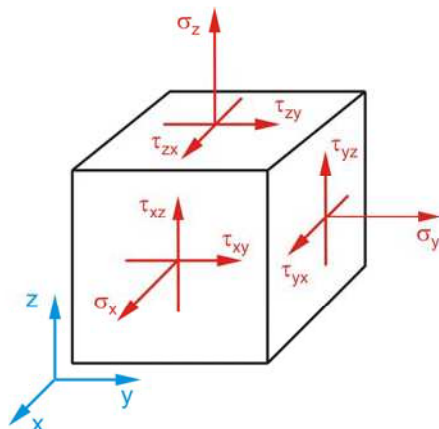


4 Bedeutung der errechneten Spannung- und Verformungswerte

4.1 Spannungen

Mehrachsigen Spannungszustand umrechnen zum Vergleich mit Werkstoffkennwerten, die bei einachsiger Beanspruchung ermittelt werden.



Komponenten des Spannungstensors

$$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}, \tau_{zx} = \tau_{xz}$$

In den Ebenen der Hauptnormalspannungen

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

sind die zugehörigen Schubspannungen Null.

Bild 28: Spannungskomponenten

4.2 Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannungen

- ν Querkontraktionszahl (Stahl 0,3; GG 0,25; Gummi 0,5),
- μ Poissonzahl, $\mu = 1/\nu$

- Normalspannungshypothese (Hauptnormalspannungshypothese)

Größte Normalspannung ist maßgebend für Versagen $\Rightarrow$ Trennbruch.

Sprödbrechgefährdete Teile, z. B. aus Grauguss bei Zug, durchgehärteter Stahl

$$\sigma_v = \sigma_1 \quad (11)$$

- Dehnungshypothese (Hauptdehnungshypothese)

Größte Dehnung ist maßgebend für Versagen $\Rightarrow$ Trennbruch.

Sprödbrechgefährdete Teile, z. B. aus Grauguss bei Zug.

$$\varepsilon_{\max} = \varepsilon_1 = \frac{\sigma_v}{E} \quad (12)$$

$$\sigma_v = \sigma_1 - \nu (\sigma_2 + \sigma_3) \quad (13)$$

- Schubspannungshypothese (Hauptschubspannungshypothese)

Größte Schubspannung ist maßgebend für Versagen $\Rightarrow$ plastisches Verformen, Dauerbruch.

Werkstoffe mit ausgeprägter Streckgrenze, wie weicher Stahl.

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (14)$$

$$\sigma_v = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (15)$$

- Gestaltänderungsenergiehypothese (v. Mises u. a.)
 Gestaltänderungsenergie ist maßgebend für Versagen $\Rightarrow$ plastisches Verformen, Dauerbruch.
 Walzstahl, geschmiedeter Stahl, auch im vergüteten Zustand

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (16)$$

- Erweiterte Schubspannungshypothese, Versagen tritt ein, wenn der größte Mohrsche Kreis die Versagensgrenze tangiert $\Rightarrow$ Gleitbruch

4.3 Spannungsanzeigen in CATIA

Tabelle 2: Varianten der Spannungsanzeige beim Befehl Hauptspannung

Typen	Kriterien				
	Hauptneigung	Hauptwert	Hauptwert (absoluter Wert)	Tensorkomponente	von Mises
Berandung					X
Diskontinuierliches ISO	X	X	X	X	X
Durchschnittliches ISO	X	X	X	X	X
Symbol		X			
Text	X	X	X	X ¹⁾	X

¹⁾ „Steuerelement für symmetrische Spannung“ – Spannungswerte σ bzw. τ werden an den Knoten sofort nach Filteränderung angezeigt, ohne erst das Auswahlfenster schließen zu müssen.

4.4 CATIA-Benennungen und -Kurzzeichen:

- „Hauptneigung“ – Hauptschubspannung (ISO-Scherung) nach Versagenshypothese für duktile Werkstoffe, z. B. Stahl mit ausgeprägter Streckgrenze

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (17)$$

- „Hauptwert“ – Hauptnormalspannungen nach Versagenshypothese für sprödbrechgefährdete Werkstoffe, z. B. Grauguss mit Lamellengraphit. Mittels Filter Auswahl der anzuzeigenden Hauptspannung (RMT $\rightarrow$ Objekt ... $\rightarrow$ Definition $\rightarrow$ Register Darstellung $\rightarrow$ Hauptwert $\rightarrow$ Mehr >> $\rightarrow$ Filter Komponente:)

3D-Elemente C11 = σ_1 , C22 = σ_2 , C33 = σ_3

2D-Elemente, nur C11 = σ_1 , C22 = σ_2

- „Tensorkomponente“ – Normal- und Schubspannungen im aktuellen **GSA**-Achsensystem (RMT → Objekt ... → Definition → Register Darstellung → Tensorkomponente → **Mehr >>** → Filter Achsensystem: **...** → Typ: Benutzer → Achsensystem im Baum selektieren → **OK**)
 $C11 = \sigma_x, \quad C22 = \sigma_y, \quad C33 = \sigma_z, \quad C12 = \tau_{xy}, \quad C13 = \tau_{xz}, \quad C23 = \tau_{yz}$
- „Von Mises“ – σ_v nach Gestaltänderungsenergiehypothese gem. (16) bzw. mit den Tensor-komponenten

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2}{2} + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)} \quad (18)$$

- „Symbol“ – Pfeile als Spannungsvektoren, ermöglicht nur Anzeige der Hauptspannungen (Alle, $C11 = \sigma_1$, $C22 = \sigma_2$, $C33 = \sigma_3$, $C11 + C22$, $C11 + C33$, $C22 + C33$)
- Diskontinuierliches und durchschnittliches ISO
 In der Regel mit „Durchschnittliches ISO“, d. h., geglättete Durchschnittswerte der einzelnen Elementknoten. „Diskontinuierliches ISO“ weist nicht geglättete und damit höhere Werte aus.

4.5 Verschiebungen

$C1 = v_x, \quad C2 = v_y, \quad C3 = v_z$ im aktuellen **GSA**-Achsensystem