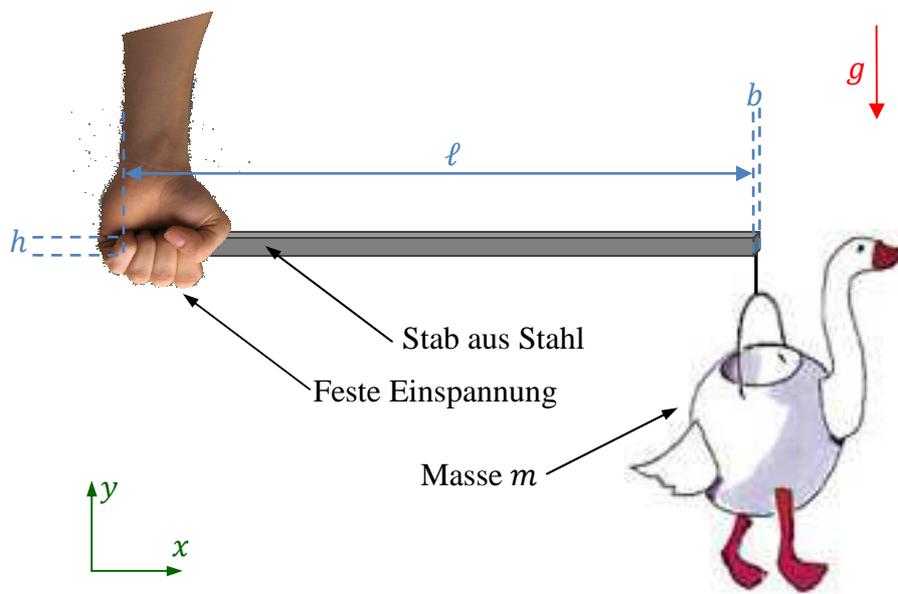


Übung 3: Sankt Martin und ANSYS Classical

Teil I: Ich geh mit meiner Laterne, ...

Zur Feier des Tages (nicht Fasching, St. Martin!) betrachten wir ein Kind namens Martin mit einer Laterne in Martinsgans-Form. Martin hat leider nur eine recht Schwere Kerze und fragt sich nun, wie weit sich der Stab wohl durchbiegen wird bzw. ob er überhaupt hält oder ob er nicht vielleicht bricht.



Daraufhin schnappt sich Martin Lineal und Küchenwaage und vermisst Laterne und Stab. Aus dem Internet bekommt das Kind weiterhin ein paar weitere nützliche Angaben. All das schreibt er in einer Tabelle auf:

ℓ	300 mm	Länge des Stabes
h	4 mm	Höhe des Stabes
b	3 mm	Dicke/Breite des Stabes
m	0,6 kg	Masse der Laterne
g	$10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	Ortsbeschleunigung
E	$210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	E-Modul
ν	0,3	Querkontraktionszahl
σ_{Bruch}	$235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	Bruchspannung von Stahl

Nun kommt der arme Martin nicht weiter. Wie soll er jetzt berechnen, ob die maximale Spannung kleiner als die Bruchspannung ist? HELFE DEM ARMEN KLEINEN MARTIN! Bevor du ANSYS startest, erstelle noch kurz ein Freikörperbild des Modells.

Teil II: Umsetzung in ANSYS Classical

1. Starten von ANSYS Classical

- a. Terminal öffnen und auf „zeus“ (oder „hera“) mit KIZ Account einloggen.
- b. Passendes Modul laden und ANSYS starten.

```
ssh -X s_bwuela@zeus.rz.uni-ulm.de
```

```
zeus$ module load cae/ansys
```

```
IMPORTANT: The ANSYS Academic site license is available to employees and
enrolled students of the University of Ulm only. The license is available
for teaching or research only. Commercial applications are not permitted.
```

```
zeus$ launcher130 &
```

- c. Es öffnet sich das Startfenster.

Wichtig: IMMER darauf achten, dass als Lizenz „**ANSYS Academic Teaching Advanced**“ eingestellt ist. **NIEMALS** „~~ANSYS Academic Research~~“.

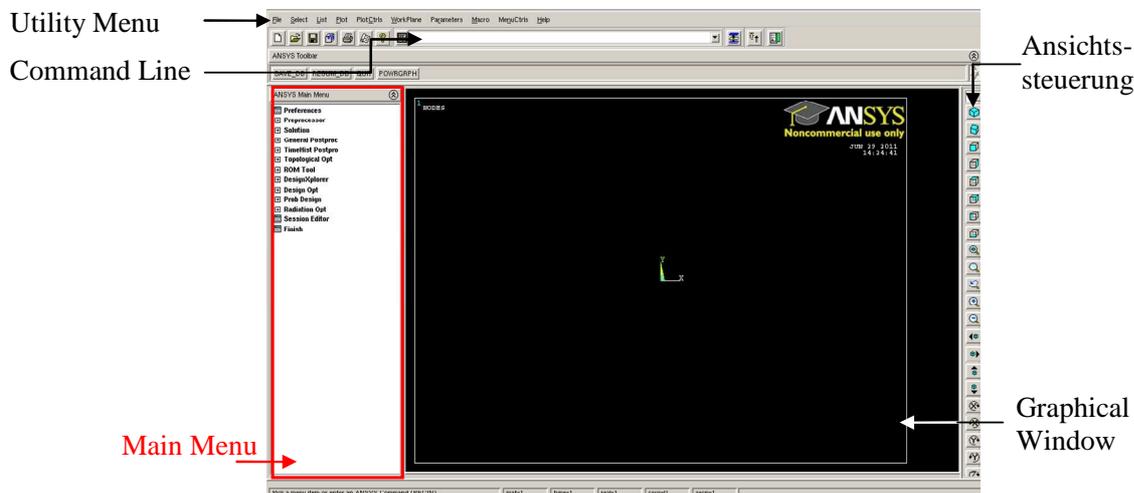


Außerdem kann im Startfenster ein Projektname und ein Ordner festgelegt werden, in dem die Dateien des Projekts abgespeichert werden sollen.



- d. Wir starten das Programm mit der Schaltfläche „Run“.

Elemente des ANSYS GUI



Bedienung von ANSYS Classical

ANSYS lässt sich auf drei unterschiedliche Arten bedienen.

Zum einen kann man über das Main Menu und das Utility Menu sämtliche Modell-, Modellierungs- und Simulationseinstellungen vornehmen. Diese Menus sind baumartig aufgebaut, am Ende öffnet sich in der Regel jeweils ein kleines Fenster, in dem man einige Einstellungen vornehmen kann.

ANSYS Classical lässt sich auch komplett über die Command Line bedienen. In den oben erwähnten Einstellungsfenstern steht häufig in [eckigen Klammern] ein Befehl, mit dessen Hilfe man die entsprechenden Einstellungen auch direkt angeben lassen. Die Form ist dabei in der Regel „*COMMAND, input1, input2, ...*“. Steht kein Befehl explizit im Fenster dabei, so kann man diesen in der Regel auch über die Hilfe-Funktion erhalten (s.u.). Dort erfährt man auch mehr über die erwarteten Input-Argumente. ANSYS ist nicht Case-Sensitiv.

Sämtliche Befehle lassen sich auch zu sogenannten APDL Scripts zusammenfassen, in der Regel einfache Textdateien mit Dateiendung „*inp*“. Hier lassen sich Befehle zusammenfassen und in der Command Line mittels „*INPUT, filename.inp*“ komplett ausführen.

ANSYS Hilfe

ANSYS besitzt sehr umfangreiche Dokumentationen bzw. Hilfe-Seiten. Öffnen sich Einstellungsfenster, so gibt es in der Regel eine *Help*-Schaltfläche. Alternativ kann man auch in der Command Line mittels „*HELP, command*“ die entsprechende Hilfeseite öffnen. Es öffnet sich ein eigenes Hilfe-Fenster (kann unter Umständen auf unseren Rechnern etwas dauern). Teilweise kann man auf einzelne Schaltflächen/Menüpunkte auch mit Hilfe eines Rechtsklicks und der Auswahl „*What's this?*“ kurze Informationen über die Funktionsweise erfahren.

Bildschirmfoto

Um Bildschirmfotos zu erstellen klickt man im Utility Menu auf „*PlotCtrls->Hard Copy...*“ und kann im sich öffnenden Fenster Farbe, Bildformat, ... einstellen.

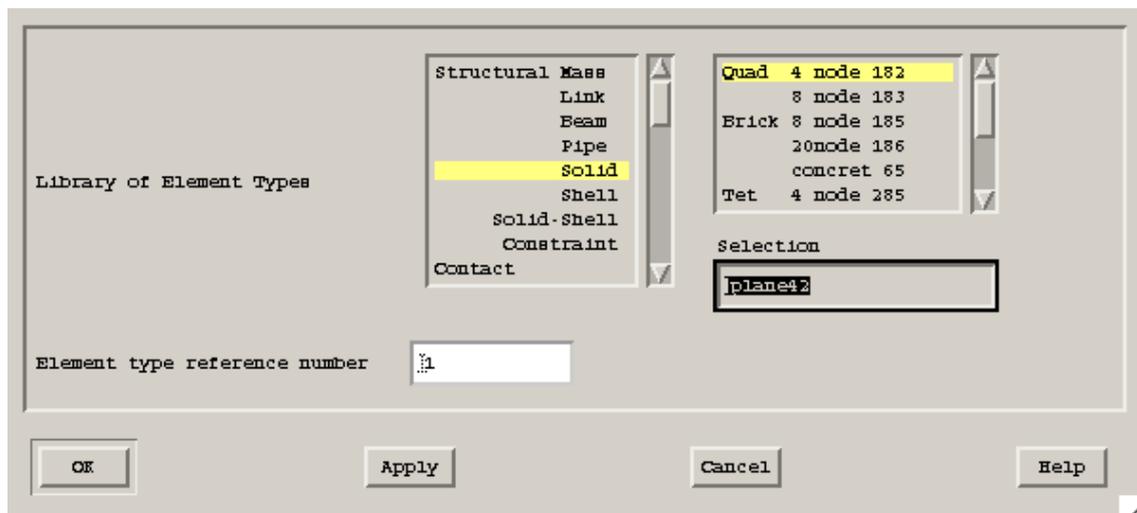
2. Preprocessor: Modell erstellen, Bindungen und Kräfte anlegen

Beginnen wir mit der Modellierung eines Kragbalkens. Wir erstellen lediglich ein 2D Modell. Die Breite des Tonstabes kann über eine Zusatzangabe nachträglich eingefügt werden.

2.a. Es reicht also aus, ein Rechteck zu erstellen. Dies geschieht zum Beispiel über die Verbindung von sogenannten Keypoints. Um diese zu erzeugen öffnen wir im Main

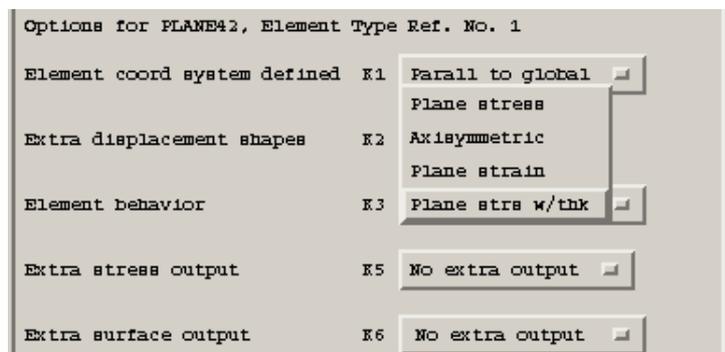
Menu „*Preprocessor* → *Modeling* → *Create* → *Keypoints* → *In Active CS*“. Über dieses Fenster geben wir nacheinander vier Keypoints an, durchnummeriert von 1 bis 4, mit Koordinaten x, y und z in Millimeter passend zu unserem Modell (wobei $z \equiv 0$, da wir nur ein 2D Modell betrachten).

- 2.b. Nun verbinden wir die Keypoints zu Linien über „*Preprocessor* → *Modeling* → *Create* → *Lines* → *Lines* → *Straight Line*“. Dies wiederholen wir vier Mal, bis wir die Umrisse eines Rechtecks erhalten.
- 2.c. Nun erzeugen wir die tatsächliche Fläche (ja, ist etwas umständlich so, trotzdem!) über „*Preprocessor* → *Modeling* → *Create* → *Areas* → *Arbitrary* → *By Lines*“ und wählen die Linien durch anklicken.
- 2.d. Nun bereiten wir unser Modell für das Vernetzen vor. Dazu müssen wir allerdings



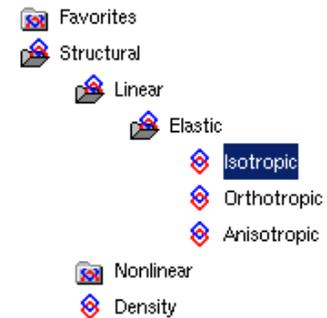
zuerst den Element-Typ der Finiten Elemente angeben. Dies geschieht über „*Preprocessor* → *Element Type* → *Add/Edit/Delete*“. Im sich öffnenden Fenster klicken wir auf *Add*. Wir wollen das Element „*Structural Solid* → *quad 4 node 42*“ auswählen. Dieses erscheint allerdings nicht in der Liste. Daher geben wir im Textfeld *Selection* das zugehörige Kürzel „*plane42*“ an, wählen unten noch die *Reference Number* 1 und bestätigen mit *OK*.

- 2.e. Anschließend klicken wir auf *Optionen* und wählen unter *Element Behavior* den Punkt *Plane Stress with thickness* aus. So können wir später angeben, dass unser Objekt auch eine gewisse Dicke besitzt.



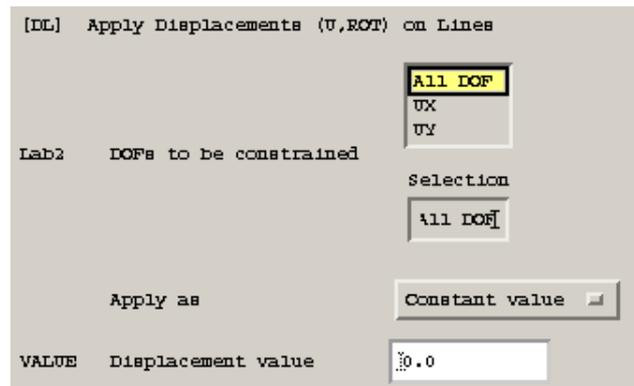
- 2.f. Zum tatsächlichen Vernetzen rufen wir nun „*Preprocessor* → *Meshing* → *Mesh Tool*“ auf und markieren *Smart Size* mit einer Feinheit 4. Wir betätigen den *Mesh* Knopf und ein weiteres Fenster öffnet sich. Hier kann man auswählen, wie man die zu vernetzende Fläche auswählen will. Wir lassen die Einstellungen auf *pick*, klicken dementsprechend auf unsere Fläche und bestätigen mit *OK*.

2.g. Kommen wir zu den Materialeigenschaften: unter „*Preprocessor* → *Material Props* → *Material Models*“. Hier wählen wir das einfachste Materialmodell: „*Structural* → *Linear* → *Elastic* → *Isotropic*“ und geben im sich öffnenden Fenster E-Modul und Querkontraktionszahl an. Außerdem wählen wir im Fenster das Feld *Density* aus und geben die passende Dichte an.

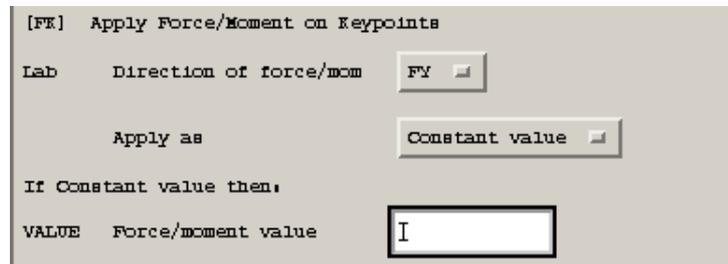


2.h. Um jetzt noch die Breite (bzw. Dicke) unseres Laternenstabs anzugeben, wählen wir auf „*Preprocessor* → *Real Constants* → *Add/Edit/Delete*“, dann auf *Add* und *OK* und geben die Dicke in Millimeter an.

2.i. Bevor wir den Preprocessor verlassen können, müssen wir noch Randbedingungen / Einspannungen setzen: „*Preprocessor* → *Loads* → *Define Loads* → *Apply* → *Structural* → *Displacement*“. Ob man nun *On Lines*, *On Keypoints* oder *On Nodes* auswählt, erzeugt keine großen Unterschiede und steht frei. Wir wählen auf jeden Fall den (gesamten!) linken Rand aus und fixieren diesen in beide Koordinatenrichtungen indem wir die Auslenkung auf null setzen.



2.j. Als letztes wird am rechten Rand nun noch eine Kraft aufgetragen. Es kommt auf die Anschauung an, ob diese am gesamten Rand oder nur am unteren Punkt angesetzt werden muss und darf frei ausgewählt werden. Über „*Preprocessor* → *Loads* → *Define Loads* → *Apply* → *Structural* → *Force/Moments*“ wählen wir dementsprechend wieder *On Lines*, *On Keypoints* oder *On Nodes* und geben die Kraft in N in die richtige Richtung an.



3. Solution

3.a. Da wir statische Probleme betrachten, müssen wir zunächst den Lösungstyp dementsprechend wählen. Unter „*Solution* → *Analysis Type* → *New Analysis*“ steht eine Auswahl von Analysearten bereit. Wir wählen die Option *Static*. Diese ermöglicht uns später zum Beispiel das Auswerten von Dehnungen und Spannungen.

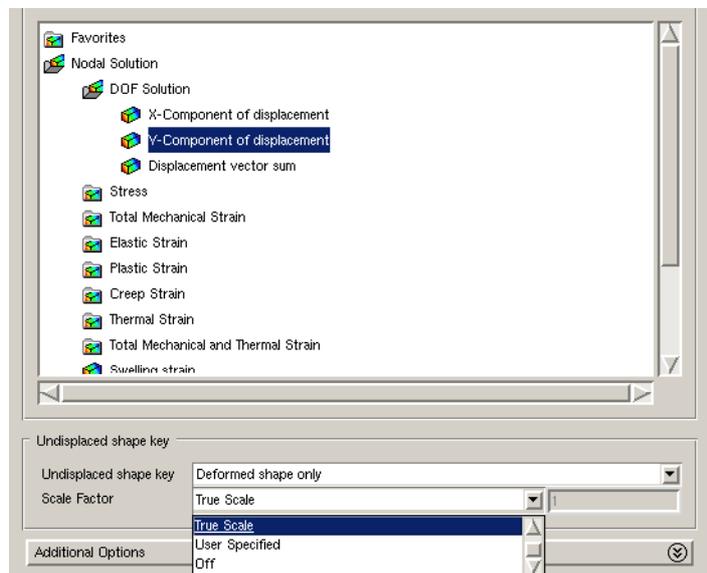
3.b. Wir lösen über „*Solution* – *Solve* – *Current LS*“. Nachdem die Lösung berechnet wurde wechseln wir in den Postprocessor um uns Resultate anzeigen zu lassen.

4. General Postprocessing

Wir rufen „*General Postproc* → *Plot Results* → *Contour Plot* → *Nodal Solu*“ auf.

4.a. Zuerst schauen wir uns die Auslenkung des Stabes an. Dazu rufen wir unter *DOF Solution* den passenden Punkt aus. Mit *Apply* wird der Plot erzeugt. Im Default Modus wird die Auslenkung skaliert angezeigt. Um ein Maßstabsgetreues Bild zu erhalten wählen wir aus der Auswahl bei *Scale Factor* den Punkt *True Scale*.

- (I) Wie hoch ist die maximale Auslenkung?



Wir rufen nun „*General Postproc* → *Plot Results* → *Contour Plot* → *Element Solu*“ auf.

4.b. Als nächstes wollen wir uns Dehnungen anzeigen lassen, genauer den kompletten 3d Dehnungszustand. Bevor wir allerdings die Plots tatsächlich erstellen, wollen wir uns noch ein paar Gedanken machen. Zunächst interessieren wir uns lediglich die Normaldehnungen in x - und y -Richtung, d.h. ε_{xx} und ε_{yy} .

- (II) Was wird wohl größer sein, die Dehnung in x - oder in y -Richtung?
 (III) Was würdest du erwarten, wo die (betragsmäßig) größten Dehnungen auftreten? Wähle nun im Fenster *Elastic Strain*. (engl. strain = Dehnung) und stelle die beiden Größen dar.
 (IV) Decken sich die Ergebnisse mit deinen Vermutungen? Wenn nein, überlege dir warum nicht. Bei totaler Ratlosigkeit, frage deinen Dozenten oder Übungsleiter. Betrachte nun alle drei Normaldehnungen und auch die drei Schubverzerrungen.
 (V) Fällt euch etwas Unerwartetes auf? Falls ja, was? Falls nein, weitermachen!

4.c. Nun zu den Spannungen. Wir wählen den Punkt *Stress* (engl. stress = Spannung) und stellen die Größen des Spannungstensors dar, insbesondere die Normalspannungen σ_{xx} , σ_{yy} und σ_{zz} in x -, y - und z -Richtung.

- (VI) Wie groß ist die betragsmäßig größte Spannung und wo im Stab tritt sie auf?
 (VII) Bricht der Stab bei dieser Belastung? Wo würde er im Falle dann wohl brechen?

4.d. Vielleicht ist euch aufgefallen, dass die Normalspannung σ_{zz} in z -Richtung Null ist, dagegen die Normaldehnung ε_{zz} von Null verschieden.

- (VIII) Finde eine Erklärung für dieses Phänomen. Vergleiche dazu die ε_{zz} mit ε_{xx} .

5. APDL Skript

Nächste Woche...