

Vereinfachte Fließzonentheorie mit ANSYS

Hartwig Hübel
FH Lausitz, Cottbus

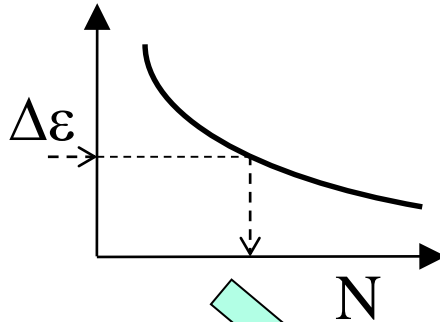
1. Lausitzer FEM-Symposium,
12. November 1999

Ermüdungs- und Ratcheting-Nachweise

Ermüdung:

Miner:

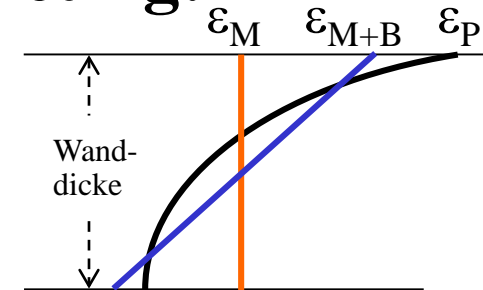
$$U_f = \frac{n}{N} \leq 1$$



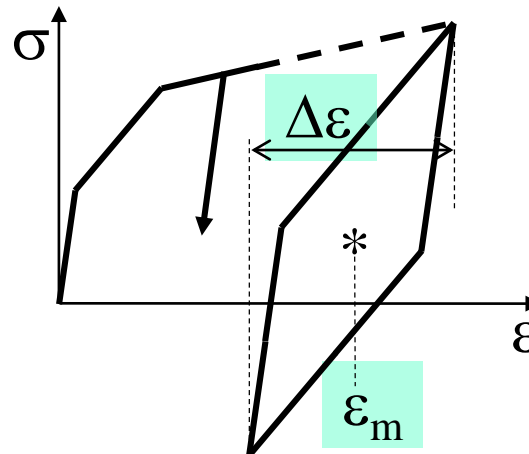
Ratcheting:

Dehnungs-
akkumulation:

$$\varepsilon_p \leq 5\%$$



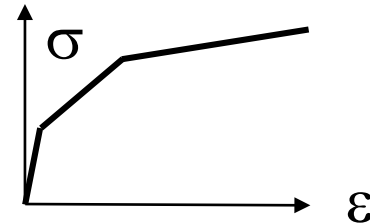
Dehnungen im Shakedown-Zustand:



→ $\Delta\varepsilon$ und ε_m mit der **VFZT** vereinfacht zu berechnen

Vereinfachte Fließzonentheorie (VFZT)

- beruht auf der Zarka-Methode
- dient der näherungsweise Berechnung plastischer Strukturen unter monotoner oder zyklischer Belastung
- Werkstoffgesetz:
 - » Fließfläche (z.B. Mises oder Tresca)
 - » kinematische Verfestigung (multilinear)
 - » keine isotrope Verfestigung
 - bei zykl. Belastung: nicht alle Arten von Material-Ratcheting erfaßbar;
kein infinites Ratcheting
- Vereinfachung:
 - » Belastungsweg muß nicht verfolgt werden
 - bei zykl. Belastung: nur Einspielzustand
 - nur Teil-Information: zwar: σ , ϵ , ... im Einspielzustand,
aber nicht: Evolution mit n



Vereinfachte Fließzonentheorie (VFZT)

- Idee der VFZT (am Beispiel Schwingbreiten-Berechnung):
 - » gewählter Ansatz: $\Delta\varepsilon^{pl}=(\Delta\rho+\Delta\mathbf{Y})/C$ in Fließzone V_p
 - » Umformulierung des elastisch-plastischen Problems als linear elastisches Problem mit
 - modifizierten elastischen Materialdaten E^* , ν^*
 - modifizierter Belastung durch Anfangsdehnungen $\varepsilon_0=\Delta Y/C$
 - » V_p und ΔY werden abgeschätzt (\rightarrow Näherungslösung)
 - » Lösung durch eine „modifizierte elastische Analyse“ (meA)
- Vergleich mit vereinfachter Methode des KTA-Regelwerkes (Faktor K_e):
bei der VFZT werden durch die meA Spannungsumlagerungen erfaßt:
 - » iterative Verbesserung der Ergebnisse möglich
 - » Einfluß der individuellen Bauteilgeometrie + Belastungsart erfaßbar
 - » Ermittlung weiterer Größen möglich (z.B. Verformungen usw.)

Vorgehensweise

zur Berechnung der Schwingbreiten

fiktiv elastische Analysen (f.el) der beiden Belastungszustände $\rightarrow \Delta\sigma^{\text{f.el}}$

schätze die Ausdehnung der Fließzone V_p

schätze die speziell definierte Variable ΔY ab

modifiziere Belastung:
tatsächliche Belastung \rightarrow Anfangsdehnungen

modifiziere elastische Parameter:
 $E, \nu \rightarrow E^*, \nu^*$

modifizierte elastische Analyse (meA) $\rightarrow \Delta\rho$

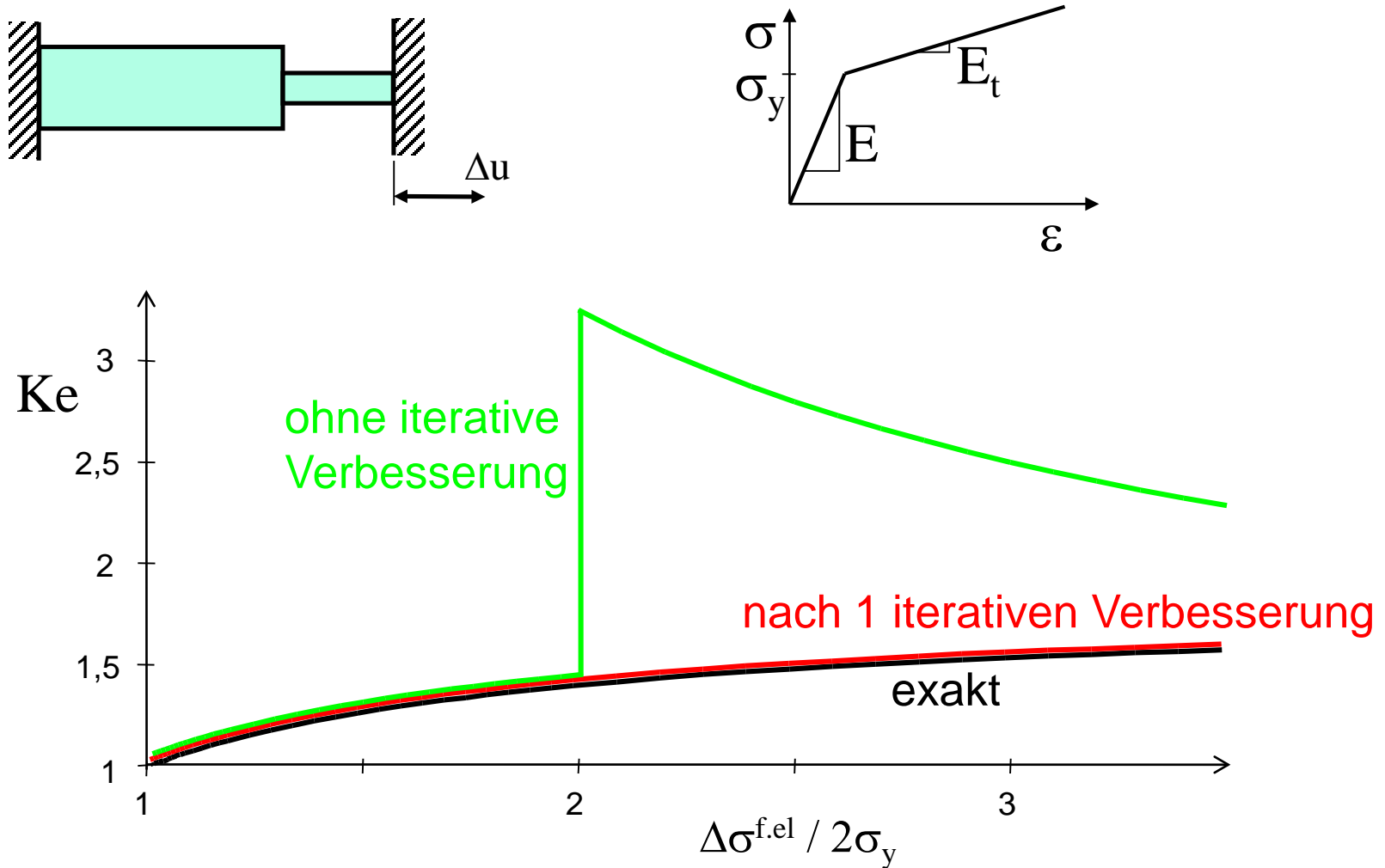
elastisch-plastische Lösung durch Superposition: $\Delta\sigma^{\text{el-pl}} = \Delta\sigma^{\text{f.el}} + \Delta\rho$

iterative Verbesserung von V_p und ΔY

erforderlicher numerischer Aufwand:

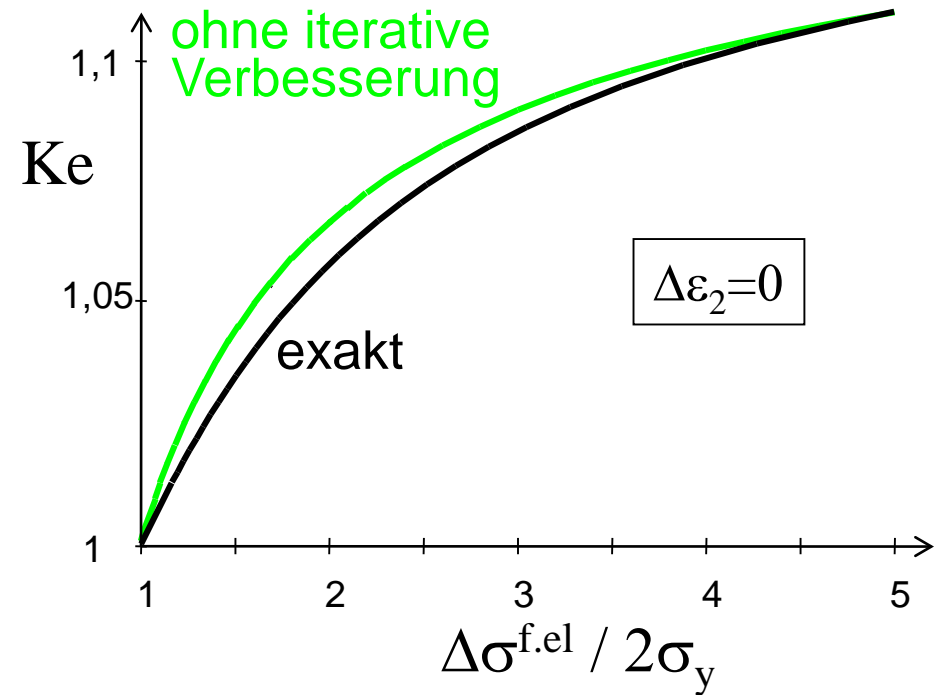
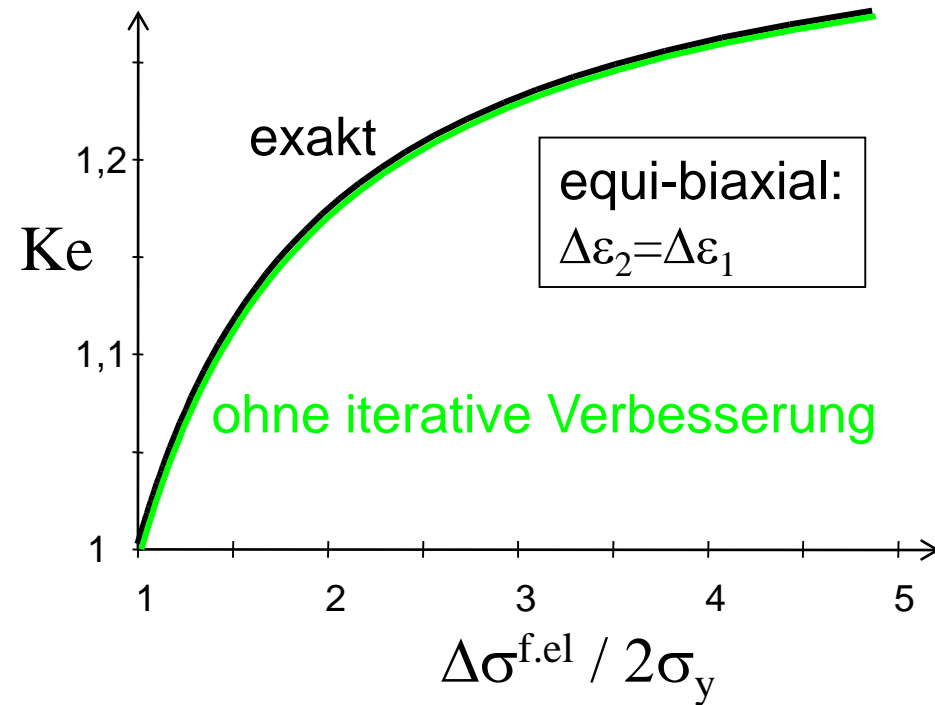
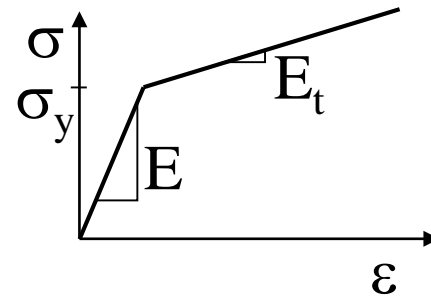
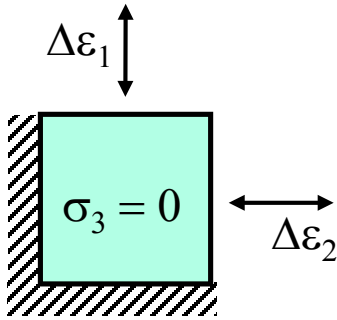
- » wenige lineare Analysen (fiktiv elastisch und modifiziert elastisch)
- » lokale Berechnungen

Bsp. Ermüdung: Zweistab-Modell



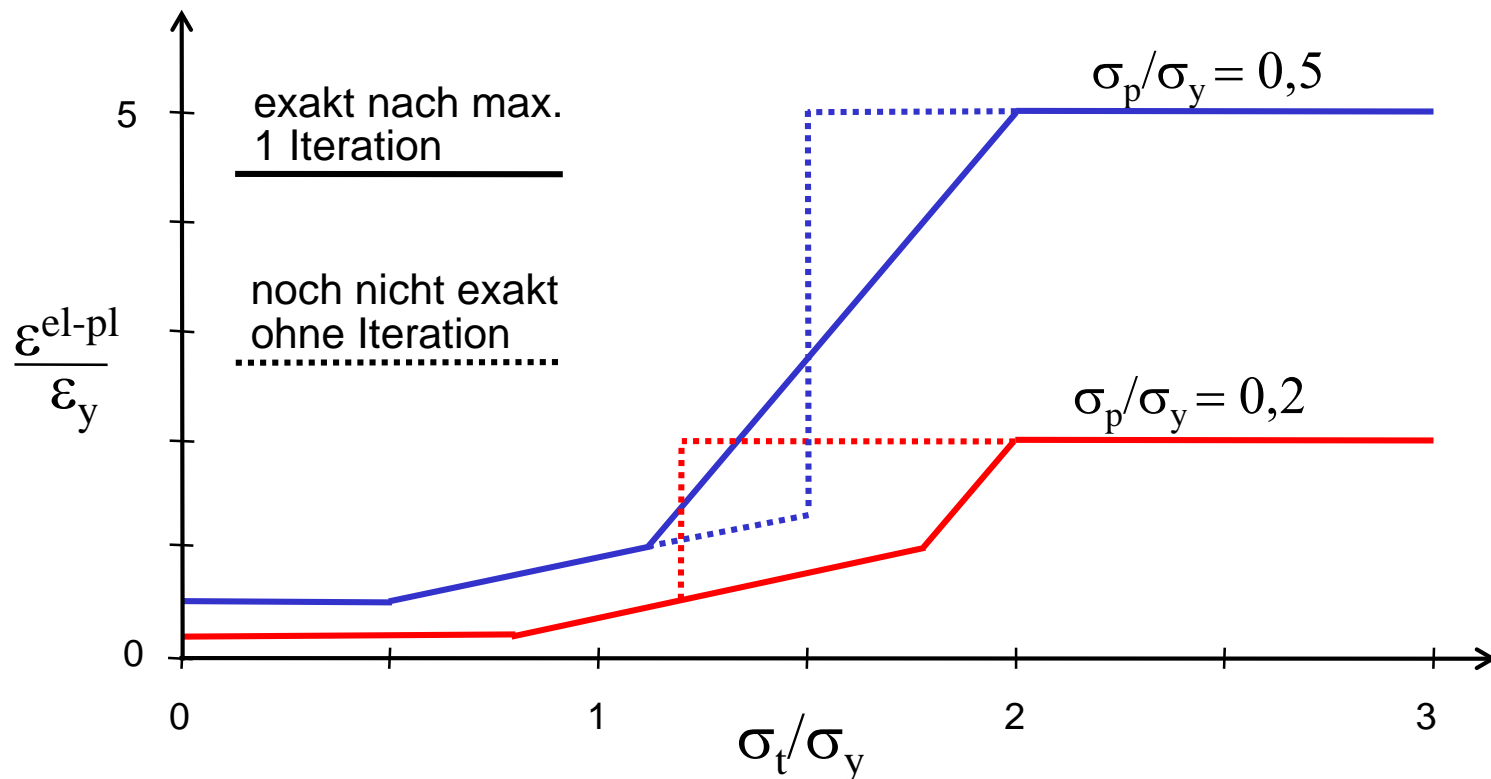
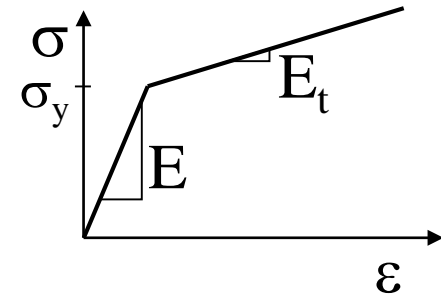
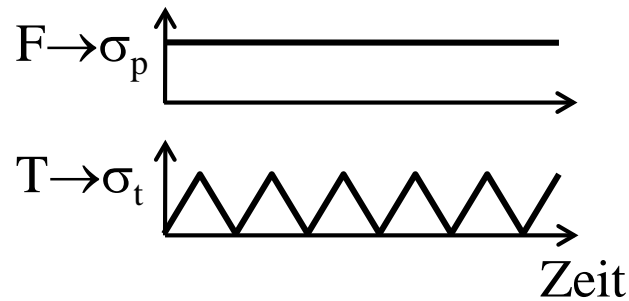
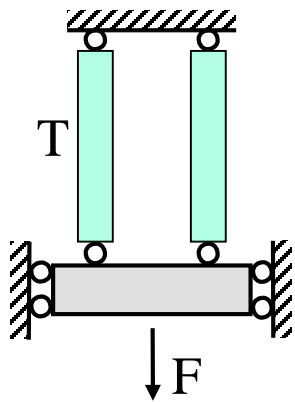
- exakte Ergebnisse erreicht nach maximal 2 meA

Bsp. Ermüdung: Ebener Spannungszustand



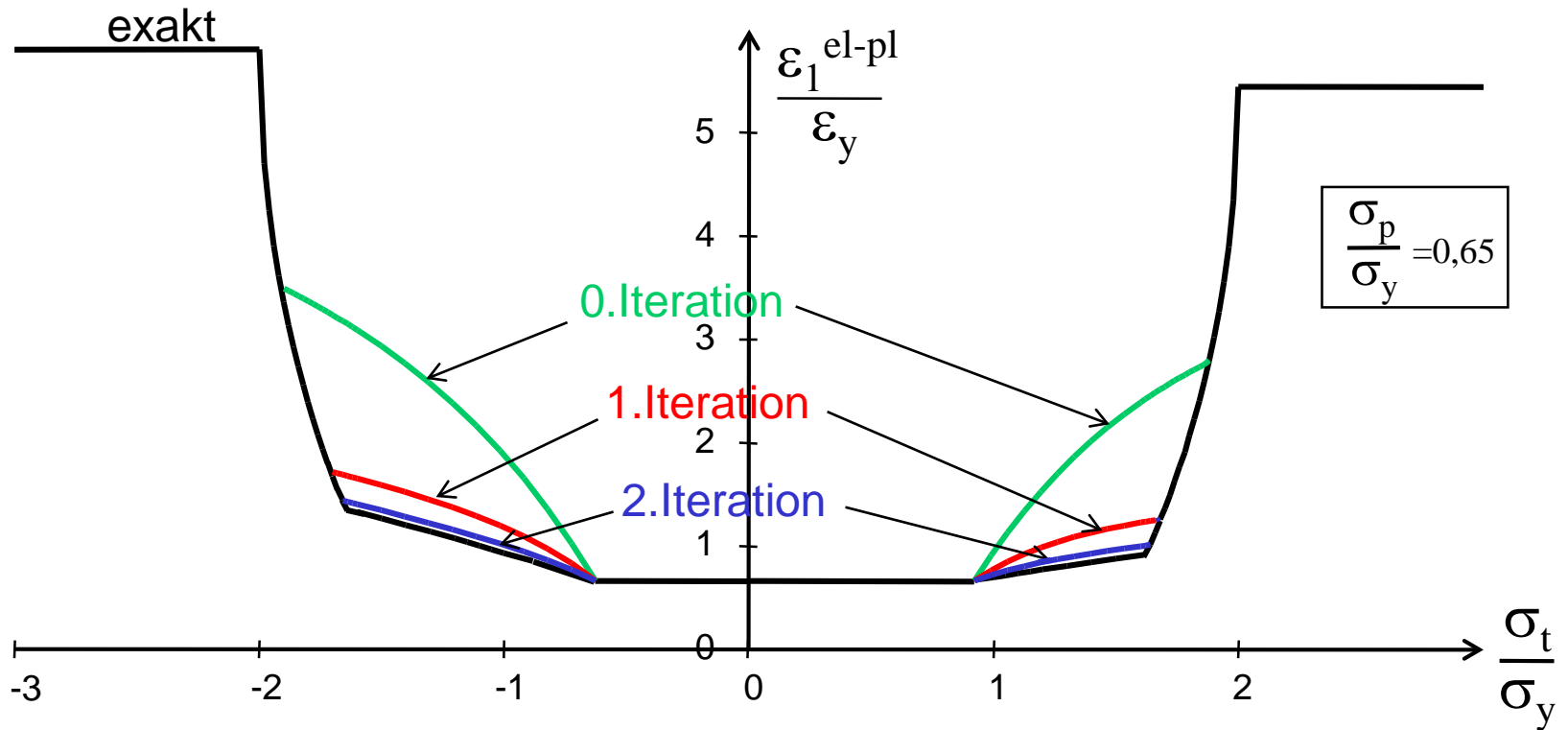
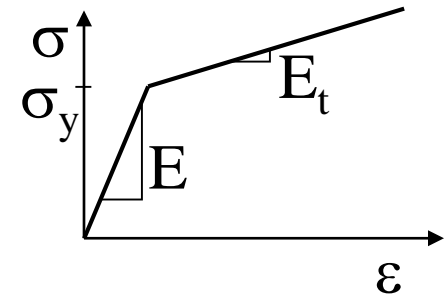
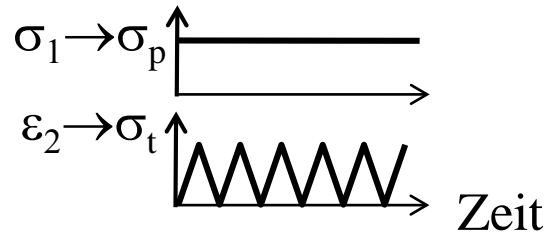
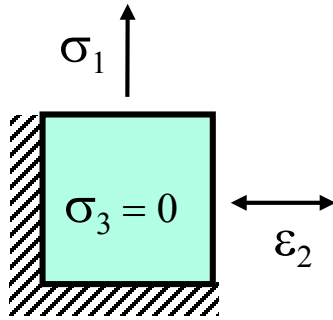
- exakte Ergebnisse oder gute Näherung erreicht nach 1 meA

Bsp. Ratcheting: Zweistab-Modell



- exakte Lösung erreicht nach maximal 2 meA

Bsp. Ratcheting: Ebener Spannungszustand



- gute Näherung erreicht nach maximal 3 meA

Zusammenfassung

- die VFZT ist eine vereinfachte Methode zur einheitlichen Berechnung plastischer Beanspruchungen für Ermüdungs- und Ratcheting-Nachweise
- die VFZT erfaßt alle maßgebenden Einflußgrößen zur Quantifizierung der Dehnschwingbreite und akkumulierter Dehnungen:
 - Belastungsniveau
 - Verfestigung des Werkstoffes
 - individuelle Bauteilgeometrie
 - beliebige Belastungsart
 - Primär-, Sekundär-, Spitzenspannungen erfaßt
 - plastische Querdehnungs-, lokale Kerb-, globale Struktureffekte berücksichtigt
- Beispielrechnungen (per Hand und mit der FEM) zeigen:
 - gute Näherung an exakte Lösung
 - bei geringem Berechnungsaufwand
(teilweise Gewinn um Faktor 10.000 gegenüber exakter Analyse)