

Bei gemischter Verfestigung verschiebt sich die Fließfläche und ändert sich die Größe und Gestalt beim Eintreten plastischen Verformungen.

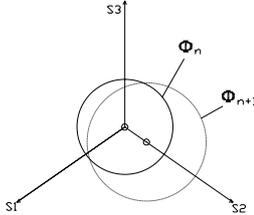


Abb. 1: Gemischte Verfestigung im deviatorischen Spannungsraum

Grundlegende Zusammenhänge

Fließbedingung für gemischte Verfestigung:

$$\Phi(\bar{\mathbf{S}}, \alpha) = \sqrt{\frac{3}{2} (\bar{\mathbf{S}} : \mathbb{P} : \bar{\mathbf{S}})} - \kappa(\alpha) \leq 0 \quad \begin{cases} \Phi < 0 & \text{elast.} \\ \Phi = 0 & \text{plast.} \end{cases}$$

wobei gilt: $\bar{\mathbf{S}} = \mathbf{S} - \mathbf{B}$

mit der Bezeichnungen:

\mathbf{S} : 2.Piola-Kirchhoff Spannungstensor

\mathbf{B} : back-stress-Tensor

α : Größe der aktuellen plastischen Verformungen

\mathbb{P} : Projektionstensor

Verfestigungsfunktion:

$$\kappa(\alpha) = y_0 + K\alpha$$

y_0 : Fließspannung

K : plastischer Tangentmodul

Verfestigungsgesetz:

$$\dot{\alpha} = \frac{2}{3} \kappa(\alpha) \lambda = -\lambda \frac{\partial \Phi}{\partial \kappa}$$

λ : plastischer Parameter

Fließgesetz:

$$\dot{\mathbf{E}}^{pl} = \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial \mathbf{S}} = \lambda \mathbb{P} : (\mathbf{S} - \mathbf{B})$$

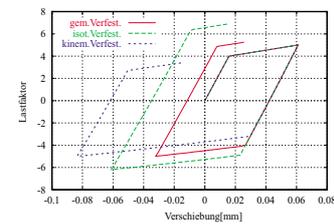
$$\dot{\mathbf{B}} = c\lambda \frac{\partial \Phi}{\partial \mathbf{S}} = \frac{2}{3} H' \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial \mathbf{S}}$$

Zur Ermittlung des aktuellen Spannungs–Verzerrungs–Zustandes wird ein elastischer Prädiktorschritt angenommen. Das Verfahren der radialen Rückkehr (radial return), auf dem impliziter EULER–Rückwärts–Verfahrens basiert, findet Anwendung. Im ersten Schritt, dem elastischen Prädiktorschritt, werden die Verzerrungen und die resultierenden Spannungen nach der Elastizitätstheorie berechnet. Ergibt die Überprüfung der Fließbedingung eine Lage außerhalb der Fließfläche, so wird der Spannungszustand mit Hilfe eines plastischen Korrektors iterativ auf den Fließflächenrand zurückskaliert.

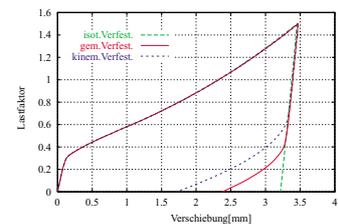
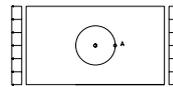
Die konsistente elastoplastische Tangente gibt das Verhältnis zwischen Spannungszustand und Verzerrungsänderungen an.

Numerische Beispiele

Einachsialer Zug–Druck–Versuch



Zugband mit Kreisloch



COOK'sche Kragsscheibe

