

Drehwinkelverfahren

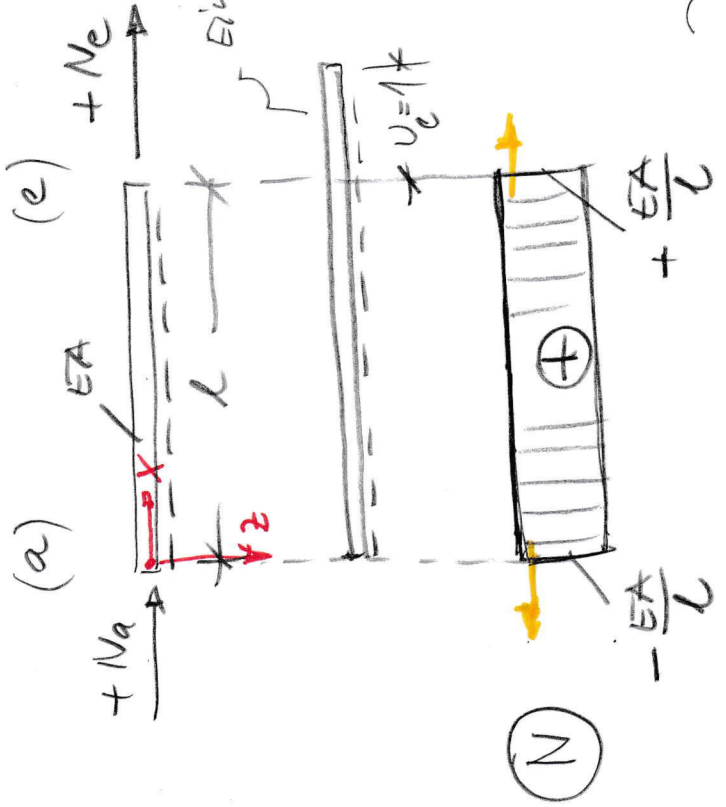
(typisch:  $EA \neq \infty$ )

Verformungsanteile

$$\int \bar{N} \cdot \frac{N}{EA} dx = \text{klein!}$$



Allgem. Weggrößenverfahren ( $EA \ll \infty$ )  $\leadsto$  Vorbereitung



Einhheitsverform.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{l}$$

$$\text{mit } \sigma = E \cdot \epsilon \text{ (Hooke)}$$

$$G = E \cdot \frac{1}{l}$$

mit

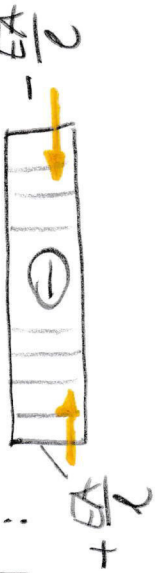
$$G = \frac{N}{A}$$

mit

$$\frac{N}{A} = E \cdot \frac{1}{l}$$

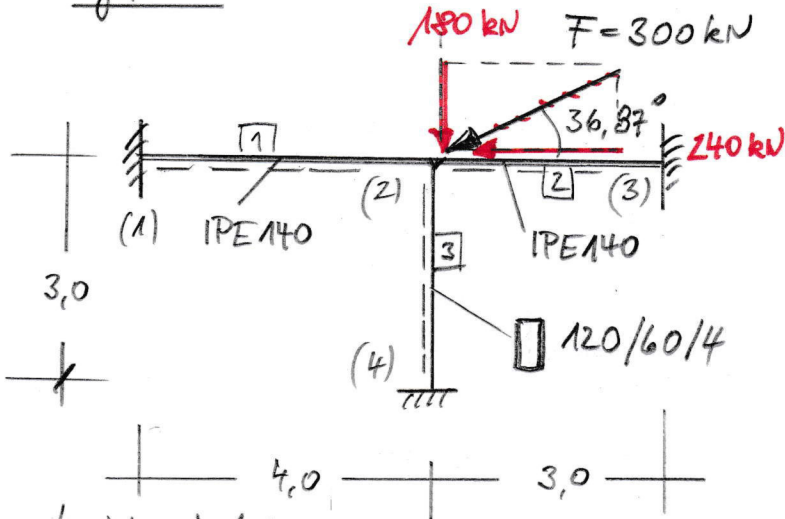
$$N = \frac{EA}{l}$$

logisch: bei  $u_e = 1$ :



Einführungsbeispiel zum WGV:

- System:



Inzidenztafel:

Stab	a	e	l	EI	EA	$\beta^\circ$
1	1	2	4,0	1136,1	345030	0
2	2	3	3,0	1136,1	345030	0
3	2	4	3,0	506,1	279300	-90

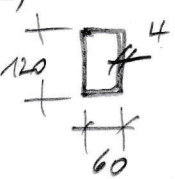
Bau Stahl:

$E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$

a) IPE140  $A = 16,4 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 541 \text{ cm}^4$

$\rightarrow EA = 345030 \text{ kN}$

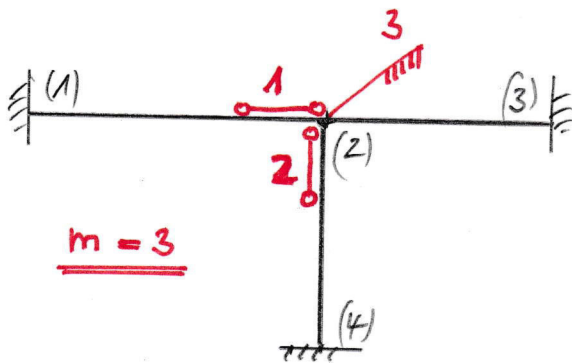
$EI = 1136,1 \text{ kNm}^2$

b)   $A = 13,3 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 241 \text{ cm}^4$

$\rightarrow EA = 279300 \text{ kN}$

$EI = 506,1 \text{ kNm}^2$

- kinematisch best. Hauptsystem:



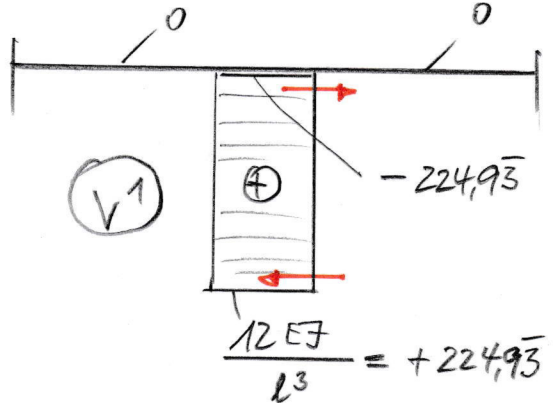
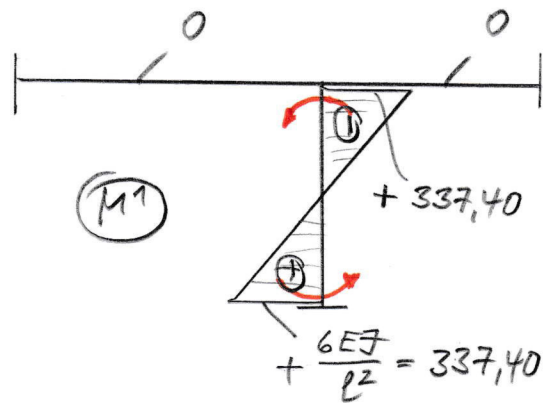
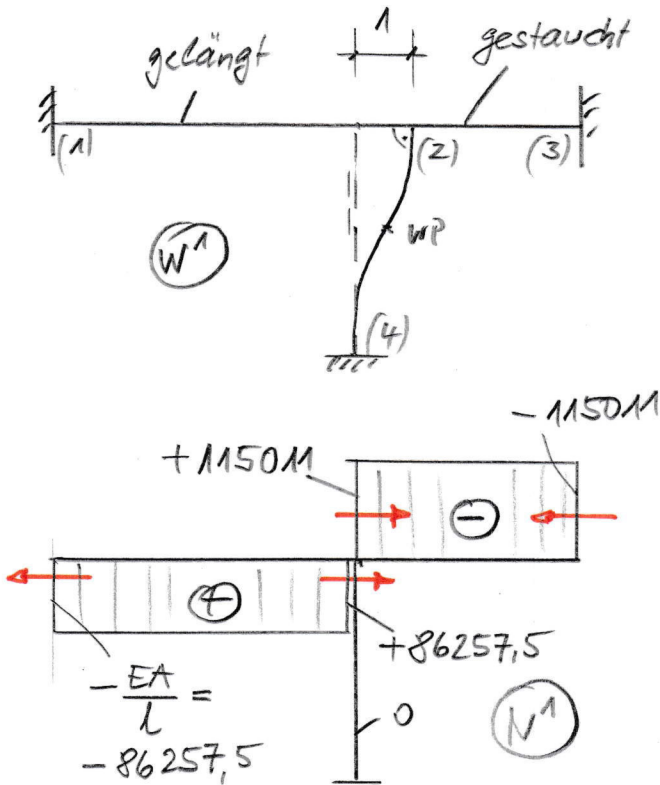
- Lastverformungszustand: LVZ

$(M^o) \leq 0 ; (V^o) \leq 0 ; (N^o) \leq 0$

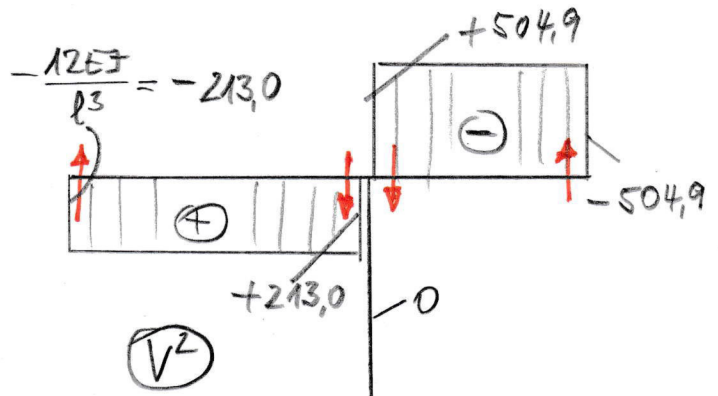
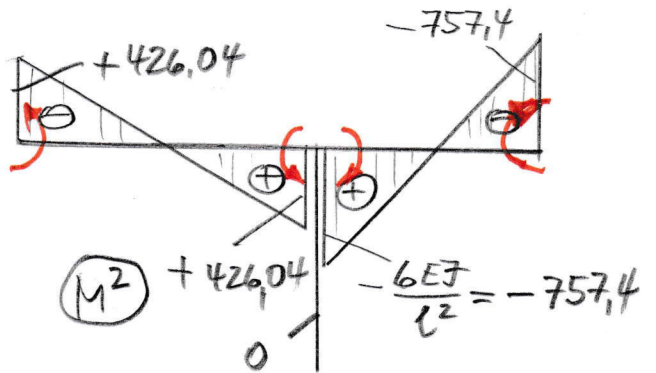
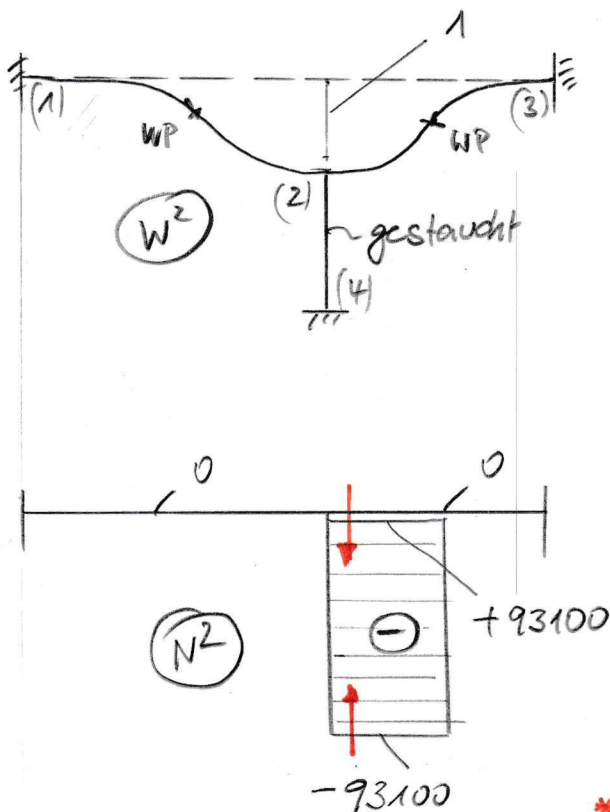
$(W^o) \leq 0 ; (A^o) \leq 0$

$\rightarrow$  nur Knotenlast(en) !  $\rightarrow$  Gleichgew.-bedingungen

- EVZ 1:  $U_2^1 = 1$

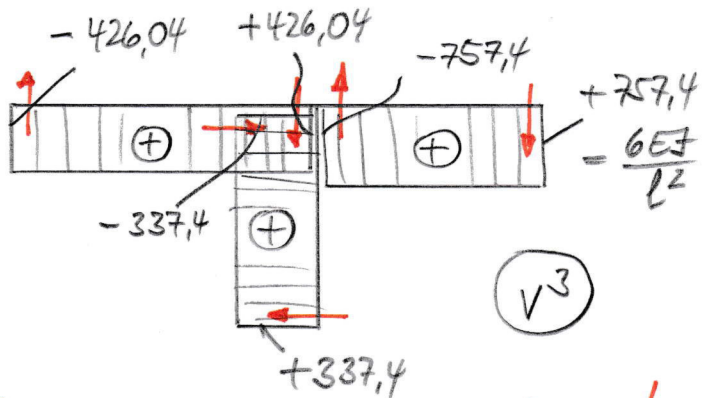
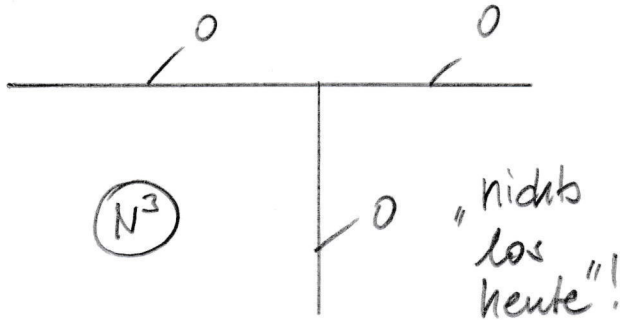
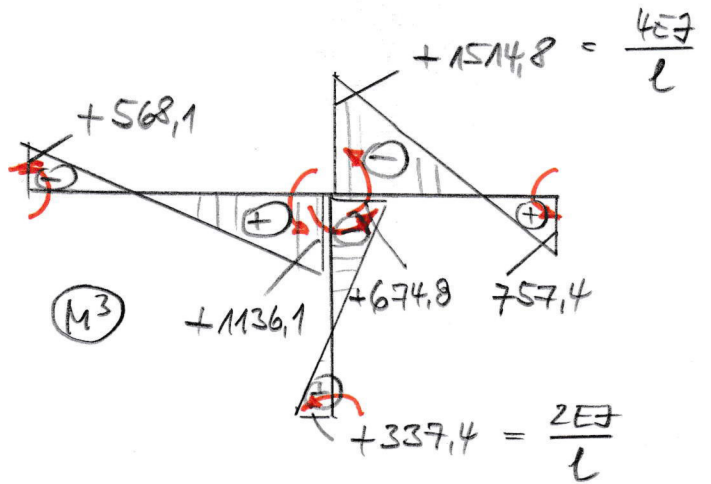
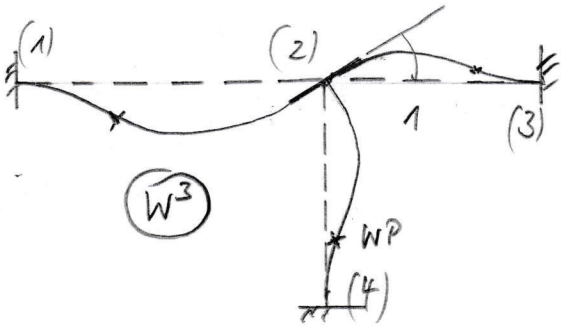


- EVZ 2:  $W_2^2 = 1$



\*) Reaktionen am jeweiligen Stabende

- EVZ 3 :  $\varphi_2^3 = 1$



*\*) bitte mit Lineal ausprobieren!*

- Gleichgewichtsbedingungen

→ Reihenfolge beachten; Typ der Fessel beachten!  
 .... und Knotenlasten mit umgekehrten Vorzeichen einsetzen

Stab 3 um  $-90^\circ$  gedreht → Schnittgrößen am Anfang auf globale Größen transform.

$$\bar{S}_a = T_s \cdot S_a$$

*\*)*

+337,4
0
674,7

$$=$$

0	-1	0
+1	0	0
0	0	1

$$\cdot$$

0
-337,4
674,7

hier beispielhaft für EVZ 3 durchgeführt!

*\*) gelbe Pfeile beachten!  
 (nach rechts → positiv in  $\sum \bar{K}_x = 0$  einsetzen!)*



$$\vec{\Sigma K_{x_2}} \stackrel{!}{=} 0 : +240 + y_1 (86257,5 + 115011 + 224,93) + y_2 (0) + y_3 (+337,4) = 0$$

$$\leadsto 201493,4 \cdot y_1 + 0 \cdot y_2 + 337,4 \cdot y_3 = -240,0$$

$$\downarrow \vec{\Sigma K_{z_2}} \stackrel{!}{=} 0 : -180 + y_1 (0) + y_2 (93100 + 213,0 + 504,9) + y_3 (426,04 - 757,4) = 0$$

$$\leadsto 0 \cdot y_1 + 93817,9 \cdot y_2 - 331,36 y_3 = +180$$

$$\vec{\Sigma M_2} \stackrel{!}{=} 0 : 0 + y_1 (0 + 0 + 337,40) + y_2 (426,04 - 757,4 + 0) + y_3 (1136,1 + 1514,8 + 674,8) = 0$$

$$\leadsto 337,40 \cdot y_1 - 331,36 \cdot y_2 + 3325,7 = 0$$

in Matrixschreibweise:

201493,4	0	337,4
0	93817,9	-331,36
337,4	-331,36	3325,7

 $\cdot \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{matrix} = \begin{matrix} -240 \\ 180 \\ 0 \end{matrix}$

$\leadsto$  perfekt: HD-Elemente  $> 0$   
 Steifigkeitsmatrix symmetrisch

**1. Beispiel zum Weggrößenverfahren**

20.04.2020

**Lösung des Gleichungssystems  $[K] \cdot [y] = [r]$**

$[K]$  = Steifigkeitsmatrix (pos. Definit + symmetrisch)

<b>201493,400</b>	0,000	337,400
0,000	<b>93817,900</b>	-331,360
337,400	-331,360	<b>3325,700</b>

$[r]$  = Lastvektor (recht Seite)

-240,000
180,000
0,000

$[K]^{-1}$  = Inverse Steifigkeitsmatrix

4,964E-06	-1,779E-09	-5,038E-07
-1,779E-09	1,066E-05	1,063E-06
-5,038E-07	1,063E-06	3,008E-04

$[y]$  = Lösungsvektor

-0,001192
0,001920
0,000312

entspricht:

$u_2$
$w_2$
$\phi_2$

**Nachlaufrechnung (Superposition)**

mit Hilfe einer einfachen Matrizenmultiplikation

Stabend-  
schnittgrößen

(Vorzeichen nach WGV)

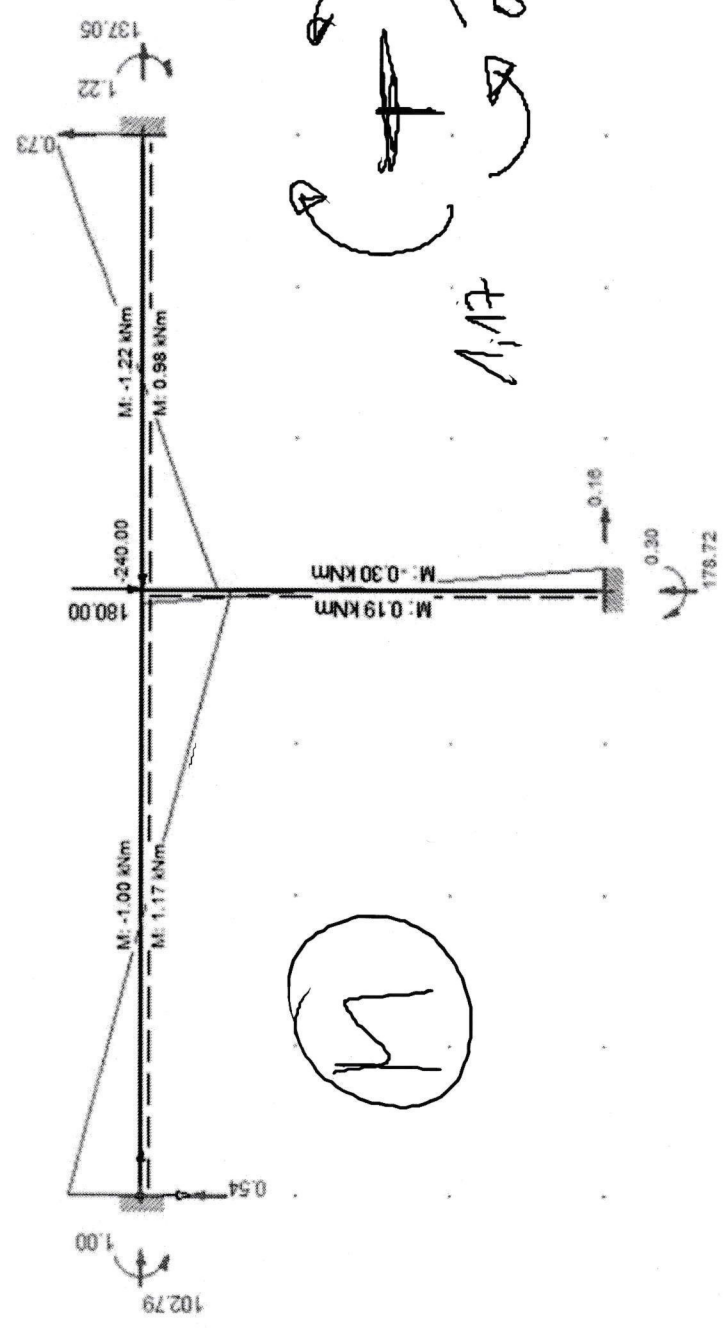
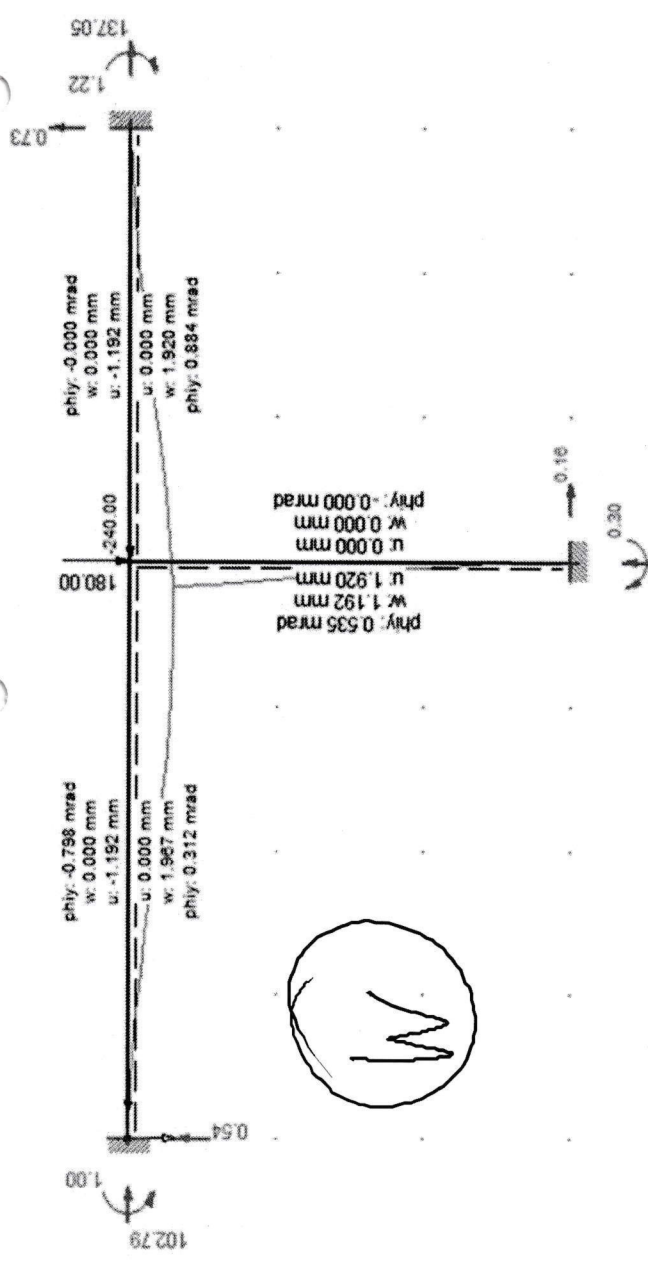
	am LVZ	am EVZ1	am EVZ2	am EVZ3
$M_{1,rechts}$	0,000	0,000	426,040	568,100
$M_{2,links}$	0,000	0,000	426,040	1136,100
$M_{2,rechts}$	0,000	0,000	-757,400	1514,800
$M_{3,links}$	0,000	0,000	-757,400	757,400
$M_{2,unten}$	0,000	337,400	0,000	674,800
$M_{4,oben}$	0,000	337,400	0,000	337,400
$V_{1,rechts}$	0,000	0,000	-213,000	-426,040
$V_{2,links}$	0,000	0,000	213,000	426,040
$V_{2,rechts}$	0,000	0,000	504,900	-757,400
$V_{3,links}$	0,000	0,000	-504,900	757,400
$V_{2,unten}$	0,000	-224,933	0,000	-337,400
$V_{4,oben}$	0,000	224,933	0,000	337,400
$N_{1,rechts}$	0,000	-86257,500	0,000	0,000
$N_{2,links}$	0,000	86257,500	0,000	0,000
$N_{2,rechts}$	0,000	115011,000	0,000	0,000
$N_{3,links}$	0,000	-115011,000	0,000	0,000
$N_{2,unten}$	0,000	0,000	93100,000	0,000
$N_{4,oben}$	0,000	0,000	-93100,000	0,000

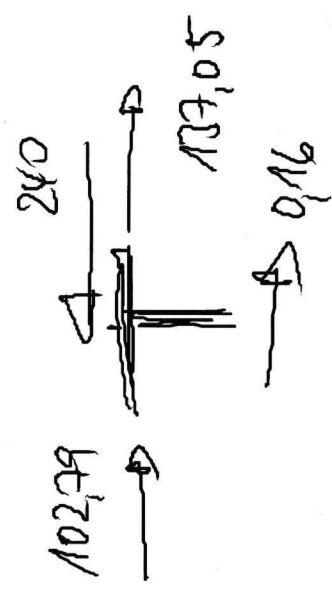
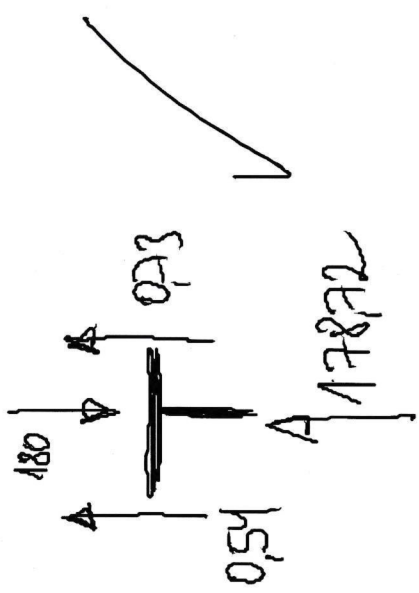
1,000000
-0,001192
0,001920
0,000312

	nach Baustatik
0,995	-1 -0,995
1,173	1 1,173
-0,981	-1 0,981
-1,218	1 -1,218
-0,191	-1 0,191
-0,297	1 -0,297
-0,542	-1 0,542
0,542	1 0,542
0,733	-1 -0,733
-0,733	1 -0,733
0,163	-1 -0,163
-0,163	1 -0,163
102,787	-1 -102,787
-102,787	1 -102,787
-137,050	-1 137,050
137,050	1 137,050
178,725	-1 -178,725
-178,725	1 -178,725

Gleichgewicht an den Orten der Fesseln = OK

1.192  
 1.910





Handwritten notes and scribbles.

