Formfindung von Seilstrukturen

Diem Tran Ngoc

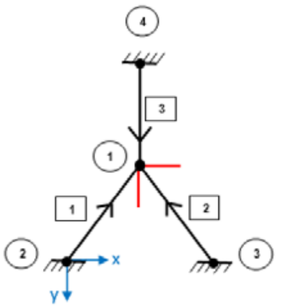
Olympiastadion München, 1972

Motivation/Problemstellung

- Findung einer geometrischen Struktur von Seilnetzen und Seilstrukturen
- Suche nach dem Optimum der Form
- Methoden

Williamsburg Bridge, 1904

Kraft-Dichte-Methode (KDM)



$$C_s = \begin{cases} 1, & \text{wenn Stab j beim Knoten i anfängt(Quelle)} \\ -1, & \text{wenn Stab j beim Knoten i endet(Senke)} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Bildung einer C_s Matrix

Gleichung der unbekannten Knotenkoordinaten:

$$x = D_x^{-1}(-D_{fx}x_f)$$
$$y = D_y^{-1}(-D_{fy}y_f)$$
$$z = D_z^{-1}(-D_{fz}z_f)$$

Mit: $D_i = C_i^T Q C_i \quad D_{fi} = C_i^T Q C_{fi}$

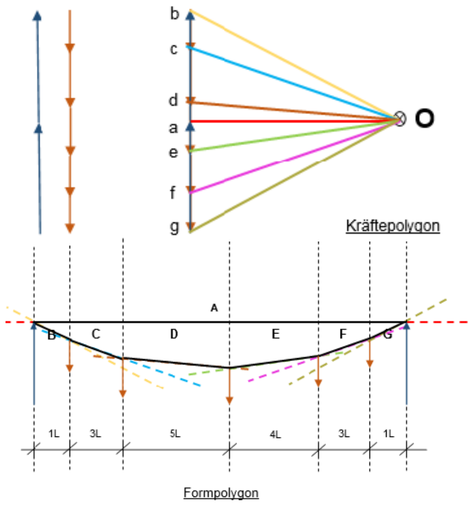
KDM

- Einführung der Kraftdichte $q_i = N_j/L_j$
  → Überführung des nichtlinearen Problems in ein lineares Problem
- Struktur durch Knoten-Kanten-Matrix C_s beschrieben

Theorem von Rankine

- Gleichgewichtslage durch grafische Kräftepolygone
- Vorgaben: - Koordinaten des Lastpfades
  - äußere Kräfte $F_z^{(i)}$
  - Ankerpunkte x_0, z_0

Das Theorem von Rankine



Position der Koordinaten des Hauptseils:

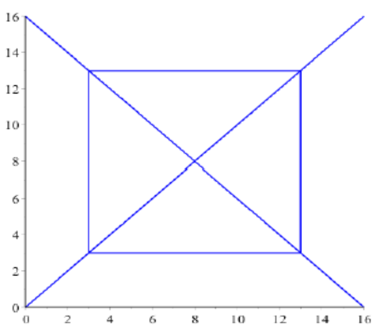
$$z_{i+1} = z_i + B_{i+1}(\bar{x}_{i+1} - x_i)$$

$$x_{i+1} = (\bar{z}_{i+1} - z_i) - \bar{x}_{i+1}\frac{\bar{F}_z^{i+1}}{F_x^{i+1}} + x_i B_{i+1}$$

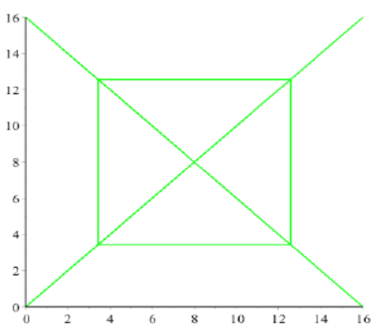
Wobei: $B_{i+1} = \dfrac{R_z - \sum_{j=1}^{i} F_z^j}{H - \sum_{j=1}^{i} F_x^j} \quad R_z = \dfrac{1}{2}\sum_{j=1}^{N-2} F_z^j$

Beispiele

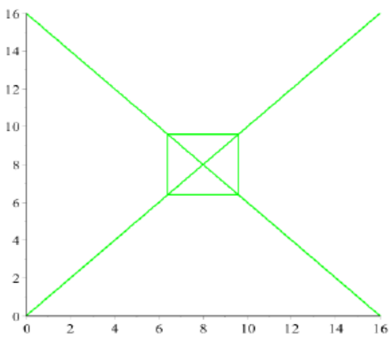
Implementierung der Kraft-Dichte-Methode in Maple



Ausgangssystem



$q_{Randseile} = 4$, $q_{Innenseile} = 1$



$q_{Randseile} = 1$, $q_{Innenseile} = 2$

Literatur:

- T. Drieseberg: Ein Beitrag zur Formfindung von Tensegrity-Systemen mit der Kraftdichtemethode, 2007
- A. Beghini: Rankine's Theorem for the design of cable structures, 2013

Institut für Baustatik und Baudynamik

Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Bischoff