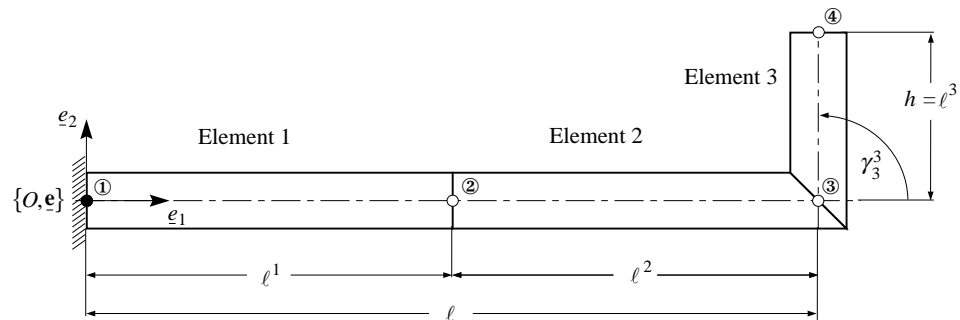


# Lineare Finite-Elemente Analyse einer Balkenstruktur

*COPYRIGHT Prof. Dr. Oskar Wallrapp, Fachhochschule Muenchen. Juni 2003*



## Problemstellung

Es soll eine Balkenstruktur "Elastischer Winkel", bestehend aus **3 Balkenelementen**, analysiert werden. Die Struktur ist im Knoten 1 eingespannt und durch die Schwerkraft in Richtung negativer 2-Achse belastet. Zusätzlich wird die Struktur durch eine Last  $F$  im Knoten 4 in Richtung positiver 1-Achse belastet.

### Annahmen:

1. Die Balkenstruktur wird nur in der 1-2-Ebene betrachtet.
2. Es gelten die Bedingungen des Balkenelements, siehe Manuskript.

### Aufgaben:

0. Belege die Elementmatrizen im File **0\_BalkenEle\_2D.nb**
1. Stelle die Struktur durch die Knoten und Elemente dar, File **1\_SystemMat\_BalkStruk3el.nb**
2. Stelle die System-Massen- und Steifigkeitsmatrizen der Balkenstruktur auf, File **2\_SystemMat\_BalkStruk3el.nb**
3. Löse die Gleichungen der Statik fuer Lagerbedingungen und Lasten, File **3\_SystemMat\_BalkStruk3el.nb**
4. Löse das Eigenwertproblem, File **4\_SystemMat\_BalkStruk3el.nb**

## Festlegung der Parameter

```
(* Benennung der Struktur *)
FEName = "Elast. Winkel mit 3 Elementen";
```

```
(* Ort der Knoten in 1,2,3 des Bezugssystems *)
RK = {{ 0, 0, 0},
      { 1, 0, 0},
      { 2, 0, 0},
      { 2, 0.4, 0}};
```

```
(* Je Element die Knotennr. fuer A und B des Balkenelements *)
Inde = {{1,2},
        {2,3},
        {3,4}};
```

## ■ Elementdaten je Element (ISO-Einheiten)

E = E-Modul, A = Querschnitt, I = Faechenträgheitsmoment um 3-Achse, rho = Dichte, h1 = Hoehe in 2,  
Iy = Faechenträgheitsmoment um 2-Achse

```
E1 = 7.0*10^10; A1 = 0.0018; I1 = 1.215*10^-8; rho1 = 3000; h1 = 0.009; Iy1 = 0;
E3 = 2.1*10^11; A3 = 0.0019; I3 = 1.429*10^-8; rho3 = 7895; h3 = 0.0095;
```

```
Edata[e] =      1    2    3    4    5                      6                      7    8
              [E , A , Iz, rho, le= Element-Länge, me=Element-Masse, h1, Iy ]
```

```
Edata = {{E1,A1,I1,rho1,0, 0, h1, Iy1},
          {E1,A1,I1,rho1,0, 0, h1, Iy1},
          {E3,A3,I3,rho3,0, 0, h3, Iy1}};
TableForm[Edata]
```

$7. \times 10^{10}$	0.0018	$1.215 \times 10^{-8}$	3000	0	0	0.009	0
$7. \times 10^{10}$	0.0018	$1.215 \times 10^{-8}$	3000	0	0	0.009	0
$2.1 \times 10^{11}$	0.0019	$1.429 \times 10^{-8}$	7895	0	0	0.0095	0

Hinweis: le und me werden intern berechnet!

## ■ Setzen von Berechnungsschlüsseln

```
keyPrint = 1; (* 0 = kein Print von System-Matrizen, 1 = Print *)
```

## Loesung: 1. Stelle die Struktur dar

### ■ 1.1 Systemdimensionen: nK = Zahl der Knoten, nE = Zahl der Elemente

```
nK = Length[RK]
```

```
4
```

```
nE = Length[Inde]
```

```
3
```

### ■ 1.2 Bestimme Elementlaenge le = Edata[[e,5]] und Elementmasse me = Edata[[e,6]]

```
Do[
  Ak = Inde[[e, 1];
  Bk = Inde[[e, 2];
  dr = RK[[Bk]] - RK[[Ak];
  Edata[[e, 5]] =  $\sqrt{\text{dr}[[1]]^2 + \text{dr}[[2]]^2 + \text{dr}[[3]]^2}$ ;
  Edata[[e, 6]] = Edata[[e, 2]] Edata[[e, 5]] Edata[[e, 4];
  , {e, 1, nE}];
TableForm[Edata]
```

$7. \times 10^{10}$	0.0018	$1.215 \times 10^{-8}$	3000	1	5.4	0.009	0
$7. \times 10^{10}$	0.0018	$1.215 \times 10^{-8}$	3000	1	5.4	0.009	0
$2.1 \times 10^{11}$	0.0019	$1.429 \times 10^{-8}$	7895	0.4	6.0002	0.0095	0

```

Edata[e] = 1    2    3    4    5                6                7    8
          [E , A , Iz, rho, le= Element-Länge, me=Element-Masse, h1, Iy ]

```

### ■ 1.3 Bestimme Gesamtmasse der Struktur

```
m = Sum[Edata[[e,6]], {e, nE}]
```

```
16.8002
```

### ■ 1.4 Zeichne die Struktur auf

```

Lxma = Max[Table[RK[[k,1]], {k, nK}]];
Lxmi = Min[Table[RK[[k,1]], {k, nK}]];
Lyma = Max[Table[RK[[k,2]], {k, nK}]];
Lymi = Min[Table[RK[[k,2]], {k, nK}]];
Lzma = Max[Table[RK[[k,3]], {k, nK}]];
Lzmi = Min[Table[RK[[k,3]], {k, nK}]];
lmax = Max[Lxma - Lxmi, Lyma - Lymi, Lzma - Lzmi];
PlStructure1 = Graphics[ {RGBColor[0,0,1],
  Line [Table[{{-lmax/10+Lxmi,0}, {Lxma+lmax/10,0}}]],
  Line [Table[{{0,-lmax/10+Lymi}, {0,Lyma+lmax/10}}]],
  Disk [{0,0},lmax/100],
  Text [x,{Lxma+lmax/20,-lmax/30}],
  Text [y,{lmax/30, Lyma+lmax/20}],
  AspectRatio -> Automatic,
  Frame -> True,
  PlotLabel -> FEName];
PlStructure2 = Table[Graphics[Text[k,{RK[[k,1]]+lmax/30, RK[[k,2]]+lmax/30}]],{k,nK}];
PlStructure3 = Table[Graphics[Circle[{RK[[k,1]],RK[[k,2]]},lmax/100]],{k,nK}];
PlStructure4 = Table[Graphics[
  Line[Table[{{RK[[Inde[[ie,1]],1]],RK[[Inde[[ie,1]],2]]},
    {RK[[Inde[[ie,2]],1]],RK[[Inde[[ie,2]],2]]}]]],{ie,nE}];
Show[PlStructure1,PlStructure2,PlStructure3,PlStructure4,PlotRange->All];

```

