

Test 2D-Eigenschaft

Feste Einspannung behindert die Querverformung und ergibt zu große Spannungsspitzen!

Konservative Berechnung:

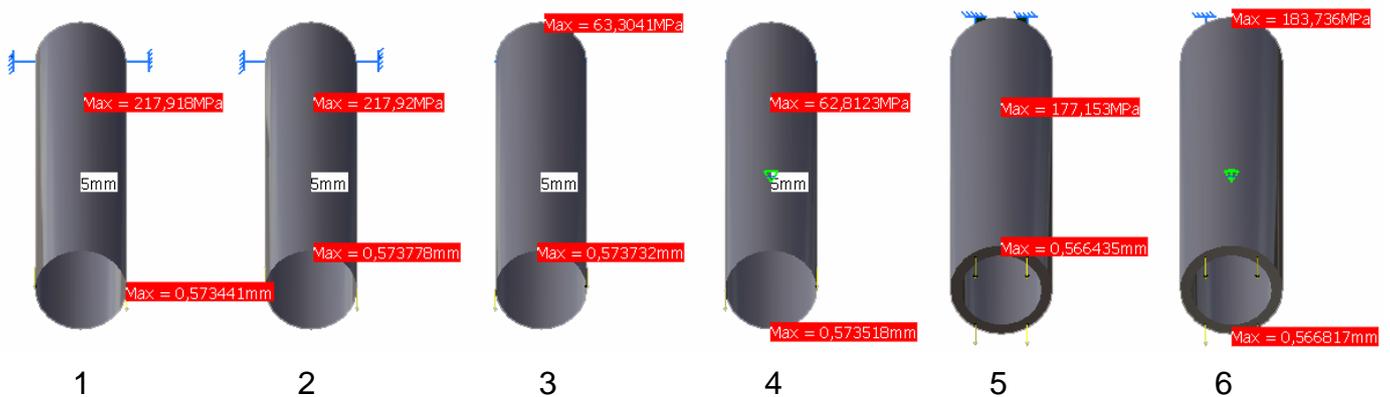
Maximale Spannung

$$\sigma_{b \max} = \frac{F \cdot \ell \cdot 32 \cdot D}{\pi \cdot (D^4 - d^4)} = \frac{5000 \cdot 200 \cdot 32 \cdot 45}{\pi \cdot (45^4 - 35^4)} = 176 \text{ MPa}$$

Maximale Verformung ohne Schubanteil

$$v_{\max} = \frac{F \cdot \ell^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{F \cdot \ell^3}{3 \cdot E \cdot \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)} = \frac{5000 \cdot 200^3 \cdot 64}{3 \cdot 200000 \cdot \pi \cdot (45^4 - 35^4)} = 0,52235 \text{ mm}$$

Test 1 mit Einspann-Randkurven bei 2D-Netzen und Stirnflächen bei 3D-Netzen



| Nr. | parabolische Netze | Flächennormale | Offset 2D-Eigenschaft mm | Verformung max mm | ØC2 | Spannung MPa |
|-----|--------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|-------|--------------|
| 1 | 2D-6 mm-Quadrat | Umkehren, innen | - 2 | | | |
| | | | + 2 | 0,575 | 0,566 | 218 |
| | | | + 10 | | | |
| | | | - 10 | 0,573 | 0,572 | 218 |
| 2 | 2D-6 mm-Quadrat | Umkehren, innen | 0 | 0,574 | 0,566 | 218 |
| 3 | 2D-6 mm-Quadrat | außen | 0 | 0,574 | 0,566 | 63 |
| 4 | 2D-6 mm-OCTREE-Dreieck | außen | 0 | 0,574 | 0,566 | 63 |
| 5 | 3D-6 mm-Quadrat | außen | | 0,566 | 0,557 | 177 |
| 6 | 3D-6 mm-OCTREE-Tetraeder | außen | | 0,567 | 0,558 | 184 |

- 2D-Eigenschaft Dicke: Je zur Hälfte auf beide Seiten der Fläche, also unabhängig von Flächenorientierung.
- 2D-Eigenschaft Offset: Soll sich laut Hilfe auf das Netz beziehen. Kaum Einfluss auf Verformung und kein Einfluss auf Spannung festgestellt.
- Nach Umkehren (Flächennormale nach innen) bleibt die Verformung unverändert, aber die Spannung erhöht sich von 63 MPa auf 217 MPa
- Bei 2D-Elementen ist die maximale von-Mises-Spannung an der Einspannstelle (Kreisring)

wesentlich kleiner als bei 3D-Elementen mit Einspannfläche. (Noch wesentlich größere Spannung bei Einspannung an 3D-Kreisring!) \Rightarrow Kreisringeinspannung für 2D-Netze ungeeignet.

Die rechnerische Spannung wird mit 177 MPa des 3D-6 mm-Quadratnetzes am besten angenähert, gefolgt vom 3D-TE10-Netz mit 184 MPa mit einer gewissen Versteifung durch die Tetraederelemente.

TE10:

- Bei lokal feinerer Vernetzung 1 mm an der Einspann-Stirnfläche erhöht sich die Spannung auf den unsinnigen Wert von 332 MPa.
- Ohne lokal feinere Vernetzung, bewegl. virt. Teil mit Einspannung 499 MPa
- Ohne lokal feinere Vernetzung, bewegl. virt. Teil mit Einspannung + Flächengleitlager 196 MPa

Test 2 mit Einspann-Mantelflächen, 3D nur äußere Mantelfläche

berechnet 176 MPa und ohne Schubanteil 0,522 mm

| Nr. | parabolische Netze | Flächennormale | Offset 2D-Eigenschaft mm | Verformung max mm | $\varnothing C2$ | Spannung MPa |
|-----|--------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1 | 2D-6 mm-Quadrat | Umkehren, innen | - 2 | 0,557 | | 188 |
| | | | + 2 | 0,559 | | |
| | | | + 10 | 0,565 | | |
| | | | - 10 | 0,558 | 0,556 | |
| 2 | 2D-6 mm-Quadrat | Umkehren, innen | 0 | 0,560 | 0,553 | 194 |
| 3 | 2D-6 mm-Quadrat | außen | 0 | 0,561 | 0,553 | 138 |
| 4 | 2D-6 mm-OCTREE-Dreieck | außen | 0 | 0,574 | 0,566 | 138 |
| 5 | 3D-6 mm-Quadrat | außen | | 0,578 | 0,569 | 217 |
| 6 | 3D-6 mm-OCTREE-Tetraeder | außen | | 0,582 | 0,573 | 279 |

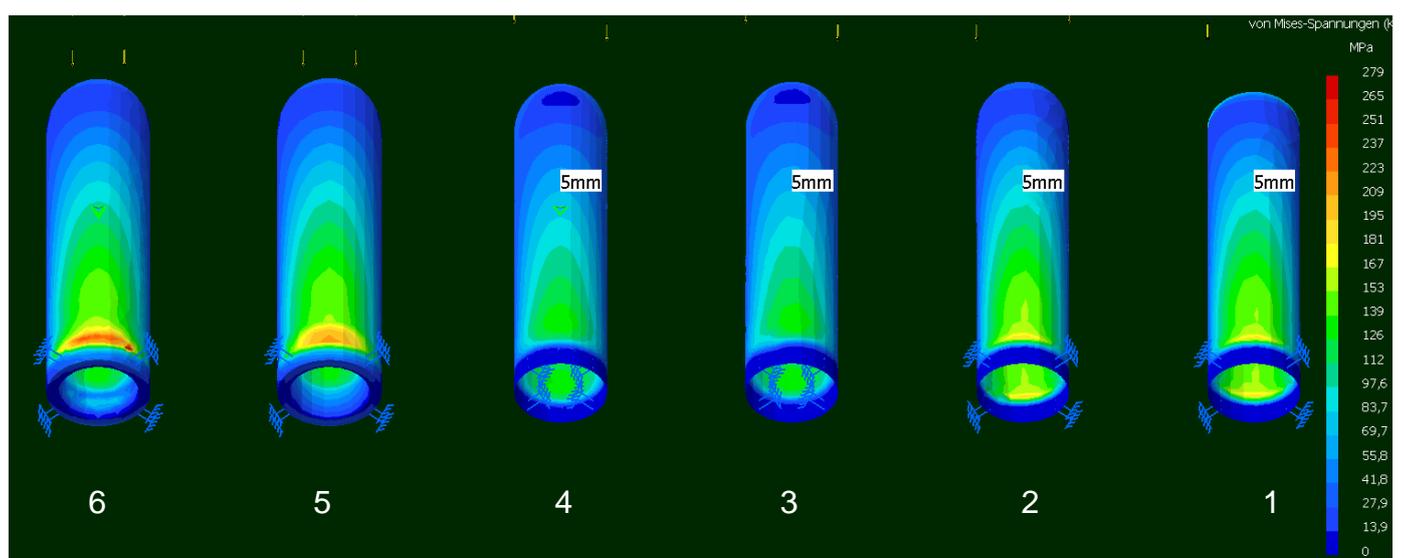


Bild 1: Einspannung der 3D-Netze nur auf Außenmantel

- Einspannung der Fläche erhöht von-Mises-Spannungen wesentlich.
- Geringer Einfluss der 2D-Eigenschaft Offset auf Verformung, aber keine eindeutige Tendenz.

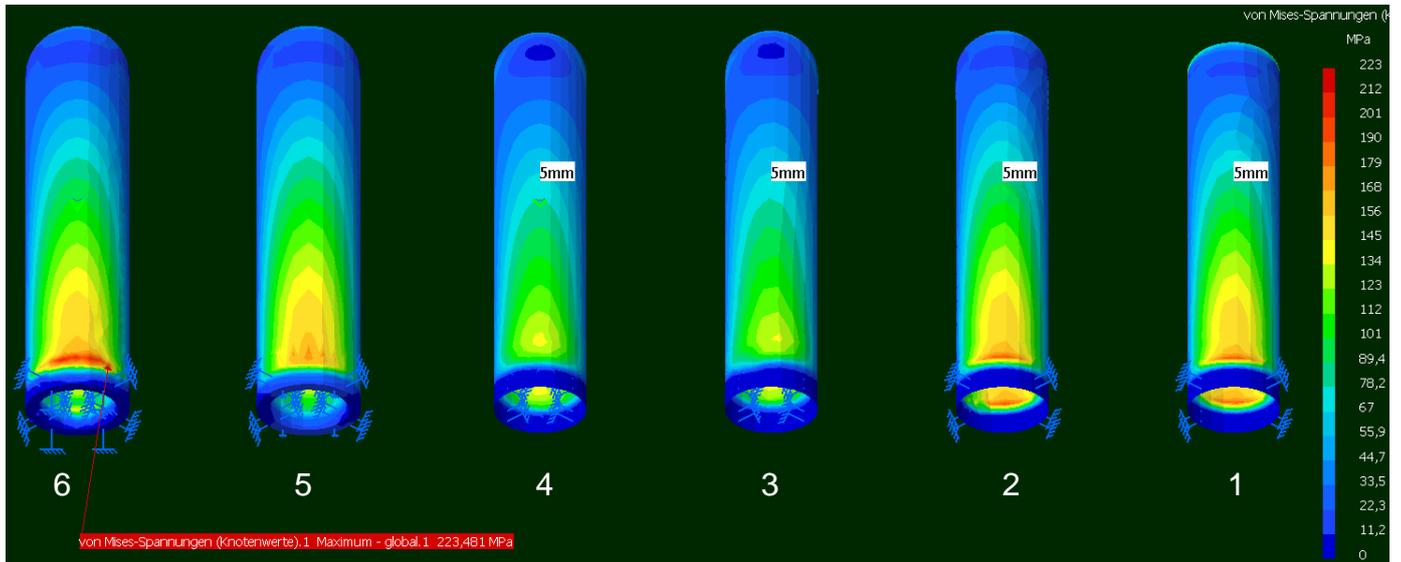


Bild 2: Einspannung der 3D-Netze auf Außen- und Innenmantel sowie Stirnfläche

Offenbar gilt: Ist die Flächennormale nach außen gerichtet, wird bei 2D-Eigenschaften die Spannung im Inneren des Rohres berechnet. Ist die Flächennormale nach innen gerichtet, wird die größere Spannung am Außenmantel berechnet. ⇒

Es wird die Spannung an der Seite der Wanddicke berechnet, von der die Richtung der Flächennormale weg weist.