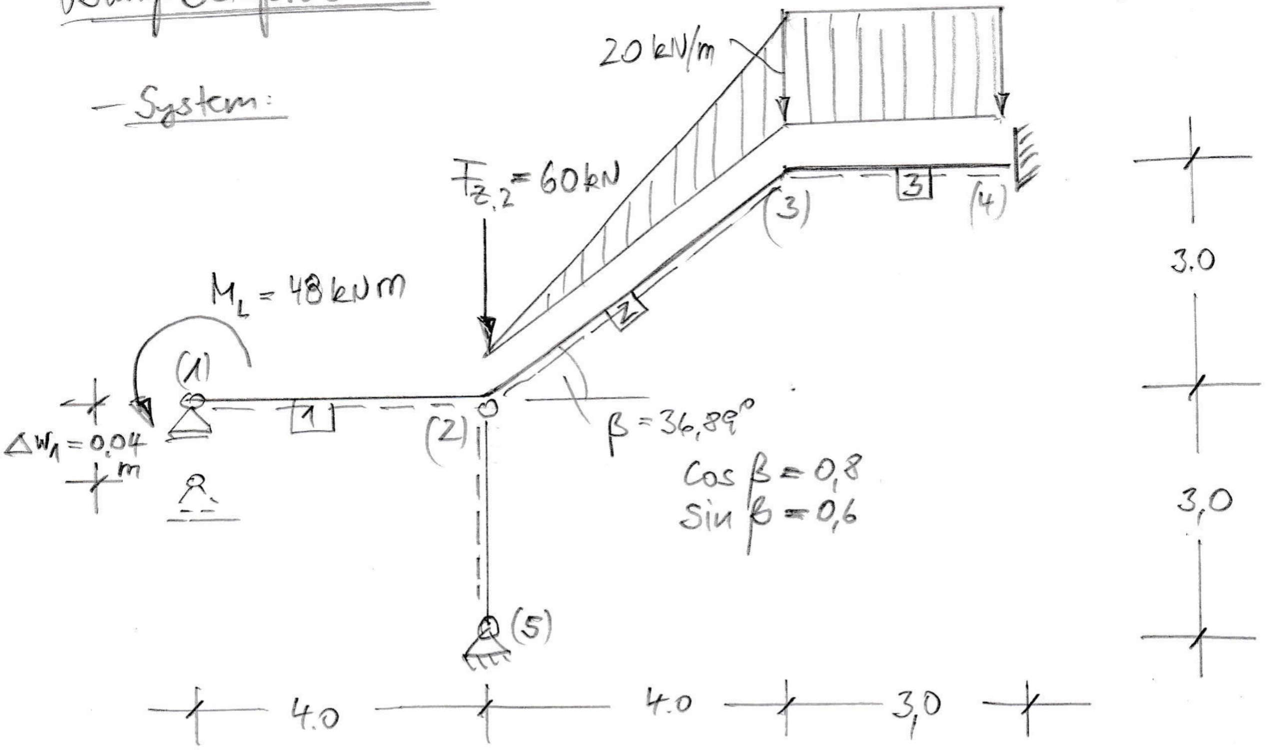
# Übungsbeispiel 6 : WGV in Matrizendarstellung

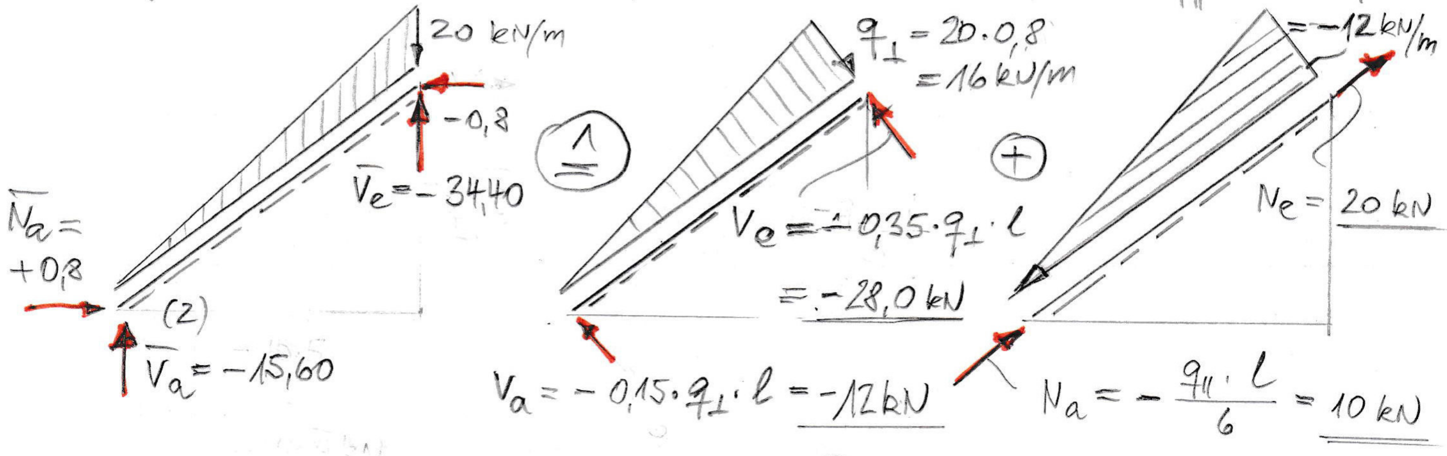
– System:

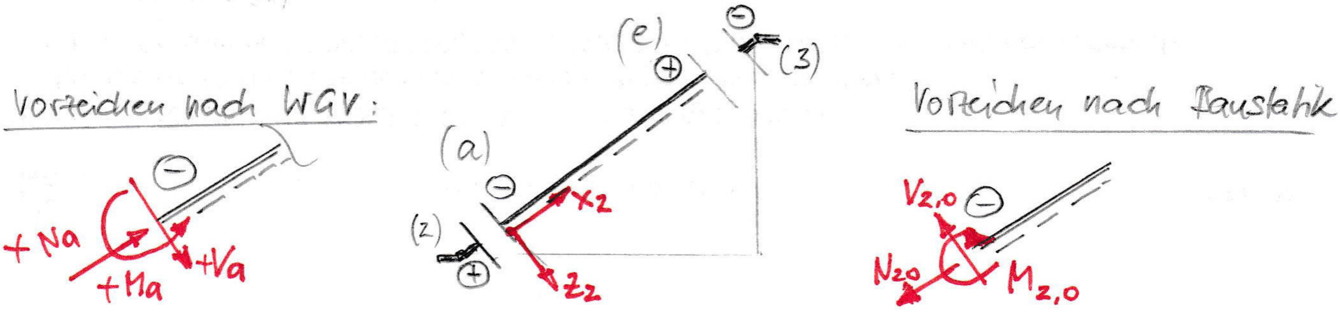



| i | a | e | l | β° | EA | EJ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 4,0 | 0,0 | 40000 | 8000 |
| 2 | 2 | 3 | 5,0 | 36,87° | 60000 | 12000 |
| 3 | 3 | 4 | 3,0 | 0,0 | 60000 | 12000 |
| 4 | 2 | 5 | 3,0 | –90,0° | 24000 | 6000 |

→ ersetzt: (2) $C_{W2} = 8000$ kN/m

– Eingabe für Streckenlast auf Stab 2



– Schritt 1: Aufstellen der Beziehungen zw. Stabendweggrößen und Stabendschnittgrößen

$\boxed{\text{Stab 1}}$ $\quad \underline{s}^1 = \underline{K}^1 \cdot \underline{v}^1 + \underline{s}^{10}$ $\quad$ wg. $\beta = 0 \rightsquigarrow \bar{\underline{S}}^1 = \underline{S}^1$ u.s.w.

$$
\begin{bmatrix} N_1^1 \\ V_1^1 \\ M_1^1 \\ \hline N_2^1 \\ V_2^1 \\ M_2 \end{bmatrix}
=
\left[\begin{array}{ccc|ccc}
10000 & 0 & 0 & -10000 & 0 & 0 \\
0 & 1500 & -3000 & 0 & -1500 & -3000 \\
0 & -3000 & 8000 & 0 & 3000 & 4000 \\
\hline
-10000 & 0 & 0 & 10000 & 0 & 0 \\
0 & -1500 & 3000 & 0 & 1500 & 3000 \\
0 & -3000 & 4000 & 0 & 3000 & 8000
\end{array}\right]
\cdot
\begin{bmatrix} u_1^1 \\ w_1^1 \\ \varphi_1^1 \\ \hline u_2^1 \\ w_2^1 \\ \varphi_2^1 \end{bmatrix}
+
\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \hline 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix} \bar{\underline{S}}_1^1 \\ \bar{\underline{S}}_2^1 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} \bar{\underline{K}}_{11}^1 & \bar{\underline{K}}_{12}^1 \\ \bar{\underline{K}}_{21}^1 & \bar{\underline{K}}_{22}^1 \end{bmatrix}
\cdot
\begin{bmatrix} \bar{\underline{V}}_1^1 \\ \bar{\underline{V}}_2^1 \end{bmatrix}
$$

$\boxed{\text{Stab 2}}$ $\quad \underline{s}^2 = \underline{k}^2 \cdot \underline{v}^2 + \underline{s}^{20}$ $\quad$ wg. $\beta \neq 0 \rightsquigarrow$ Transform. erford.

↳ alles lokale Größen!

$$
\begin{bmatrix} N_2^2 \\ V_2^2 \\ M_2^2 \\ \hline N_3^2 \\ V_3^2 \\ M_3^2 \end{bmatrix}
=
\left[\begin{array}{ccc|ccc}
12000 & 0 & 0 & -12000 & 0 & 0 \\
0 & 1152 & -2880 & 0 & -1152 & -2880 \\
0 & -2880 & 9600 & 0 & 2880 & 4800 \\
\hline
-12000 & 0 & 0 & 12000 & 0 & 0 \\
0 & -1152 & 2880 & 0 & 1152 & 2880 \\
0 & -2880 & 4800 & 0 & 2880 & 9600
\end{array}\right]
\cdot
\begin{bmatrix} u_2^2 \\ w_2^2 \\ \varphi_2^2 \\ \hline u_3^2 \\ w_3^2 \\ \varphi_3^2 \end{bmatrix}
+
\begin{bmatrix} 10{,}0 \\ -12{,}0 \\ 13{,}\overline{3} \\ \hline 20{,}0 \\ -28{,}0 \\ -20{,}0 \end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix} \underline{s}_2^2 \\ \underline{s}_3^2 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} \underline{k}_{22}^2 & \underline{k}_{23}^2 \\ \underline{k}_{32}^2 & \underline{k}_{33}^2 \end{bmatrix}
\cdot
\begin{bmatrix} \underline{v}_2^2 \\ \underline{v}_3^2 \end{bmatrix}
+
\begin{bmatrix} \underline{s}_2^{20} \\ \underline{s}_3^{20} \end{bmatrix}
$$

$$
\rightsquigarrow \left.\begin{array}{l}
\bar{\underline{S}}^2 = \underline{T}^T \cdot \underline{s}^2 \\
\bar{\underline{K}}^2 = \underline{T}^T \cdot \underline{k}^2 \cdot \underline{T} \\
\bar{\underline{S}}^{20} = \underline{T}^T \cdot \underline{s}^{20}
\end{array}\right\}
\quad \bar{\underline{S}}^2 = \bar{\underline{K}}^2 \cdot \bar{\underline{V}}^2 + \bar{\underline{S}}^{20}
$$

alles globale Größen!

Falk'sches Schema

$$\underline{K}^2 = \begin{bmatrix} \underline{K}_{22}^2 & \underline{K}_{23}^2 \\ \underline{K}_{32}^2 & \underline{K}_{33}^2 \end{bmatrix} \qquad \underline{I} = \begin{bmatrix} c & -s & 0 & & & \\ s & c & 0 & & \underline{0} & \\ 0 & 0 & 1 & & & \\ & & & c & -s & 0 \\ & \underline{0} & & s & c & 0 \\ & & & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}^T = \begin{bmatrix} c & s & 0 & & & \\ -s & c & 0 & & \underline{0} & \\ 0 & 0 & 1 & & & \\ & & & c & s & 0 \\ & \underline{0} & & -s & c & 0 \\ & & & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \overline{\underline{K}}^2 = \begin{bmatrix} \overline{\underline{K}}_{22}^2 & \overline{\underline{K}}_{23}^2 \\ \overline{\underline{K}}_{32}^2 & \overline{\underline{K}}_{33}^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \underline{S}_2^{20} \\ \underline{S}_3^{20} \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}^T = \begin{bmatrix} c & s & 0 & & & \\ -s & c & 0 & & & \\ 0 & 0 & 1 & & & \\ & & & c & s & 0 \\ & \underline{0} & & -s & c & 0 \\ & & & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \overline{\underline{S}}_2^{20} \\ \overline{\underline{S}}_3^{20} \end{bmatrix} = \begin{array}{c} \overline{\underline{S}}_2^{20} \\ \overline{\underline{S}}_3^{20} \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}8 \\ -15{,}6 \\ +13{,}\bar{3} \\ -0{,}8 \\ -34{,}4 \\ -20{,}0 \end{bmatrix}$$

nach Transformation von $\underline{K}^2$:

$$\begin{array}{c} \overline{\underline{S}}_2^{2} \\ \\ \\ \overline{\underline{S}}_3^{2} \end{array} \begin{bmatrix} \overline{N}_2^2 \\ \overline{V}_2^2 \\ \overline{M}_2^2 \\ \overline{N}_3^2 \\ \overline{V}_3^2 \\ \overline{M}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{array}{c} \overline{\underline{K}}_{22}^2 \quad \overline{\underline{K}}_{23}^2 \\ \left[\begin{array}{ccc|ccc} 8094{,}72 & -5207{,}04 & -1728 & -8094{,}72 & 5207{,}04 & -1728 \\ & 5057{,}28 & -2304 & 5207{,}04 & -5057{,}28 & -2304 \\ & & 9600 & 1728{,}0 & 2304 & 4800 \\ \hline & & & 8094{,}72 & -5207{,}04 & 1728 \\ & & & & 5057{,}28 & 2304 \\ & \text{Sym.} & & & & 9600 \end{array}\right] \\ \overline{\underline{K}}_{32}^2 \quad \overline{\underline{K}}_{33}^2 \end{array} \cdot \begin{array}{c} \underline{V}_2^2 \\ \begin{bmatrix} \overline{U}_2^2 \\ \overline{W}_2^2 \\ \overline{\varphi}_2^2 \\ \overline{U}_3^2 \\ \overline{W}_3^2 \\ \overline{\varphi}_3^2 \end{bmatrix} \\ \underline{V}_3^2 \end{array} + \begin{array}{c} \overline{\underline{S}}_2^{20} \\ \begin{bmatrix} 0 \\ -15{,}\bar{6} \\ +13{,}\bar{3} \\ 0 \\ -34{,}4 \\ -20{,}0 \end{bmatrix} \\ \overline{\underline{S}}_3^{20} \end{array}$$

$\boxed{\text{Stab 3}}$ : $\quad \underline{S}^3 = \underline{K}^3 \cdot \underline{V}^3 + \underline{S}^{30} \quad$ wg. $\beta = 0$: global = lokal

$$\underline{\bar S}_3^3 \qquad \underline{\bar K}_{33}^3 \qquad \underline{\bar K}_{34}^3 \qquad \underline{\bar V}_3^3 \qquad \underline{\bar S}_3^{30}$$

$$\begin{bmatrix} \bar N_3^3 \\ \bar V_3^3 \\ \bar M_3^3 \\ \hline \bar N_4^3 \\ \bar V_4^3 \\ \bar M_4^3 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} 20000 & 0 & 0 & -20000 & 0 & 0 \\ & 5333{,}\bar{3} & -8000 & 0 & -5333{,}\bar{3} & -8000 \\ & & 16000 & 0 & 8000 & 8000 \\ \hline & & & 20000 & 0 & 0 \\ & & & & 5333{,}\bar{3} & 8000 \\ & \text{Sym.} & & & & 16000 \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \bar u_3^3 \\ \bar w_3^3 \\ \bar\varphi_3^3 \\ \hline \bar u_4^3 \\ \bar w_4^3 \\ \bar\varphi_4^3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -30{,}0 \\ +15{,}0 \\ \hline 0 \\ -30{,}0 \\ -15{,}0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{\bar S}_4^3 \qquad \underline{\bar K}_{43}^3 \qquad \underline{\bar K}_{44}^3 \qquad \underline{\bar V}_4^3 \qquad \underline{\bar S}_4^{30}$$

zB. „ausgeschrieben“:

$\underline{\bar S}_3^3 = \underline{\bar K}_{33}^3 \cdot \underline{\bar V}_3^3 + \underline{\bar K}_{34}^3 \cdot \underline{\bar V}_4^3 + \underline{\bar S}_3^{30}$ siehe unten 3. „Zeile“

$\underline{\bar S}_4^3 = \underline{\bar K}_{43} \cdot \underline{\bar V}_3^3 + \underline{\bar K}_{44}^3 \cdot \underline{\bar V}_4^3 + \underline{\bar S}_4^{30}$ siehe unten 4. „Zeile“

**Schritt 2:** Aufbau des Gesamtgleichungssystems (noch ohne Berücksichtigung der Randbedingungen und Auflagerverschiebungen)

Knoten ↓

$$\begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{bmatrix} \underline{\bar S}_1^1 - \underline{\bar P}_1 \\ \underline{\bar S}_2^1 + \underline{\bar S}_2^2 - \underline{\bar P}_2 \\ \underline{\bar S}_3^2 + \underline{\bar S}_3^3 - \underline{\bar P}_3 \\ \underline{\bar S}_4^3 - \underline{\bar P}_4 \end{bmatrix} \overset{!}{=} 0 \qquad \begin{bmatrix} \underline{\bar K}_{11}^1 & \underline{\bar K}_{12}^1 & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{\bar K}_{21}^1 & \underline{\bar K}_{22}^1 + \underline{\bar K}_{22}^2 & \underline{\bar K}_{23}^2 & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{\bar K}_{32}^2 & \underline{\bar K}_{33}^2 + \underline{\bar K}_{33}^3 & \underline{\bar K}_{34}^3 \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{\bar K}_{43}^3 & \underline{\bar K}_{44}^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{\bar V}_1 \\ \underline{\bar V}_2 \\ \underline{\bar V}_3 \\ \underline{\bar V}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{\bar S}_1^{10} - \underline{\bar P}_1 \\ \underline{\bar S}_2^{10} + \underline{\bar S}_2^{20} - \underline{\bar P}_2 \\ \underline{\bar S}_3^{20} + \underline{\bar S}_3^{30} - \underline{\bar P}_3 \\ \underline{\bar S}_4^{30} - \underline{\bar P}_4 \end{bmatrix} = \underline{0}$$

- Zusammenstellung zum Gesamtsystem:

| | $[K^{\sim}_G] = \Sigma[K^{\sim}_G{}^i]$ | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | $[s^{\sim}_G{}^0] = \Sigma[s^{\sim}_G{}^{i0}]$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10000,00 | 0,00 | 0,00 | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |
| 1 | 0,00 | 1500,00 | -3000,00 | 0,00 | -1500,00 | -3000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $\bar{V}_1$ | 0,00 |
| | 0,00 | -3000,00 | 8000,00 | 0,00 | 3000,00 | 4000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |
| | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 18094,72 | -5207,04 | -1728,00 | -8094,72 | 5207,04 | -1728,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,80 |
| 2 | 0,00 | -1500,00 | 3000,00 | -5207,04 | 6557,28 | 696,00 | 5207,04 | -5057,28 | -2304,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $\bar{V}_2$ | -15,60 |
| | 0,00 | -3000,00 | 4000,00 | -1728,00 | 696,00 | 17600,00 | 1728,00 | 2304,00 | 4800,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 13,33 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8094,72 | 5207,04 | 1728,00 | 28094,72 | -5207,04 | 1728,00 | -20000,00 | 0,00 | 0,00 | | -0,80 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5207,04 | -5057,28 | 2304,00 | -5207,04 | 10390,61 | -5696,00 | 0,00 | -5333,33 | -8000,00 | $\bar{V}_3$ | -64,40 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -1728,00 | -2304,00 | 4800,00 | 1728,00 | -5696,00 | 25600,00 | 0,00 | 8000,00 | 8000,00 | | -5,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -20000,00 | 0,00 | 0,00 | 20000,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -5333,33 | 8000,00 | 0,00 | 5333,33 | 8000,00 | $\bar{V}_4$ | -30,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8000,00 | 8000,00 | 0,00 | 8000,00 | 16000,00 | | -15,00 |

$\cdot$ + $= 0$

$\cdot\, 0{,}04$ (wg. $\Delta w_1 = 0{,}04\,m$)

*) $-3000 \cdot 0{,}04 - 48 = \underline{-168\ kNm}$

**) $-1500 \cdot 0{,}04 - 60 - 15{,}60 = \underline{-135{,}6\ kN}$

- Ergänzung der Federn, Knotenlasten und eingeprägten Auflagerverformungen $\square \cdot 0.04$

| | $[K^{\sim}_{G,c}] = [K^{\sim}_G] + [C^{\sim}_G]$ | | | | | | | | | | | | | $[s^{\sim}_G{}^0]+[s^{\sim}_{G,EAV}]-[p^{\sim}_G{}^0]$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10000,00 | 0,00 | 0,00 | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | |
| 1 | 0,00 | 1500,00 | -3000,00 | 0,00 | -1500,00 | -3000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $\bar{V}_1$ | 60,00 | |
| | 0,00 | -3000,00 | 8000,00 | 0,00 | 3000,00 | 4000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | -168,00 | *) |
| | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 18094,72 | -5207,04 | -1728,00 | -8094,72 | 5207,04 | -1728,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,80 | |
| 2 | 0,00 | -1500,00 | 3000,00 | -5207,04 | 14557,28 | 696,00 | 5207,04 | -5057,28 | -2304,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $\bar{V}_2$ | -135,60 | **) |
| | 0,00 | -3000,00 | 4000,00 | -1728,00 | 696,00 | 17600,00 | 1728,00 | 2304,00 | 4800,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | -106,67 | |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8094,72 | 5207,04 | 1728,00 | 28094,72 | -5207,04 | 1728,00 | -20000,00 | 0,00 | 0,00 | | -0,80 | |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5207,04 | -5057,28 | 2304,00 | -5207,04 | 10390,61 | -5696,00 | 0,00 | -5333,33 | -8000,00 | $\bar{V}_3$ | -64,40 | |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -1728,00 | -2304,00 | 4800,00 | 1728,00 | -5696,00 | 25600,00 | 0,00 | 8000,00 | 8000,00 | | -5,00 | |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -20000,00 | 0,00 | 0,00 | 20000,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -5333,33 | 8000,00 | 0,00 | 5333,33 | 8000,00 | $\bar{V}_4$ | -30,00 | |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8000,00 | 8000,00 | 0,00 | 8000,00 | 16000,00 | | -15,00 | |

$\cdot$ + $= 0$

## Schritt 3: Einbau der starren Randbedingungen:

[K~G,C,RB]

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10000,00 | 0,00 | 0,00 | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 8000,00 | 0,00 | 3000,00 | 4000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | -10000,00 | 0,00 | 0,00 | 18094,72 | -5207,04 | -1728,00 | -8094,72 | 5207,04 | -1728,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 3000,00 | -5207,04 | 14557,28 | 696,00 | 5207,04 | -5057,28 | -2304,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 4000,00 | -1728,00 | 696,00 | 17600,00 | 1728,00 | 2304,00 | 4800,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8094,72 | 5207,04 | 1728,00 | 28094,72 | -5207,04 | 1728,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5207,04 | -5057,28 | 2304,00 | -5207,04 | 10390,61 | -5696,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -1728,00 | -2304,00 | 4800,00 | 1728,00 | -5696,00 | 25600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 |
| | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |

$$\cdot \begin{bmatrix} \overline{V}_1 \\ \overline{V}_2 \\ \overline{V}_3 \\ \overline{V}_4 \end{bmatrix} =$$

[r~G,RB,EAV]

| |
|---|
| 0,00 |
| 0,04 ! |
| 168,00 |
| -0,80 |
| 135,60 |
| 106,67 |
| 0,80 |
| 64,40 |
| 5,00 |
| 0,00 |
| 0,00 |
| 0,00 |

## Schritt 4: Lösen des Gleichungssystems

$$\underline{\overline{K}}_{G,C,RB}^{-1} \cdot \underline{\overline{r}}_{G,RB,EAV} = \underline{\overline{V}}_G$$

[v~G]

| |
|---|
| -2,79E-03 |
| 4,00E-02 |
| 1,79E-02 |
| -2,79E-03 |
| 1,12E-02 |
| -2,25E-03 |
| 2,05E-19 |
| 1,63E-02 |
| 5,07E-03 |
| 0,00E+00 |
| 0,00E+00 |
| 0,00E+00 |

$$= \begin{bmatrix} \overline{V}_1 \\ \overline{V}_2 \\ \overline{V}_3 \\ \overline{V}_4 \end{bmatrix} = \underline{\overline{V}}_G$$

## Schritt 4: Nachlaufrechnung:

$\boxed{\text{Stab 1}}$ $\qquad \underline{S}^1 = \underline{K}^1 \cdot \underline{V}^1 + \cancel{\underline{S}^{10}}$ $\qquad$ mit $\underline{V}^1 =$

a = 1
e = 2

$$\underline{V}^1 = \begin{bmatrix} -2{,}79 \cdot 10^{-3} \\ 0{,}04 \\ 1{,}79 \cdot 10^{-2} \\ -2{,}79 \cdot 10^{-3} \\ 1{,}12 \cdot 10^{-2} \\ -2{,}25 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix} \qquad \underline{V}_1^1 \overset{!}{=} \underline{V}_1 \qquad \underline{V}_2^1 \overset{!}{=} \underline{V}_2$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10000 | 0 | 0 | −10000 | 0 | 0 |
| 0 | 1500 | −3000 | 0 | −1500 | −3000 |
| 0 | −3000 | 8000 | 0 | 3000 | 4000 |
| −10000 | 0 | 0 | 10000 | 0 | 0 |
| 0 | −1500 | 3000 | 0 | 1500 | 3000 |
| 0 | −3000 | 4000 | 0 | 3000 | 8000 |

$$\underline{S}^1 = \begin{bmatrix} 0 \\ -3{,}825 \\ 48{,}0 \\ 0 \\ +3{,}825 \\ -32{,}70 \end{bmatrix} \qquad \underline{S}_1^1,\ \underline{S}_2^1$$

$\rightsquigarrow$ $N_{1,r} = \underline{0}$; $V_{1,r} = \underline{+3{,}825 \text{ kN}}$; $M_{1,r} = \underline{-48{,}0 \text{ kNm}}$

$N_{2,l} = \underline{0}$; $N_{2,l} = \underline{+3{,}825 \text{ kN}}$; $M_{2,l} = \underline{-32{,}70 \text{ kNm}}$

$\boxed{\text{Stab 2}}$ wegen $\beta = +36{,}87°$ $\rightsquigarrow$ Transf. der Knotenverformungen auf lokales System $\quad \underline{V}^2 = \underline{T} \cdot \underline{\bar{V}}^2$

a = 2
e = 3

$$\underline{\bar{V}}^2 = \begin{bmatrix} -2{,}79 \cdot 10^{-3} \\ 1{,}12 \cdot 10^{-2} \\ -2{,}25 \cdot 10^{-3} \\ 0 \\ 1{,}63 \cdot 10^{-2} \\ 5{,}07 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix} \qquad \underline{\bar{V}}_2^2 \overset{!}{=} \underline{\bar{V}}_2 \qquad \underline{\bar{V}}_3^2 \overset{!}{=} \underline{\bar{V}}_3$$

$\underline{T}$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,8 | 0,6 | 0 | | | |
| −0,6 | 0,8 | 0 | | $\underline{0}$ | |
| 0 | 0 | 1 | | | |
| | | | 0,8 | 0,6 | 0 |
| | $\underline{0}$ | | −0,6 | 0,8 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 1 |

$$\underline{V}^2 = \begin{bmatrix} -8{,}96 \cdot 10^{-3} \\ 7{,}29 \cdot 10^{-3} \\ -2{,}25 \cdot 10^{-3} \\ -9{,}80 \cdot 10^{-3} \\ 1{,}306 \cdot 10^{-2} \\ 5{,}07 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix} \qquad \underline{V}_2^2,\ \underline{V}_3^2$$

$$\underline{S}^2 = \underline{K}^2 \cdot \underline{V}^2 + \underline{S}^{20}$$

vgl. Seite 2 $\qquad$ vgl. Seite 2

ohne weitere Berechnung ...

$$\underline{s}^2 = \begin{bmatrix} 20{,}08 \\ -26{,}78 \\ 32{,}70 \\ \hline 9{,}92 \\ -13{,}22 \\ 34{,}51 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \rightsquigarrow & N_{2,r} = \underline{-20{,}08 \text{ kN}} \\ & V_{2,r} = \underline{+26{,}78 \text{ kN}} \\ & M_{2,r} = \underline{-32{,}70 \text{ kNm}} \\ \rightsquigarrow & N_{3,\ell} = \underline{+9{,}92 \text{ kN}} \\ & V_{3,\ell} = \underline{-13{,}22 \text{ kN}} \\ & M_{3,\ell} = \underline{+34{,}51 \text{ kNm}} \end{matrix}$$

Stab 3

a=3
e=4

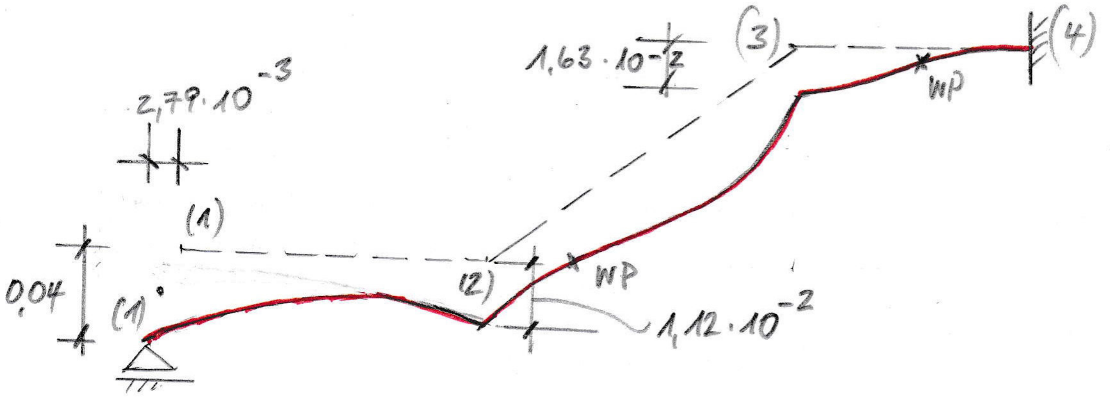
$$\underline{s}^3 = \underbrace{\underline{K}^3}_{\text{vgl. Seite 4}} \cdot \underline{v}^3 + \underbrace{\underline{s}^{30}}_{\text{vgl. Seite 4}}$$

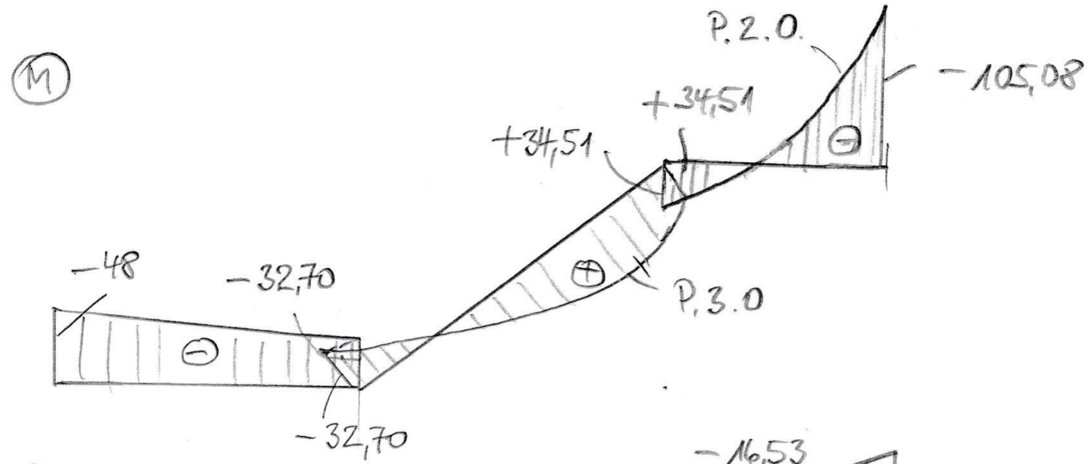
$$\text{mit} \quad \underline{v}^3 = \underline{\overline{v}}^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1{,}63 \cdot 10^{-2} \\ 5{,}07 \cdot 10^{-3} \\ \hline 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \underline{v}_3^3 \overset{!}{=} \underline{V}_3 \\ \\ \underline{v}_4^3 \overset{!}{=} \underline{V}_4 \end{matrix} \Bigg\} \underline{V}^3$$

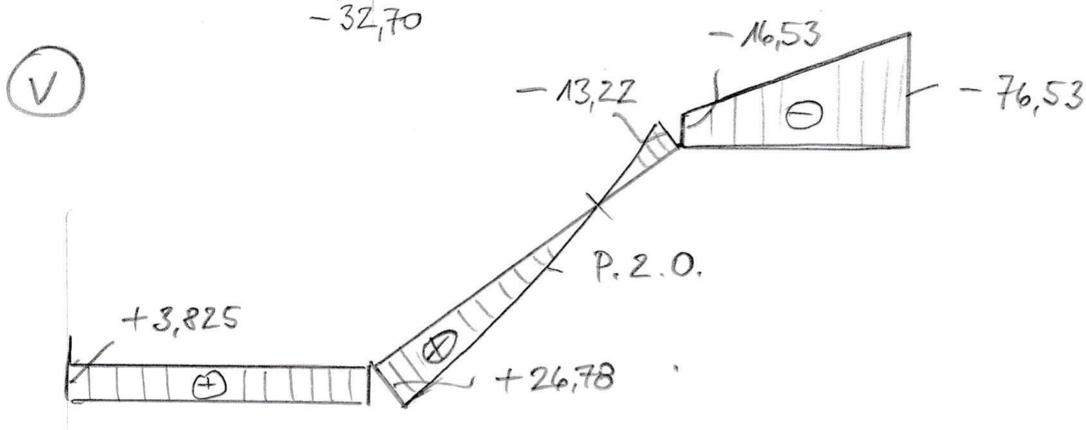
errechnet sich:

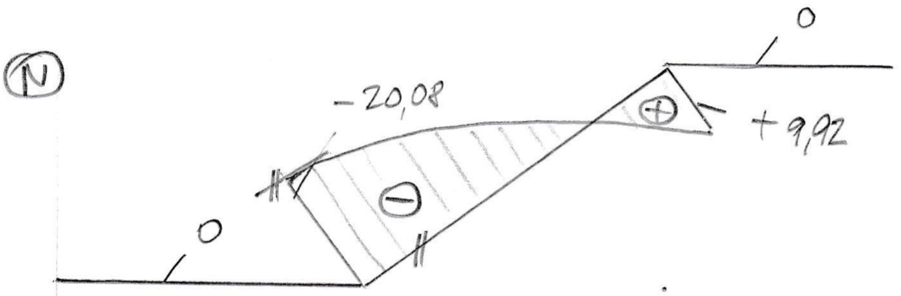
$$\underline{s}^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 16{,}53 \\ -34{,}51 \\ \hline 0 \\ -76{,}53 \\ -105{,}08 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \rightsquigarrow & N_{3,r} = 0 \\ & V_{3,r} = -16{,}53 \text{ kN} \\ & M_{3,r} = +34{,}51 \text{ kNm} \\ \rightsquigarrow & N_{4,\ell} = 0 \\ & V_{4,\ell} = -76{,}53 \text{ kN} \\ & M_{4,\ell} = -105{,}08 \text{ kNm} \end{matrix}$$

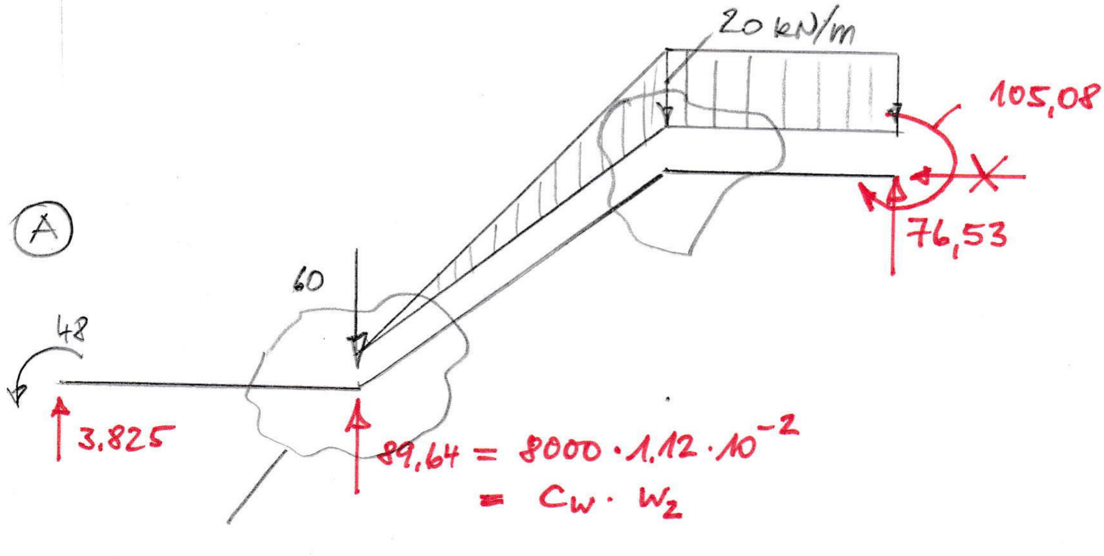
Darstellung (W):





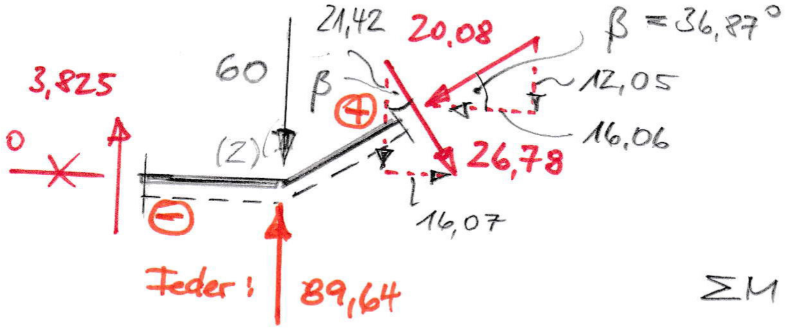




Gleichgewichtskontrollen

am Knoten (2):

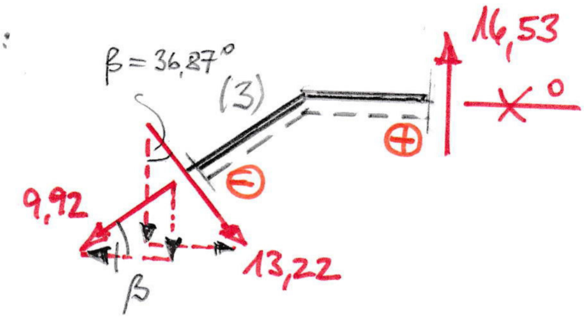
$\downarrow \sum V \overset{!}{=} 0: \quad -3{,}825 + 60 - 89{,}64 + 21{,}42 + 12{,}05 \cong 0$ ✓

$\overrightarrow{\sum H} \overset{!}{=} 0: \quad +16{,}07 - 16{,}06 \cong 0$ ✓




$\sum M = 0$ ✓

am Knoten (3):




$\downarrow \sum V \overset{!}{=} 0: \quad +13{,}22 \cdot 0{,}8 + 9{,}92 \cdot 0{,}6 - 16{,}53 = 0$ ✓

$\overrightarrow{\sum H} \overset{!}{=} 0: \quad +13{,}22 \cdot 0{,}6 - 9{,}92 \cdot 0{,}8 \cong 0$ ✓

$\sum M = 0$ ✓