

## Übung 8: Wärmedehnung

### Ziel der Übung:

- Wärmedehnung verstehen

### Teil I: Theorieaufgabe: Wer hat an der Uhr gedreht?

Eine Pendeluhr ähnlich zu der abgebildeten befindet sich in einem gut beheizten Klassenraum am Albert-Einstein-Gymnasium in Vorderhindelang im Oberallgäu. Das Zimmer sei auf wohlige  $30^{\circ}\text{C}$  geheizt, wohingegen draußen wie üblich im Dezember  $-20^{\circ}\text{C}$  herrscht.

Im Zimmer sitzt der kälteunempfindliche norwegische Schüler Nístingur. Dieser überlegt sich, dass er durch Öffnen des Fensters und Abkühlen des Raumes auf Außentemperatur die Zeit bis zum Ende der Schulstunde verkürzen kann... Nachdem der Raum auf  $-20^{\circ}\text{C}$  abgekühlt ist, würde die Schulstunde regulär noch noch 30 min andauern.



Zum Pendel:

Länge des Pendel	$\ell = 0,625 \text{ m}$
Material des Pendels	Silber
E-Modul	$E = 82.700 \text{ MPa}$
Querkontraktionszahl	$\nu = 0,37$
Wärmeausdehnungskoeffizient	$\alpha = 20,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Erdbeschleunigung	$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Eigenfrequenz $\omega$	$\omega = \sqrt{g/\ell}$

### Aufgaben:

- Hat Nístingur mit seiner Vermutung recht? Begründe deine Antwort.
- Um wieviel verkürzt oder verlängert sich die Schulstunde, wenn der Lehrer sich strikt an die Pendeluhr hält?

### Teil II: ANSYS Simulation des Pendels

Auf der Homepage befindet sich ein APDL-Skript, das die Längenänderung des oben beschriebenen Pendels berechnet.

### Aufgaben:

- Stimmt die ANSYS-Lösung mit deiner in etwa überein?
- Betrachte nun die Auslenkung in  $x$ -Richtung. Denkst du, die Einspannung ist ideal gewählt? Teste andere Einspannungen und vergleiche die Ergebnisse der Auslenkungen.

### Teil III: ANSYS Simulation einer eingespannten Platte

Wir betrachten nun eine  $0,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$  große Platte mit den gleichen Materialeigenschaften.

#### Aufgaben:

- e. Alle vier Seiten seien fest eingespannt. Dann erhöht sich die Temperatur um  $100^\circ \text{ K}$ . Was erwartest du, wie werden wohl die Normaldehnungen bzw. Normalspannungen in der Platte aussehen? Passe dein APDL-Skript an das Modell an, führe es aus und vergleiche mit deiner Vermutung.
- f. Vergleiche die elastische Normaldehnung, die Wärmedehnung und die totale Dehnung ( $PLESOL,EP,EL,Y$  und  $PLESOL,EPTH,Y$  und  $PLESOL,EPTT,Y$ ). Stimmt das Resultat mit dem aus Beispiel 2 in der Vorlesung zur Wärmedehnung überein?
- g. An dieser Stelle im Skript steht auch eine Formel für die Spannung. Berechne den Wert nach dieser Formel. Warum stimmt dieser nicht mit dem von ANSYS berechneten überein. (Zusatzaufgabe: Wie sieht der Mohrsche Spannungskreis in diesem Fall aus?)
- h. Wir lösen nun die obere und untere Einspannung. Betrachte die Auslenkung in  $x$ - und  $y$ -Richtung sowie die drei Normaldehnungen wie in Aufgabe f. und die Normalspannungen.

#### Teil IV: ANSYS Simulation eines Balkens

Modifiziere das gegebene ANSYS Skript erneut und erstelle einen Balken der Länge  $1000 \text{ mm}$  und Höhe  $40 \text{ mm}$ . Die Dicke belassen wir bei  $80 \text{ mm}$ . Spanne den Balken links und rechts jeweils an einem einzelnen Knoten knapp über der halben Höhe (etwa bei  $y = 0,1 \text{ mm}$ ) ein.

#### Aufgaben:

- i. Wie erklärst du dir die folgende Auslenkung? Betrachte auch wieder Normalspannung und Dehnungen wie oben in  $x$ -Richtungen.
- j. Verschiebe die Einspannung auf eine Höhe von  $y = -0,1 \text{ mm}$  und betrachte die Auslenkung. Verschiebe die Einspannung an einer Seite auf eine Höhe von  $y = 0,1 \text{ mm}$  und auf der anderen Seite von  $y = -0,1 \text{ mm}$  und betrachte die Auslenkung.

#### Teil V: ANSYS Simulation eines Bimetallstreifens

Weise nun der unteren Hälfte des Balkens einen halb so großen Wärmeausdehnungskoeffizienten zu wie der oberen. Spanne den Balken an der linken Seite komplett ein.

#### Aufgaben:

- k. Was erwartest du für eine Auslenkung? Wie denkst du wird die Wärmedehnung aussehen? Wie verlaufen wohl die Normalspannungen in  $x$ -Richtung und wo sind sie am größten (außer an den Einspannungen)?
- l. Simuliere den Balken und erzeuge die entsprechenden Plots. Benutze auch den `/CONTOUR,ALL,,minval,,maxval` Befehl aus der letzten Übung zur besseren Darstellung.