

# Aufgabe 5: Geometrische Nichtlinearität bei der Biegung einer Angelrute



## Hintergrund

Eine lineare FE-Analyse ist nur dann linear, wenn alles an ihr linear ist. Dabei wird auch vorausgesetzt, dass die zu berechnenden Verschiebungen (im Falle einer strukturmechanischen Anwendung) klein bleiben, verglichen mit den übrigen Abmessungen. Diese Annahme ist bei der elastischen Verformung der Angelrute im oberen Bild, sicherlich nicht gut erfüllt.

Will man Probleme dieser Art berechnen, muss der nichtlineare Einfluss dieser „großen“ Verschiebungen extra eingeschaltet werden.

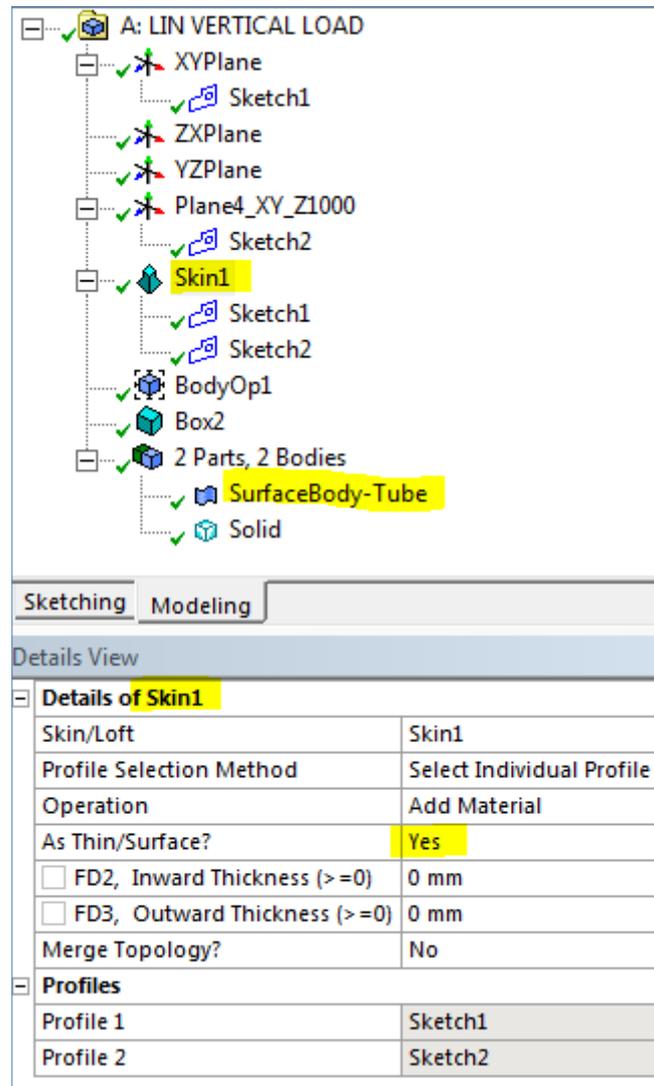
## Ziel der Übung

→ Berücksichtigung des Einflusses geometrischer Nichtlinearitäten

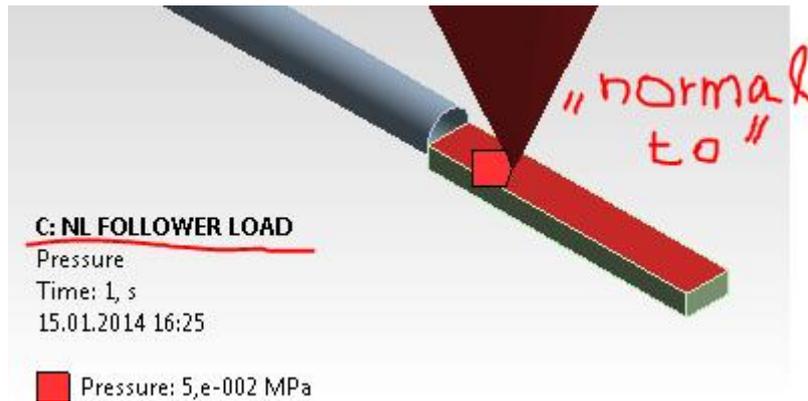
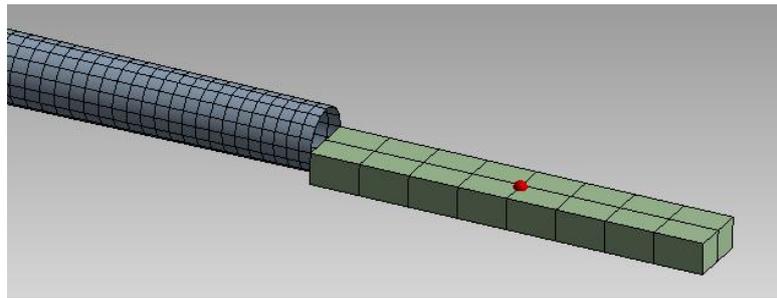
## Arbeitsschritte

1. Starte mit der Entwicklung eines FE-Modells einer Angelrute (Static Structural) mit folgenden Eigenschaften (**Fall A: Linear, vertikale Last**):
  - Geometrie: Die Angelrute mit sich verjüngendem Durchmesser soll als kegelförmiges Rohr mit einer Shelloberfläche modelliert werden (siehe Bild unten). Zur späteren Aufprägung der Kraft soll ein kleiner Hilfsquader am oberen Ende des Rohres angeklebt werden, der es erlaubt, auf einer seiner ebenen Flächen die Querkraft in Form einer Kraft (= „force“) oder eben auch in Form einer Oberflächenspannung (= „pressure normal to“) aufzubringen (siehe Bild im Anhang).
  - Netz: Das Rohr (Fläche) sollte mit Viereck-Shell-Elementen vernetzt werden können (siehe Bild im Anhang).
  - Material: Für die Angelrute soll ein übliches Kompositmaterial definiert und verwendet werden (siehe Bild im Anhang).
  - Randbedingungen: Das dickere (untere) Ende wird fest eingespannt, am dünneren (oberen) Ende soll eine Kraft aufgeprägt werden, die so stark ist, dass die Absenkung etwa die Hälfte der Rutenlänge beträgt. Das erste Modell soll eine lineare Analyse liefern, hier bleibt die Option „Large Deflection“ noch ausgeschaltet und die Last wird wie gewohnt als „force“ in vertikaler Richtung definiert.
2. Nun werden durch Kopieren des ersten Modells in Workbench zwei weitere erzeugt, bei denen Material, Geometrie und Netz übertragen werden sollen (siehe Bild und Hinweise unten).
  - **Fall B: Geometrisch Nichtlinear, vertikale Last**: In diesem Modell wird nun die Option für die nichtlineare Berücksichtigung des Verschiebungszustandes „Large Deflection = On“ (in APDL: nlgeom,1) eingeschaltet (siehe Bild unten).
  - **Fall C: Geometrisch Nichtlinear, mitbewegte Last**: In diesem Modell wird zusätzlich angenommen, dass die Querkraft immer senkrecht zur Angelrutenspitze wirkt (follower load). Dazu muss die Kraft als „pressure“ von entsprechender Größe mit der Option „normal to“ auf einer entsprechenden Fläche aufgeprägt werden.
3. Vergleiche für die drei verschiedenen Modelle die folgenden Ergebnisse:
  - Verformungen,
  - Spannungen und Dehnungen,
  - Einspannkräfte (Richtungen) und -moment.
  - Erkläre die Unterschiede!

## Anhang



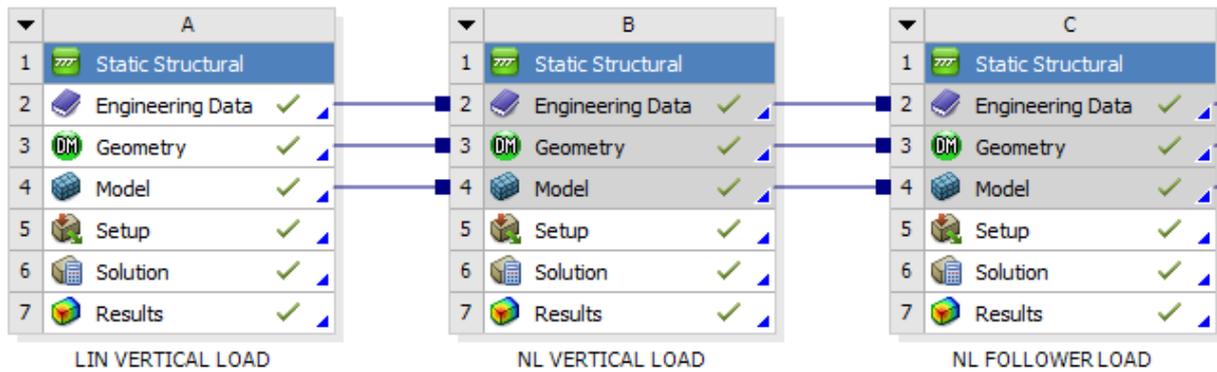
**Bild: Geometrieerstellung:** Plane4 wurde so erstellt, dass sie um die Länge der Angelrute parallel zur Ebene XY verschoben ist. In beide Ebenen wurden Sketche erstellt, die Kreise unterschiedlicher Durchmesser enthalten. Über beide Kreise wurde ein Skin gezogen. Option Thin/Surface führt auf einen Shellbody, sonst würde ein Kegelstumpf-Volumen entstehen. An der Spitze der Angelrute wurde ein Quader angebracht, an dem die Last wirken soll.



**Bild: Hilfsquader zur Aufbringung der Querkraft als „Pressure“.**

Property	Value	Unit		
<input checked="" type="checkbox"/> Orthotropic Elasticity				<input type="checkbox"/>
Young's Modulus X direction	27000	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Young's Modulus Y direction	6500	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Young's Modulus Z direction	6500	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Poisson's Ratio XY	0,3		<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Poisson's Ratio YZ	0,3		<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Poisson's Ratio XZ	0,3		<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Shear Modulus XY	2200	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Shear Modulus YZ	2000	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Shear Modulus XZ	2200	MPa	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

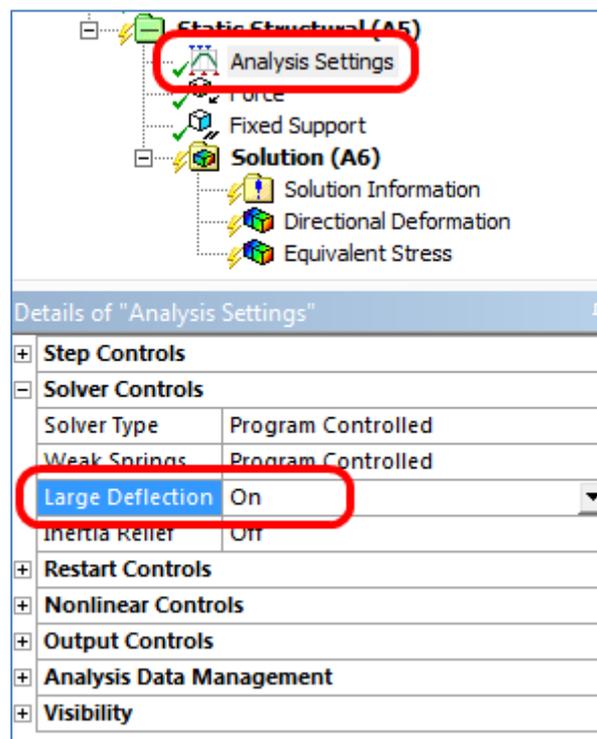
**Bild: Materialparameter für ein anisotropes GFK-Material.**



**Bild: Drei Modellvarianten mit identischem Netz und Material in einem Projekt. Erzeugung entweder durch**

**(a) Ziehen eines neuen Modells IN das Feld „Model“ eines schon bestehenden Static-Structural-Modells oder**

**(b) durch den Kontextbefehl (Klick auf den Pfeil in der linken, oberen Ecke) „Duplicate“ und anschließende manuelle Verbindung der zu übernehmenden Felder.**



**Bild: Option zum Einschalten der geometrischen Nichtlinearität.**