

## Übung 11: Xylophon, Modalanalyse, ANSYS

### Teil I: Modellierung der Eigenfrequenzen und Eigenmoden des Xylophon Tons Fis



Wir betrachten ein einfaches handelsübliches Xylophon mit Tonstäben aus Stahl. Durch Messungen erhalten wir für den Ton Fis, der durch eine Frequenz von 740 Hz bestimmt ist, folgende Maße von Aufhängung zu Aufhängung:

- Länge  $\ell = 82$  mm,
- Höhe  $h = 1,90$  mm,
- Breite  $b = 20$  mm.

Außerdem ist uns bekannt, dass Stahl folgende Eigenschaften aufweist:

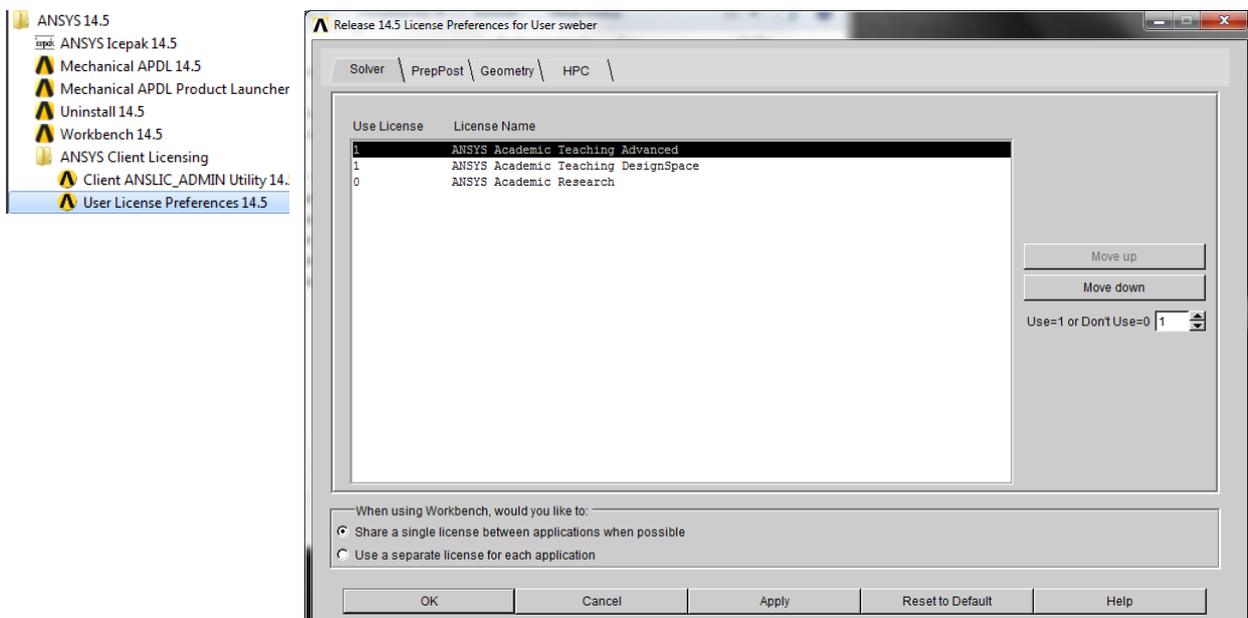
- E-Modul  $E = 210000$  MPa,
- Querkontraktionszahl  $\nu = 0,3$  und
- Dichte  $\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Im Folgenden werden wir versuchen, die Eigenschaften dieses Xylophon-Tons zu simulieren. Dazu benutzen wir das Programm ANSYS Workbench. Wir interessieren uns im Wesentlichen für die Eigenfrequenzen und Eigenmoden des Tons und wollen herausfinden, wie der Ton auf unterschiedliche Veränderungen wie zum Beispiel des Materials, der Länge, Breite, Höhe und Form des Tonstabes reagiert.

### Teil II: Umsetzung in ANSYS Workbench

#### ANSYS Lizenzmanager

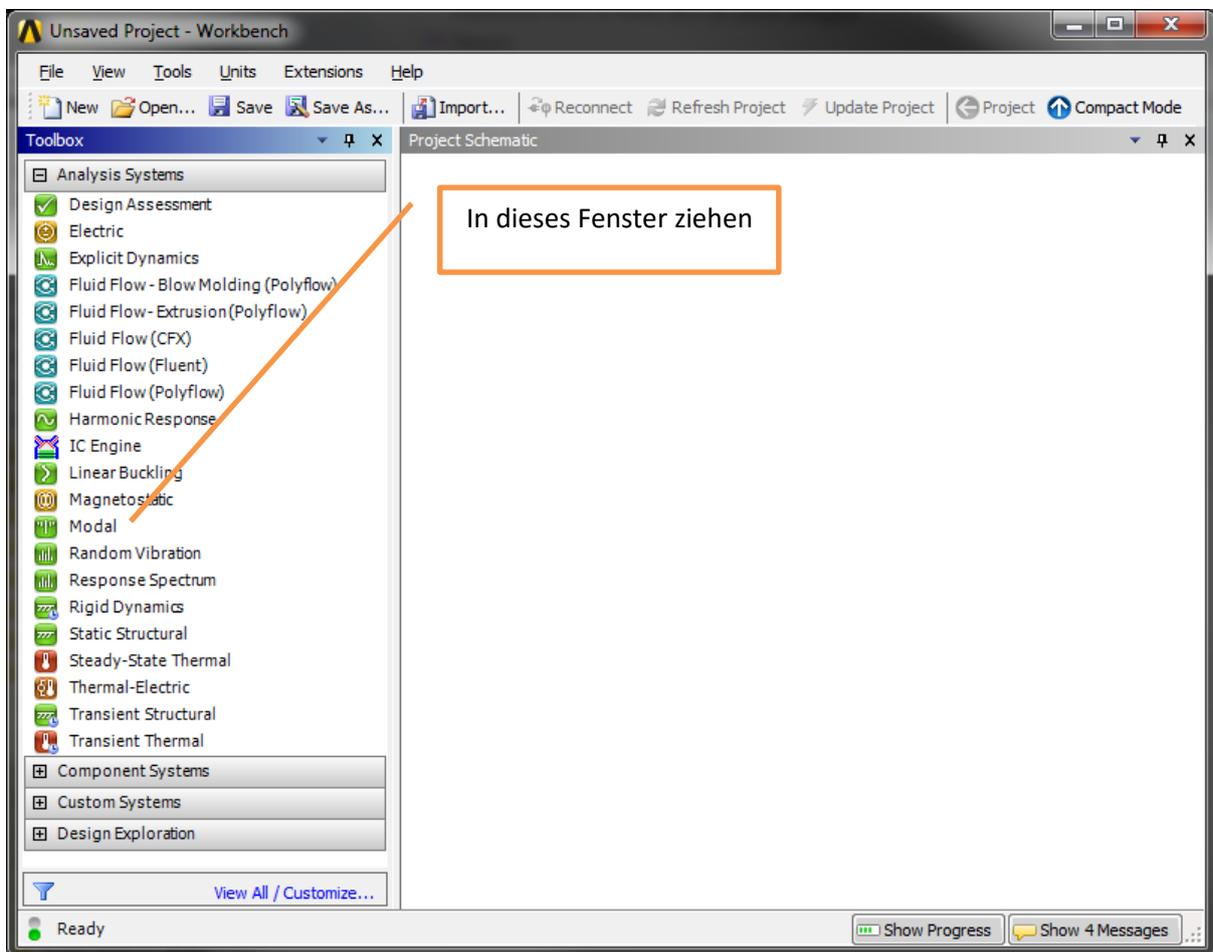
- Öffnet ANSYS License Preferences und legt die Lizenzen wie folgt fest. Es sollte immer vorzugsweise „**Teaching Advanced**“ verwendet werden.



- Geht sicher dass ihr die „**Academic Research**“ Lizenz auf 0, bzw. ausstellt. Sie sollte in den Übungen nie verwendet werden.

### Modell festlegen und die Workbench-Session

- In der neuen Workbench-Session lässt sich der Modelltyp auswählen.
- Wir möchten eine Modalanalyse eines Körpers durchführen. Das korrespondierende Modul dazu ist die **Modal** Analyse.
- Zieht das Modal Feld aus der Toolbox nach rechts in das Project Schematic Fenster um diese Analyse zu erstellen.



### Materialeigenschaften

- Die Materialeigenschaften können im Engineering Data Modul definiert werden. Öffnet dieses mit einem Doppelklick.
- Erstellt euch ein neues Material und gebt diesem einen entsprechenden Namen.
- Fügt dem Material die erwünschten Eigenschaften zu und legt diese im Properties Fenster fest.

- Kehrt zurück zur Workbench-Session indem ihr das Tab schließt.

### Design Modeler: Modellgeometrie erstellen

ANSYS verfügt über einen eigenen CAD modeler. Hiermit lassen sich die allermeisten Projekte problemlos erstellen ohne auf eine zweite Software zurückzufallen.

- Öffnet den Design Modeler mit einem Doppelklick auf Geometry.
- Erstellt den Xylophon Balken indem ihr **Create -> Primitive -> Box** wählt.
- Gebt die entsprechenden Dimensionen im **Details View** Fenster an.
- Drückt auf **Generate** (den gelben Blitz) um dieses Teil zu erstellen.

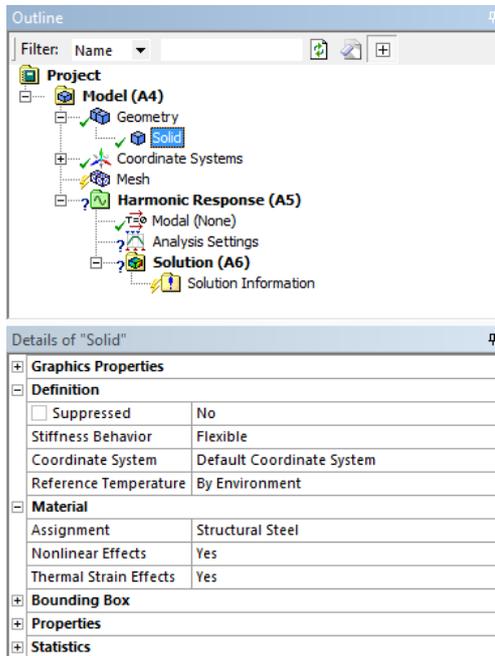
Details View	
[-] Details of Box1	
Box	Box1
Base Plane	XYPlane
Operation	Add Material
Box Type	From One Point and Diagonal
Point 1 Definition	Coordinates
<input type="checkbox"/> FD3, Point 1 X Coordinate	0 mm
<input type="checkbox"/> FD4, Point 1 Y Coordinate	0 mm
<input type="checkbox"/> FD5, Point 1 Z Coordinate	0 mm
Diagonal Definition	Components
<input type="checkbox"/> FD6, Diagonal X Component	82 mm
<input type="checkbox"/> FD7, Diagonal Y Component	1,9 mm
<input checked="" type="checkbox"/> FD8, Diagonal Z Component	20 mm
As Thin/Surface?	No

- Wer bereits mit ANSYS gearbeitet hat, darf sich überlegen ob er noch gerundete Ecken oder Löcher einfügen möchte.
- Schließt das Fenster um zur Workbench-Session zurückzukehren.

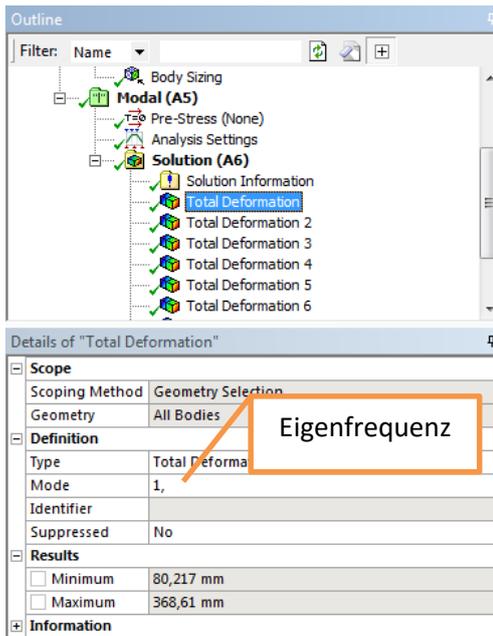
### Mechanical Module: Modelleigenschaften und Simulation

- Öffnet das Mechanical Modul mit einem Doppelklick auf Model.
- Im Wesentlichen besteht ein Model aus den folgenden Teilen:
  - Geometrie und Materialeigenschaften
  - Vernetzung
  - Randbedingungen und eingeprägte Kräfte

- Weist eurem Bauteil die entsprechenden Materialeigenschaften zu. Im Outline Fenster wählt unter Geometry euren Solid, und im Details Fenster, unter Material, wählt euer im vorherigen Schritt erstelltes Material.



- Vernetzt das Bauteil. Mit einem Rechtsklick auf Mesh könnt ihr Netzeigenschaften einfügen. Fügt eine Sizing Eigenschaft ein, und wählt diese so, dass euer Bauteil auch in der Höhe mindestens zwei Elemente aufweist. Ein Netz wird erstellt, indem ihr auf Generate klickt.
- Normalerweise müssen jetzt noch die Randbedingungen definiert werden. Warum ist das hier nicht nötig?
- Wählt im Outline Fenster **Analysis Settings** aus, und legt hier die Anzahl der zu findenden Eigenfrequenzen fest. Lasst euch zunächst mindestens 12 berechnen.
- Mit einem Rechtsklick auf **Solution** fügt ihr eure erwünschten Ausgaben bei. Wählt Insert -> Deformation -> Total. Tut dies für jede Eigenfrequenz die ihr euch anschauen wollt.
- Wählt ihr im Outline einen eurer erstellten Total Deformation Ausgaben, so lässt sich hier im Details Fenster eine auszugebende Eigenfrequenz wählen.



- Drückt oben auf **Solve** um die Simulation zu starten.

## Fragen und Aufgaben

1. Was stellen die ersten 6 Moden dar? Füge Einspannungen an den Rändern zu deinem Modell hinzu, und lasse dir die Eigenfrequenzen nochmal auswerten.
2. Berechne die ersten 12 Eigenfrequenzen mit Hilfe der Formel auf Seite 37 des MMSM Skriptes. Gerne darf dabei auf Matlab zurückgegriffen werden (Programm rumpf auf Homepage). Gib anschließend nochmals in ANSYS die ersten 12 Eigenfrequenzen aus und vergleiche. Wodurch erklärst du dir den Unterschied?
3. Prüfe nun den Einfluss des Werkstoffs auf die 1. Eigenfrequenz. Verwende zum einen Aluminium ( $E = 71000 \text{ MPa}$ ,  $\rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) und zum anderen Holz ( $E = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\rho = 650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ). Wie verändert sich der Ton bzw. die 1. Eigenfrequenz. (Vorsicht mit den Einheiten).
4. Welchen Einfluss hat die Dicke auf die 1. Eigenfrequenz? Welchen Einfluss hat die Höhe auf die 1. Eigenfrequenz? Hast du für diesen Effekt eine Erklärung? Stimmen die beobachteten Effekte mit den aus der analytischen Formel erwarteten überein?
5. Für fortgeschrittene: „Fräse“ ein Loch in den Werkstoff an der Unterseite und betrachte die neuen Eigenschwingungen und Frequenzen. Wird der Ton dadurch höher oder tiefer? Stelle zunächst eine Vermutung auf. (Achtung: Vergleiche der Eigenfrequenzen sollten auch mit derselben Netzgenerierungsmethode erstellt werden).