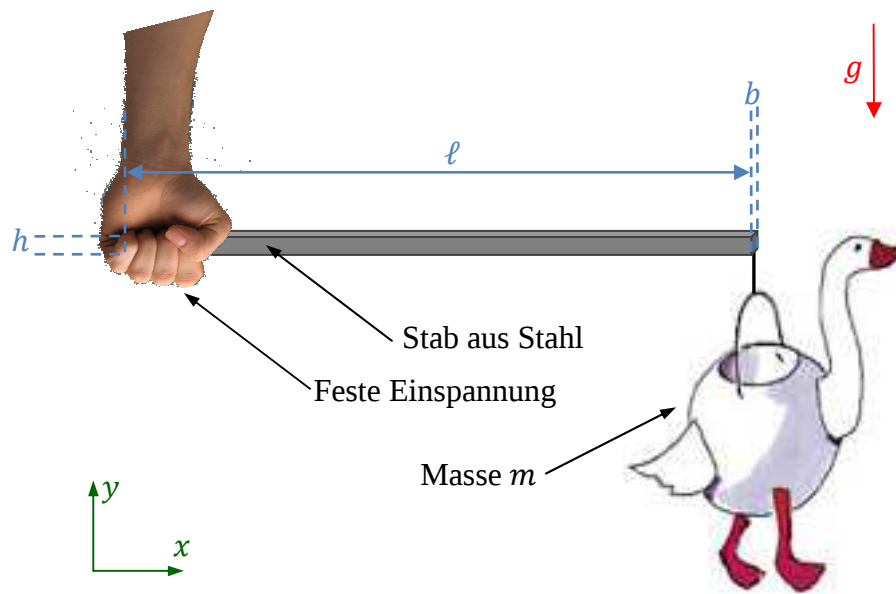


Übung 3: Sankt Martin und ANSYS Classical

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

Zur Feier von St. Martin diese Woche 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	Tiefe/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.

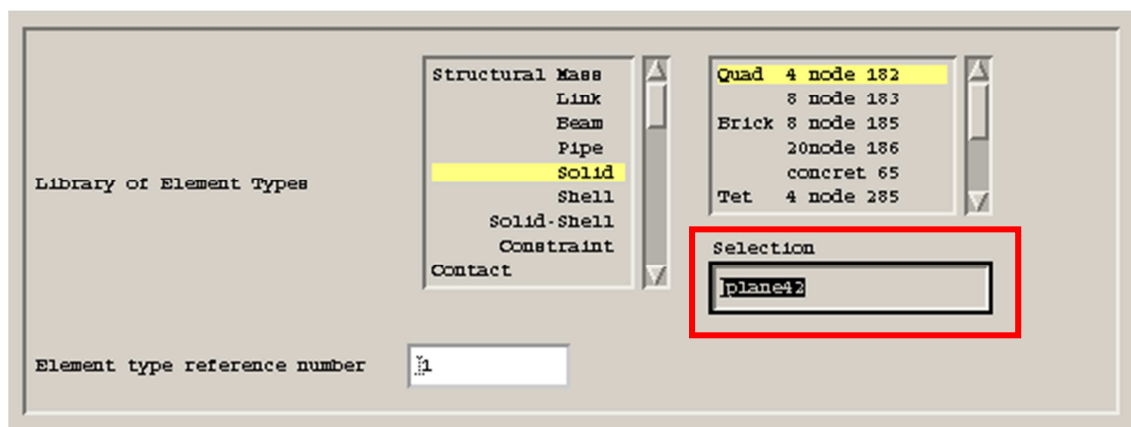
Teil II: Umsetzung in ANSYS Classical

1. Starten von ANSYS Classical: siehe Handout

2. Preprocessor: Modell erstellen, Bindungen und Kräfte anlegen

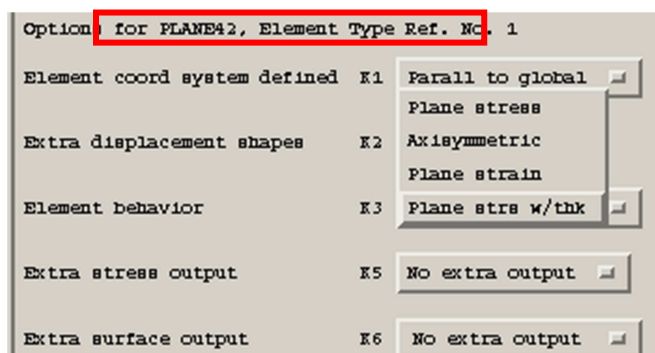
Beginnen wir mit der Modellierung eines Kragbalkens. Wir erstellen lediglich ein 2D Modell. Die Breite des Stabes kann über eine Zusatzangabe nachträglich eingefügt werden.

- 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. Über „*PlotCtrls → Numbering*“ und „*Plot*“ im Utility Menu können wir angeben, welche Elemente und wessen Nummern angezeigt werden sollen.
- 2.e. Nun bereiten wir unser Modell für das Vernetzen vor. Dazu müssen wir allerdings

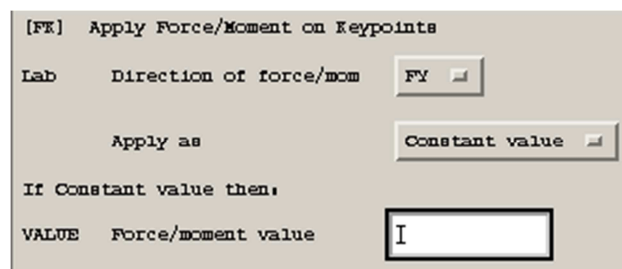
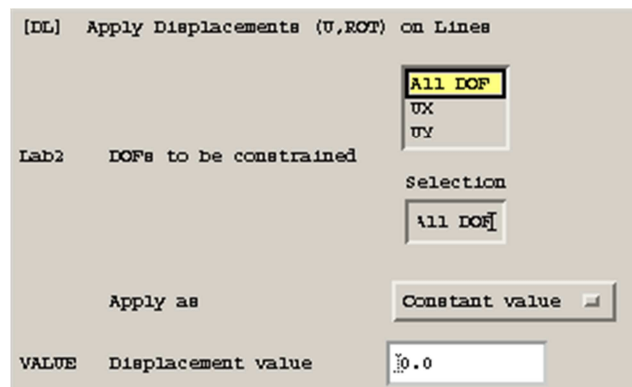
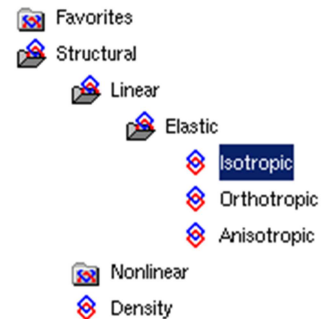


zuerst den **Element-Typ der Finiten Elemente** angeben. Dies geschieht über „*Preprocessor → Element Type → Add/Edit/Delete*“. Im sich öffnenden Fenster klicken wir auf *Add*. Wir wollen das Element „*Structural Solid → Quad 4 node 42*“ auswählen. Dieses erscheint allerdings nicht (mehr) in der Liste (sondern nur noch „*Quad 4 node 182*“). Daher geben wir im Textfeld *Selection* (siehe Bild) das zugehörige Kürzel „*plane42*“ an, wählen unten noch die *Reference Number 1* (wird später wichtig) und bestätigen mit *OK*.

- 2.f. 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.g. 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 blassen die Einstellungen auf *pick*, klicken dementsprechend auf unsere Fläche und bestätigen mit OK.
- 2.h. Kommen wir zu den **Materialeigenschaften**: Wir wollen ein lineares Modell betrachten, also annehmen, dass das Hook'sche Gesetz gilt. Außerdem betrachten wir Elastische isotrope Materialien, d.h. richtungsunabhängige Dehnungseigenschaften. Wähle „*Preprocessor* → *Material Props* → *Material Models*“ und wählen also das Materialmodell „*Structural* → *Linear* → *Elastic* → *Isotropic*“ und geben im sich öffnenden Fenster E-Modul und Querkontraktionszahl an.
- 2.i. Um jetzt noch die **Breite (bzw. Tiefe) unseres Laternenstabs** anzugeben, wählen wir auf „*Preprocessor* → *Real Constants* → *Add/Edit/Delete*“, dann auf *Add*. Wir wählen Element Typ 1, bestätigen mit OK und geben die Dicke in Millimeter an.
- 2.j. 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.k. 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.

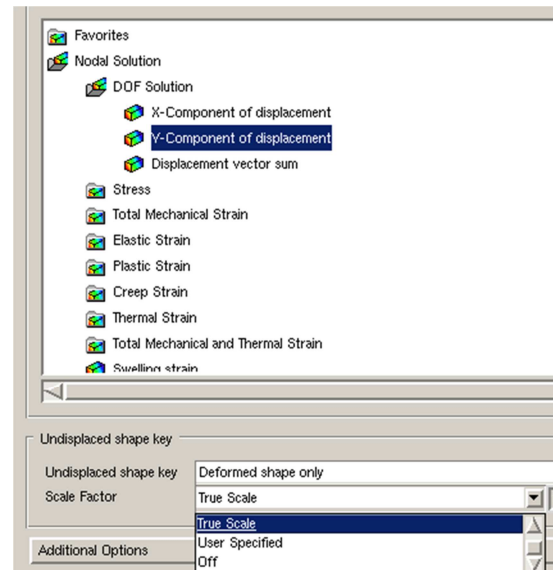
- 3.b. Wir **lösen** über „*Solution – Solve – Current LS*“. Nachdem die Lösung berechnet wurde wechseln wir in den Postprocessor um uns Resultate anzeigen zu lassen.

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 Dehungszustand. 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 würdest du erwarten, wo die (betragsmäßig) größten Dehnungen auftreten?
 (III) Was wird wohl größer sein, die maximale Dehnung in x - oder in y -Richtung?
 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} .