

Übung 6

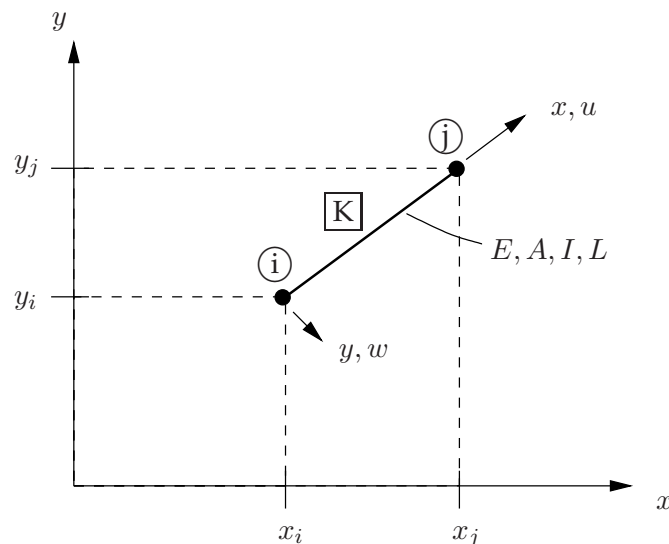
Aufgabe 1: Implementierung eines Balkenelements in STAN

Implementieren Sie ein zweidimensionales Balkenelement $\boxed{K}$ mit den beiden Knoten $\textcircled{i}$ und $\textcircled{j}$ in der X-Y-Ebene mit Axialdehnung und Biegung gemäß der EULER-BERNOULLI-Balkentheorie in das FE-Programm STAN. Schreiben Sie dazu die FORTRAN-Unterprogramme FRAME und FRAMEF zur Bildung der 6×6 Elementsteifigkeitsmatrix $\mathbf{S}_G$ und der 3×6 Kraft-Verschiebungsmatrix $\mathbf{T} = \mathbf{S} \mathbf{a}$.

Hinweise:

SUBROUTINE FRAME (X, Y, Z, ID, NUM NP)

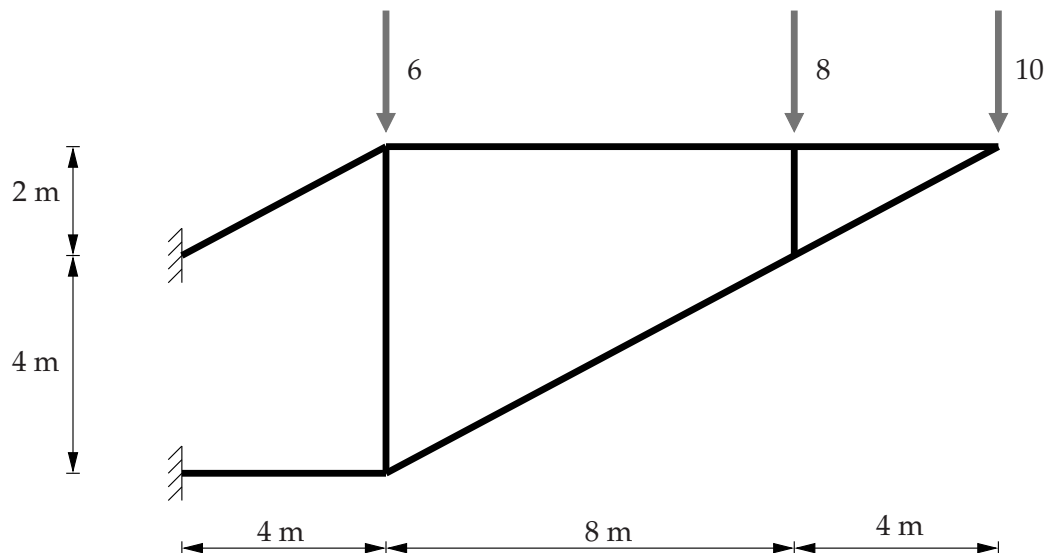
SUBROUTINE FRAMEF (D)



$\mathbf{S}_G$	=	Elementsteifigkeitsmatrix
$\mathbf{T}$	=	Schnittgrößen-Verschiebungsmatrix des Balkenelements
x_i, y_i, x_j, y_j	=	Knotenkoordinaten X, Y
A	=	Querschnittsfläche
I	=	Flächenträgheitsmoment um die Z-Achse
E	=	Elastizitätsmodul
L	=	Balkenlänge
ID	=	Identity-Array
NUMNP	=	Anzahl der Knoten
D	=	Vektor der Elementverschiebung
x, y	=	lokales Koordinatensystem des Balkenelementes
u, w	=	Verschiebungskomponenten im lokalen Koordinatensystem

Aufgabe 2: Verifikation der Implementierung

Testen Sie ihre Elementroutine mit Hilfe des dargestellten Rahmens.



Material- und Geometrieigenschaften:

$$E = 200.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A = 4.000 \text{ mm}^2$$

$$I = 3.000.000 \text{ mm}^4$$

Auszug der Ausgabedatei zur Kontrolle:

```
Number of different element types      = 1
Number of load conditions               = 1
NODE   BOUNDARY CONDITION CODES      NODAL POINT COORDINATES
NUMBER  X      Y      Z      XX     YY     ZZ      X      Y      Z
1      1      1      1      1      1      1      0.000  4000.000  0.000
2      0      0      1      1      1      0      4000.000  6000.000  0.000
3      0      0      1      1      1      0      12000.000  6000.000  0.000
4      0      0      1      1      1      0      16000.000  6000.000  0.000
5      0      0      1      1      1      0      12000.000  4000.000  0.000
6      0      0      1      1      1      0      4000.000      0.000  0.000
7      1      1      1      1      1      1      0.000      0.000  0.000
```

...

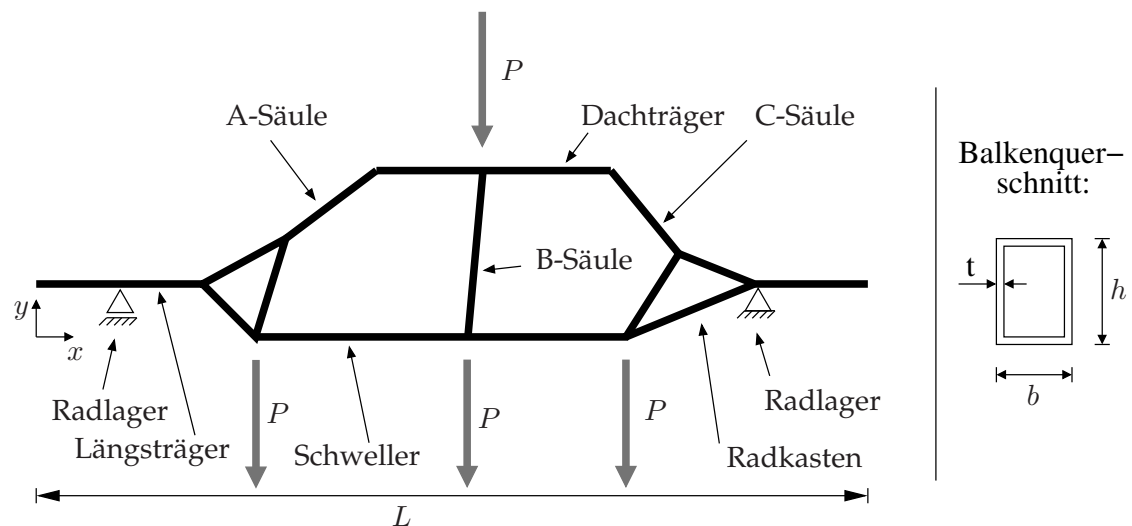
```
DISPLACEMENTS FOR LOAD CONDITION 1
NODE      X      Y      Z      XX     YY     ZZ
1  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00
2  0.17047E+03 -0.34047E+03  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00 -0.73978E-01
3  0.17078E+03 -0.71326E+03  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.25156E-02
4  0.17089E+03 -0.68380E+03  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.95687E-02
5  0.18576E+03 -0.71324E+03  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.34772E-02
6 -0.20779E+00 -0.34042E+03  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00 -0.77332E-01
7  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00
```

Aufgabe 3: Anwendung des Balkenelements von STAN



PKW-Karosserie (Bildquelle: <http://www.pinder.at/ersatzteile/images/karosserie.jpg>)

Für eine erste grobe Abschätzung während der Vorentwurfsphase eines PKWs erfolgt die FE-Modellierung der Einfachheit halber mittels Balkenelementen, wobei zunächst lediglich eine Seitenflanke der Karosserie unter statischer Belastung infolge Eigengewicht und Zuladung untersucht wird – siehe Skizze. Ziel der Berechnung mit STAN ist die Auslegung der Karosseriestruktur, sodass die Verschiebungskomponenten an allen Knoten eine vorgegebene Grenze nicht überschreiten.



Material- und Geometrieigenschaften, Belastung:

$$E = 200.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b = 50 \text{ mm} \quad , \quad t = 2 \text{ mm} \quad , \quad h_0 = 50 \text{ mm}$$

$$P = 2,5 \text{ kN}$$

Bearbeiten Sie die folgenden Aufgabenpunkte unter Anwendung des zuvor implementierten Balkenelements:

- 1) Erstellen Sie ein Balkenmodell der PKW-Karosserie gemäß der obigen Skizze. Wählen Sie die geometrischen Abmaße der Struktur von einem Fahrzeug Ihrer Wahl oder in Anlehnung an die Skizze für $L = 4$ m. Nehmen Sie für die Balkenelemente einen Rechteckprofil-Querschnitt mit der Anfangshöhe h_0 , der Breite b und der Wandstärke t an – siehe Skizze (rechts).
- 2) Wählen Sie für die beiden Knoten an den Auflagerpunkten geeignete Randbedingungen. Definieren Sie die vier Knotenlasten P an Unterboden und Dach gemäß der Skizze zur Berücksichtigung von Eigengewicht und Zuladung.
- 3) Bestimmen Sie die Höhe h des Rechteckprofils derart, sodass an allen Knoten der Betrag der Verschiebungskomponenten in sowohl x - als auch y -Richtung maximal 1 mm beträgt. (Hinweis: Verwenden Sie für alle Balkenelemente die selbe Querschnittgeometrie!)

Geben Sie eine Skizze Ihrer diskretisierten Fahrzeugstruktur (einschließlich Knoten- und Elementnummern, Randbedingungen, Belastung) mit der Angabe der ermittelten Balkenquerschnittshöhe h sowie die Ein- und Ausgabedatei der Berechnung aus dem letzten Aufgabenteil ab.