Daten-Tabelle:

Element-Nr. i:	Knoten-Nr. 1:	Knoten-Nr. 2:	Winkel α in °	sin α	cos α	Länge l
1						
2						
3						
4						

Bestimmung der Element-Steifigkeit:

$$[k]_1 = \frac{E \cdot A}{} \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = k_1 \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$ Länge l_1 einsetzen

$$[k]_2 = \frac{E \cdot A}{} \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = k_2 \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$ Länge l_2 einsetzen

$$[k]_3 = \frac{E \cdot A}{} \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = k_3 \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$ Länge l_3 einsetzen

$$[k]_4 = \frac{E \cdot A}{} \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = k_4 \bullet \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$ Länge l_4 einsetzen

Koordinatentransformation:

$$[T]_1 = \begin{bmatrix} & & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & \end{bmatrix} \qquad [T]_e = \begin{bmatrix} \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$[T]_2 = \begin{bmatrix} & & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & \end{bmatrix} \qquad [T]_e = \begin{bmatrix} \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$[T]_3 = \begin{bmatrix} & & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & \end{bmatrix} \qquad [T]_e = \begin{bmatrix} \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$[T]_4 = \begin{bmatrix} & & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & \end{bmatrix} \qquad [T]_e = \begin{bmatrix} \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

Bestimme zuerst: $\left[[T]_e^T\cdot[k]_e\cdot[T]_e\right]=[K]_e$	$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \end{bmatrix}$	**Bestimme dann:** $\left[\tilde{T}\right]^T_{(e)}\cdot[K]_e\cdot\left[\tilde{T}\right]_{(e)}=[K]_E$
$\dfrac{[K]_1}{\left(\dfrac{E\cdot A}{l}\right)}=\begin{bmatrix} \end{bmatrix}$	(2x4)	(4x4)	$\begin{bmatrix} \end{bmatrix}$
Element (1)	$\begin{bmatrix} \end{bmatrix}$	(4x6)	(6x6) $\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \\ U_6 \end{bmatrix}$
Wurzelwerte und Faktoren in die Matrizen einbinden!	$\begin{bmatrix} \end{bmatrix}$	(4x8)	(8x8) $\begin{bmatrix} U_7 \\ U_8 \end{bmatrix}$

Bestimme zuerst:

$$\left[[T]_e^T \cdot [k]_e \cdot [T]_e\right] = [K]_e$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Bestimme dann:

$$\left[\tilde{T}\right]_{(e)}^T \cdot [K]_e \cdot \left[\tilde{T}\right]_{(e)} = [K]_E$$

$$\frac{[K]_2}{\left(\frac{E \cdot A}{l}\right)} = \begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$$

(2x4)

(4x4)

Element (2)

(4x6)

(6x6)

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \\ U_6 \end{bmatrix}$$

Wurzelwerte und Faktoren in die Matrizen einbinden!

(4x8)

(8x8)

$$\begin{bmatrix} U_7 \\ U_8 \end{bmatrix}$$

Bestimme zuerst: $\left[[T]_e^T \cdot [k]_e \cdot [T]_e\right] = [K]_e$	$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$	**Bestimme dann:** $\left[\tilde{T}\right]_{(e)}^T \cdot [K]_e \cdot \left[\tilde{T}\right]_{(e)} = [K]_E$
$\dfrac{[K]_3}{\left(\dfrac{E \cdot A}{l}\right)} = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$	(2x4)	(4x4)	$\begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$
Element (3)	$\begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$	(4x6)	(6x6) $\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \\ U_6 \end{bmatrix}$
Wurzelwerte und Faktoren in die Matrizen einbinden!	$\begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$	(4x8)	(8x8) $\begin{bmatrix} U_7 \\ U_8 \end{bmatrix}$

Bestimme zuerst: $\left[[T]_e^T \cdot [k]_e \cdot [T]_e\right] = [K]_e$	$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$	**Bestimme dann:** $\left[\tilde{T}\right]_{(e)}^T \cdot [K]_e \cdot \left[\tilde{T}\right]_{(e)} = [K]_E$
$\dfrac{[K]_4}{\left(\dfrac{E \cdot A}{l}\right)} = \begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$	(2x4)	(4x4)	$\begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$
Element (4)	$\begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$	(4x6)	(6x6) $\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_5 \\ U_6 \end{bmatrix}$
Wurzelwerte und Faktoren in die Matrizen einbinden!	$\begin{bmatrix} \; \end{bmatrix}$	(4x8)	(8x8) $\begin{bmatrix} U_7 \\ U_8 \end{bmatrix}$

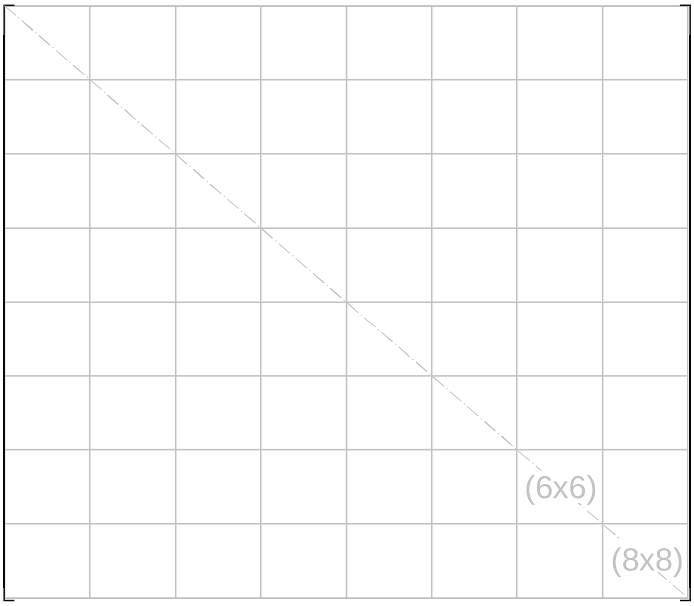
Summe aller Elementmatrizen:

Steifigkeitsfaktoren NICHT VERGESSEN! $[K] = \sum_E \left\{ \left[\tilde{T}\right]^T_{(e)} \cdot [T]^T_e \cdot [k]_e \cdot [T]_e \cdot \left[\tilde{T}\right]_{(e)} \right\}$

Für 6 Freiheitsgrade: (z.B. 2 Stäbe unter beliebigem Winkel): $[K] = [K]_1 + [K]_2$

Für 8 Freiheitsgrade: (z.B. 4 Stäbe unter 90°-Winkel): $[K] = [K]_1 + [K]_2 + [K]_3 + [K]_4$

$[K] = \frac{E \cdot A}{l} \bullet$



Streichen der Zeilen und Spalten, bei denen die Lagerung der entsprechenden Knoten keine Verformung zulässt ergibt 2x2-Matrix.

Berechnung der Verformung:

$$\begin{bmatrix} F_X \\ F_Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{XX} & K_{XY} \\ K_{YX} & K_{YY} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} U_X \\ U_Y \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \end{bmatrix} = \frac{E \cdot A}{l} \bullet \begin{bmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \end{bmatrix}$$

Lösung:

$$F_X = K_{XX} \cdot U_X + K_{XY} \cdot U_Y$$
$$F_Y = K_{YX} \cdot U_X + K_{YY} \cdot U_Y$$