„Cast Iron“ Plastizität

Für das Materialgesetz „Cast Iron Plasticity“ müssen 2 Kurven definiert werden: Die Verfestigungskurven im Zug- und Druckbereich (tb,uniaxial,,,tension bzw. compression). Diese liegen, wie untenstehende Abbildung zeigt, übereinander. D.h. die Druckverfestigungskurve liegt über der Zugverfestigungskurve.

Was passiert nun, wenn man dies genau umgekehrt definiert, also Zugverfestigung > Druckverfestigung? Das Ergebnis ist durchaus überraschend: Im uniaxialen Zugversuch erhält man die Kompressionskurve und **nicht** die Zugverfestigungskurve!

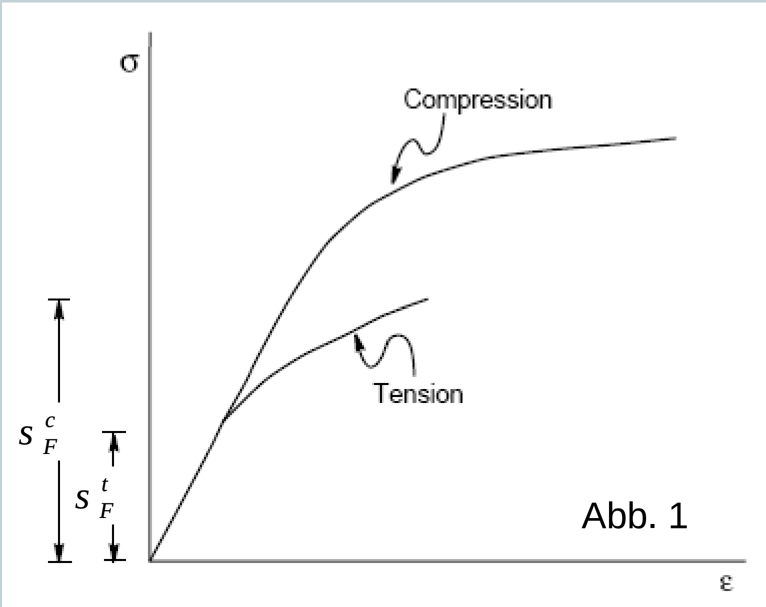

Abb. 1

Dieses Verhalten soll nachfolgend erläutert werden.

Die Bezeichnungen sind der Referenz für „Cast Iron Plasticity“ entnommen:

Chen, W. F. and Han, D. J., "Plasticity for Structural Engineers", SpringerVerlag, New York (1988).

Im einzelnen bedeuten sie:

s_F^t = Fließspannung im Zugbereich

s_F^c = Fließspannung im Druckbereich

d = Länge des Spannungsvektors in der Deviatorebene

x = Längeneinheit auf der hydrostatischen Achse mit

$x = \sqrt{3}\,p$ dem hydrostatischen Druck p

„Cast Iron“ Plastizität

Die Fließfläche für „Cast Iron“ ist eine zusammengesetzte Fließfläche: Im Zugbereich gilt das *maximale Hauptspannungskriterium* nach *Rankine.* Im Druckbereich die *von Mises* Fließbedingung. Zur Darstellung der Fließflächen verwendet man den Hauptspannungsraum. Abbildung 2 zeigt die Rankine Fließfläche. Abbildung 3 zeigt den Blick in Richtung der hydrostatischen Achse mit der von Mises Fließfläche im Druckbereich.

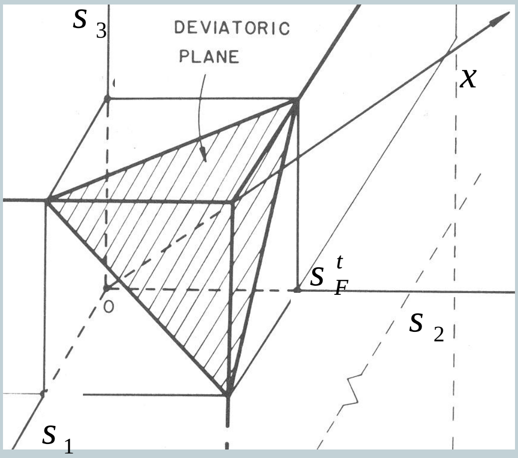

Abb. 2

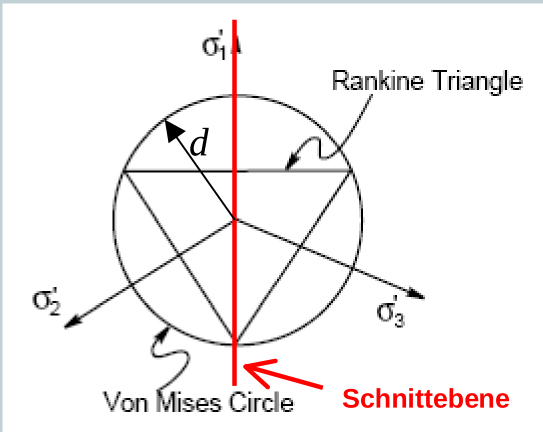

Abb. 3

Betrachtet man nun uniaxiale Zug- oder Druckzustände ($\sigma_1=\sigma$; $\sigma_2=\sigma_3=0$) entspricht dies einem Schnitt mit der rot eingezeichneten Schnittebene. Der Übergang vom Zug- in den Druckbereich wird durch den Schnittpunkt der *Rankine* mit der *von Mises* Fließfläche beschrieben (hier A).

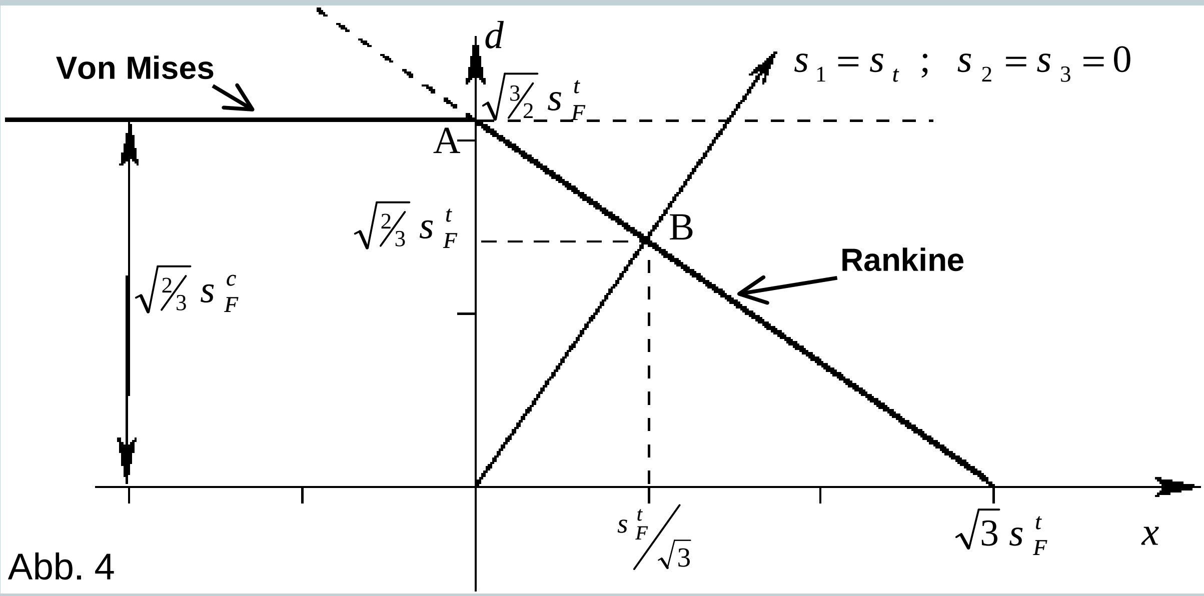

Abb. 4

„Cast Iron“ Plastizität

In Abbildung 4 ist dieser Fall für eine Druck- bzw. Zugfließspannung von

$$\sqrt{2/3}\, s_F^c = \sqrt{3/2}\, s_F^t \quad \Leftrightarrow \quad s_F^c = \tfrac{3}{2}\, s_F^t$$

dargestellt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang wo der Spannungspunkt im uniaxialen Fall die zusammengesetzte Fließfläche durchstößt. Hierzu eingezeichnet ist die σ_1-Achse (Punkt B). Wie man in diesem Fall erkennt, liegt dieser Punkt auf der *Rankine* Fließfläche. Dieser zugeordnet ist die Zugverfestigungskurve. Die Berechnung erfolgt wie erwartet.

Reduziert man nun z.B. die Druckfließspannung wandert Punkt A in Richtung Punkt B. Den Grenzfall erhält man für (Punkt A und B koinzident)

$$s_F^c = s_F^t$$

Reduziert man die Druckfließspannung weiter erhält man den in Abbildung 5 dargestellten Zustand. Hier für den Fall

$$s_F^c = s_F^t / \sqrt{2}$$

Entscheidend ist hier, dass der Durchstoßpunkt B nun auf der **von Mises** Fließfläche liegt, der die Druckverfestingungskurve zugeordnet ist. D.h. obwohl reiner Zug vorliegt, wird mit der Kurve für den Druckbereich gerechnet! In Sinne einer konsistenten Fließfläche ist dies völlig korrekt und erklärt das beobachtete Verhalten.

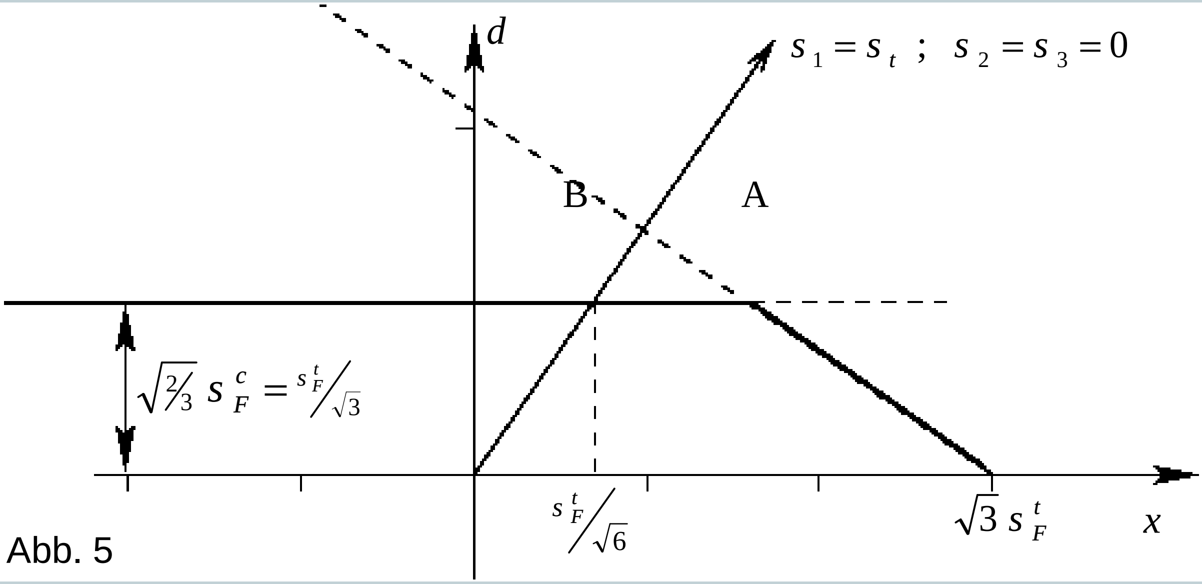

Abb. 5