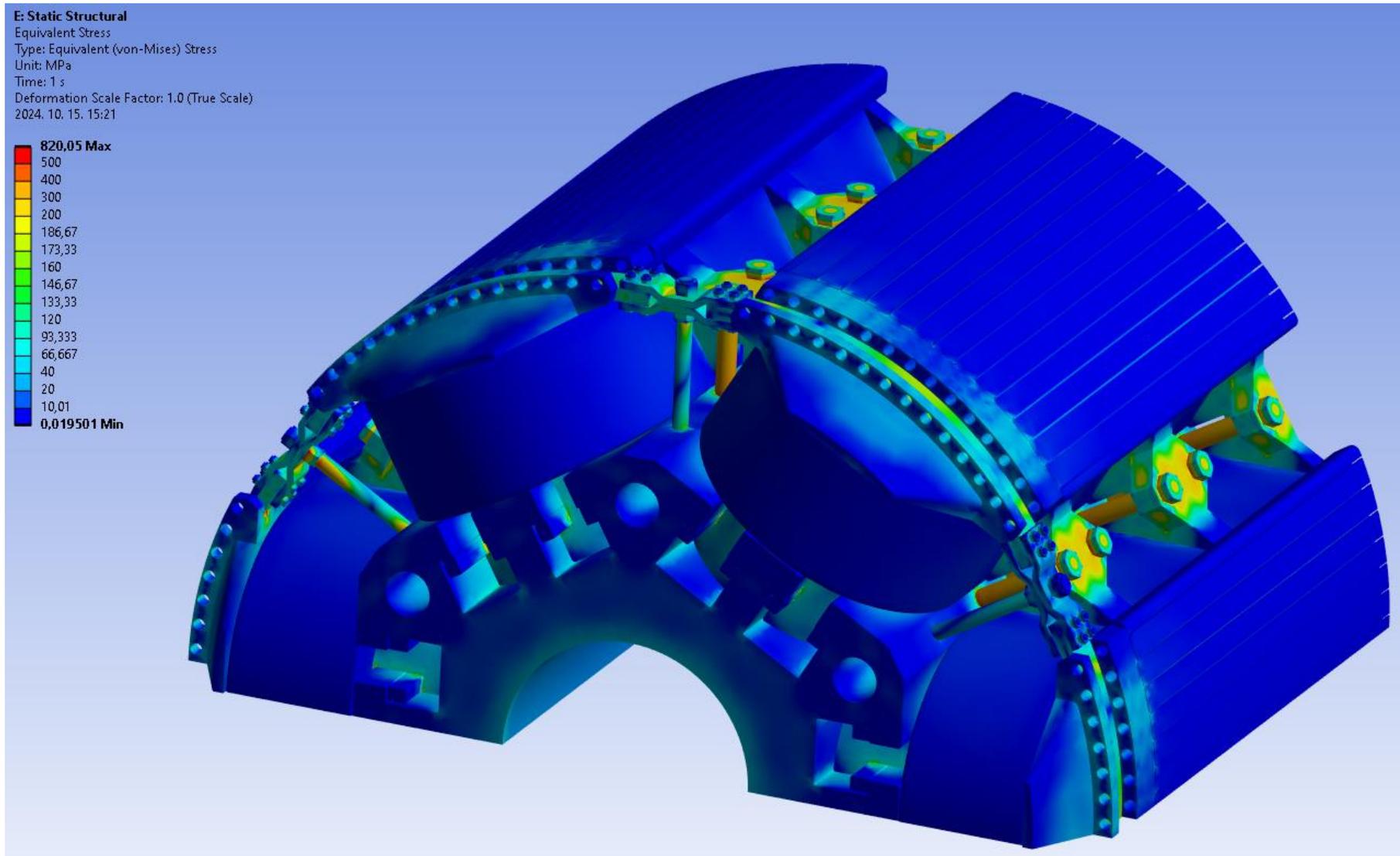


Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor) II

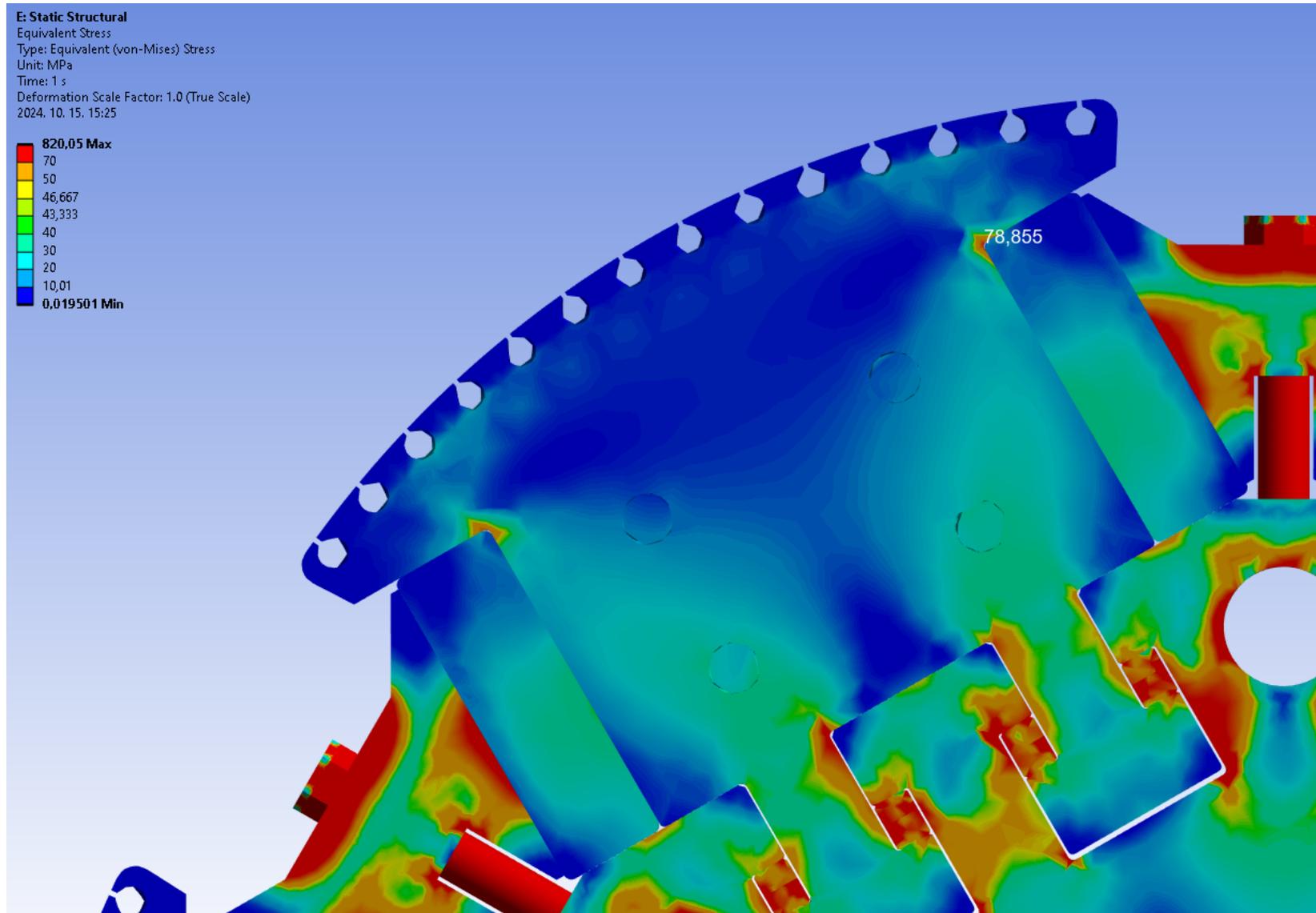
➔ Schraubenvorspannung, Reibungskontakt, Material, Drehgeschwindigkeit, Symmetrie



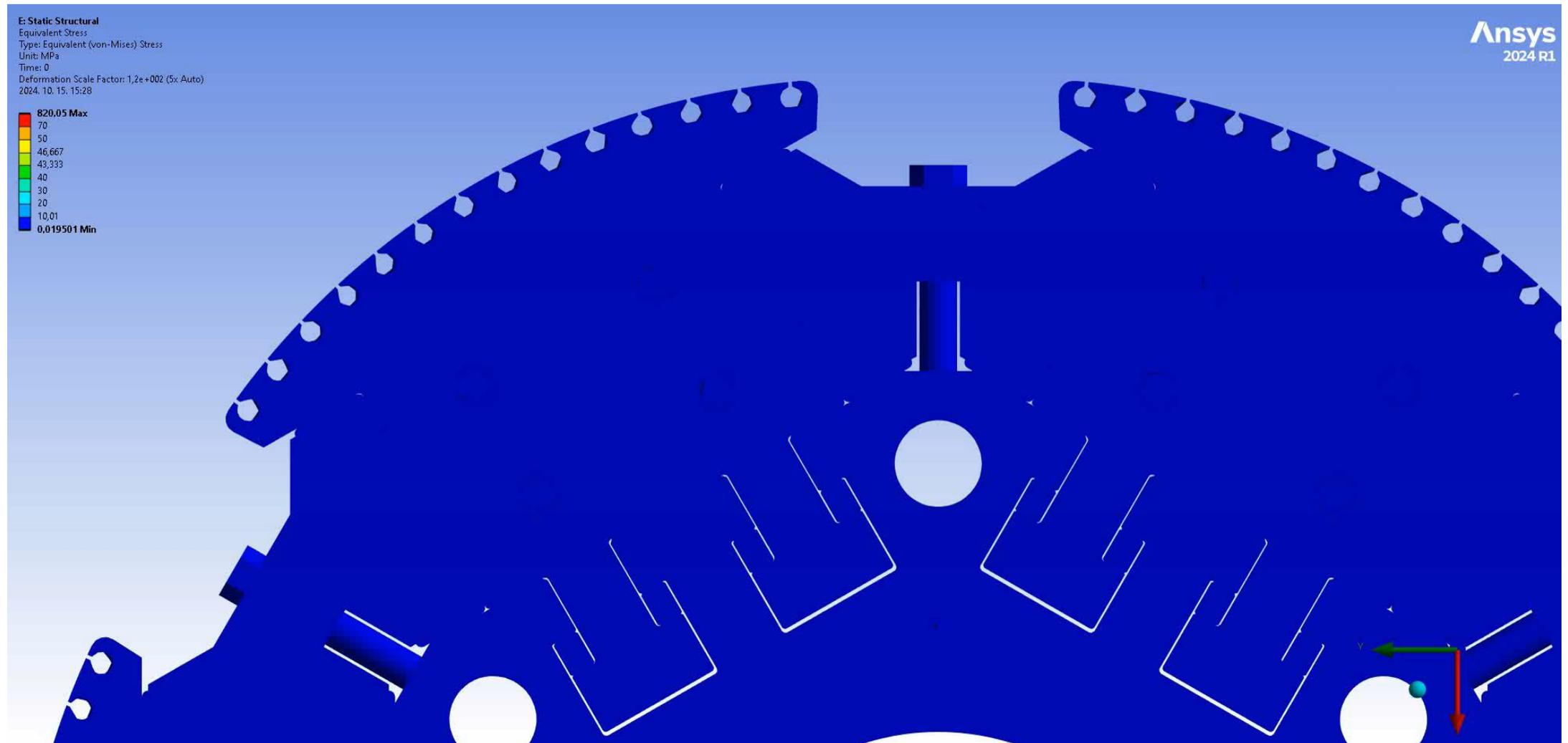
Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor) III



Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor) IV



Sechspoliger Synchrongenerator (Rotor) V



Danke für die Aufmerksamkeit!

