

## Übung 5: Komplexe Materialeigenschaften: Plastizität

### Ziel der Übung:

- Betrachtung von elasto-plastischen Materialeigenschaften
- Simulation veränderlicher Kräfte sequentielle Lastschritte
- Berechnung von Strain-Hardening am Kragbalken

### Teil I: Einführung: Plastizität & Strain Hardening (Kaltumformung)

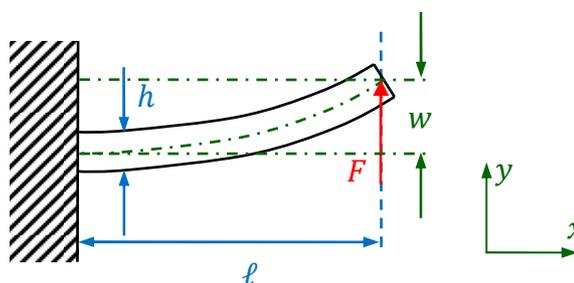
Spannungs-Dehungs-Kurven, Nicht-lineares Verhalten, dehbare und spröde Materialien...

Strain Hardening, Cold-Working, Cold Work-Yield Strength Kurven, ...

Siehe Übung und Handout...

### Teil II: Modellbeschreibung

Wir betrachten einen einfachen Kragbalken mit elasto-plastischen Materialeigenschaften und einer oszillierenden, am Balkenende aufgeprägten Kraft  $F$ . Sämtliche relevanten geometrischen und materialspezifischen Angaben sind in folgender Tabelle zusammengefasst:



$\ell$	1.000 mm	Länge des Balkens
$h$	60 mm	Höhe des Balkens
$t$	20 mm	Tiefe/Breite/Dicke des Balkens
$F_1$	16.000 N	Kraft bei <i>Load Step 1</i>
$F_2$	-21.500 N	Kraft bei <i>Load Step 2</i>
$F_3$	0 N	Kraft bei <i>Load Step 3</i>
$E$	$73.100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	E-Modul für Aluminium Al 2014-T6
$\nu$	0,33	<i>Poisson Ratio</i> (Querkontraktionszahl)
$E_t$	$7.310 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	<i>Tangent Modulus</i> (Tangentenmodu)
$\sigma_{\text{yield}}$	$414 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	<i>Yield Strength</i> (Fließgrenze)

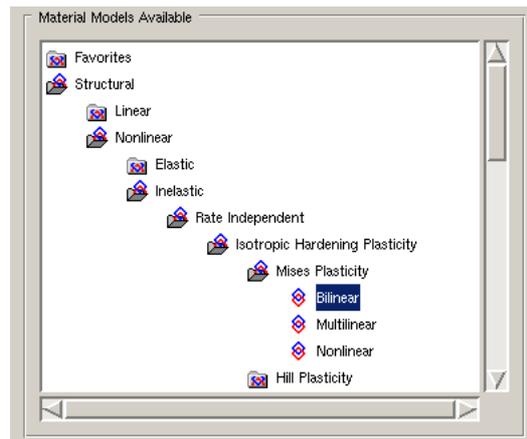
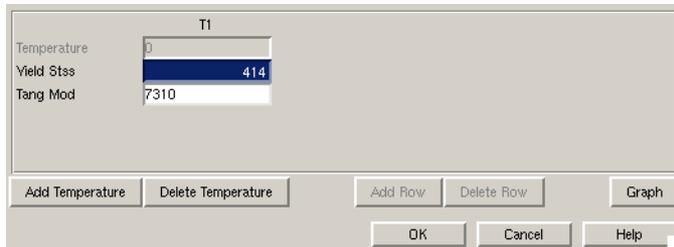
### Teil III: Strain Hardening Simulation

Starte ANSYS Classical. Lade den APDL-Programm rumpf von der Homepage herunter (*wget http://www.uni-ulm.de/usw.../blatt5\_rumpf.inp*) und lege ihn in dein Arbeitsverzeichnis. Vervollständige die Datei Schritt für Schritt. Die fehlenden Stellen sind mit „...“ markiert.

#### A.3.2 Define Material Properties:

Im ersten Schritt wollen wir die fehlenden Materialeigenschaften im APDL-Skript vervollständigen. Dazu verwenden wir wieder die GUI. Du kannst das Skript vorher bis zu der ersten auszufüllenden Stelle ausführen, indem du dort ein */eof* setzt.

- Öffne das *Material Models* Fenster (rechts).
- Wähle die Option „bilineare Plastizität“, wie im Bild veranschaulicht.
- Es öffnet sich folgendes Dialogfenster:



Benutze nun die *Help*-Schaltfläche um die passenden APDL-Befehle zur Definition des plastischen Verhaltens zu bekommen. Wie in der GUI müssen wir im APDL-Skript zuerst einen bilinearen Materialtyp und dann *Yield Stress* und *Tangent Modulus* angeben. Wir benötigen also zwei Befehle.

- Führe das erweiterte Skript aus und öffne das Fenster erneut. Die Werte sollten nun wie oben angegeben sein.
- Plote die zugehörige Spannungs-Dehnungs-Kurve mit Hilfe der Graph-Schaltfläche.

#### A.4.2 Applying the Loads:

Die Kraft soll in drei Schritten unterschiedlich aufgeprägt werden. Um die richtigen Befehle zu finden, geh auf „*Preprocessor* → *Loads* → *Load Step Option*“. Wir benötigen hier Befehle um Load Step Dateien zu schreiben, später auch den Befehl zum Auslesen.

#### B. Solution:

Als nächstes suchen wir einen Befehl, der das FE-Modell für alle drei Load Steps löst. Das bisher benutzte *SOLVE* ist hier nicht geeignet. Such in „*Solution* → *Solve*“ nach einem passenden Befehl.

#### C. Postprocessor:

Vervollständige das Skript, um auch plastische Dehnungen anzeigen zu lassen. Lasse die Ergebnisse für alle Load Steps anzeigen. Benutze auch die Funktion „*PlotCtrls* → *Capture Image*“ im Utility Menu (nicht Main Menu) und/oder „*General Postproc* → *Results Viewer*“ im Main Menu.

#### Aufgaben:

- a. Was ist die maximale elastische Dehnung im Balken?
- b. Was ist die maximale plastische Dehnung im Balken?
- c. Was ist die maximale Normalspannung  $\sigma_{xx}$  in  $x$ -Richtung?
- d. Warum gibt es nach der Entlastung des Balkens weiterhin elastische Dehnungen?
- e. Wo sind nach der Entlastung des Balkens Spannungen konzentriert und warum?
- f. Wo, wann und warum tritt Strain Hardening auf?