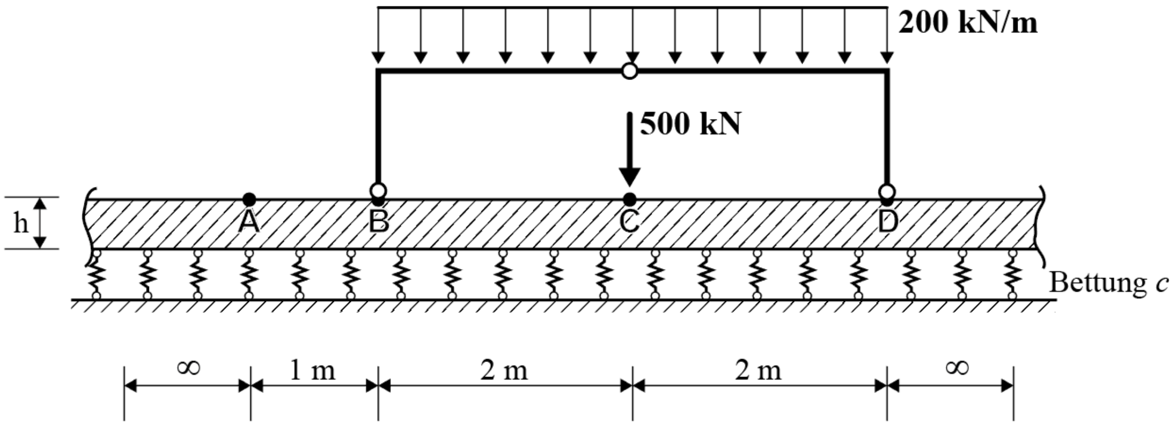
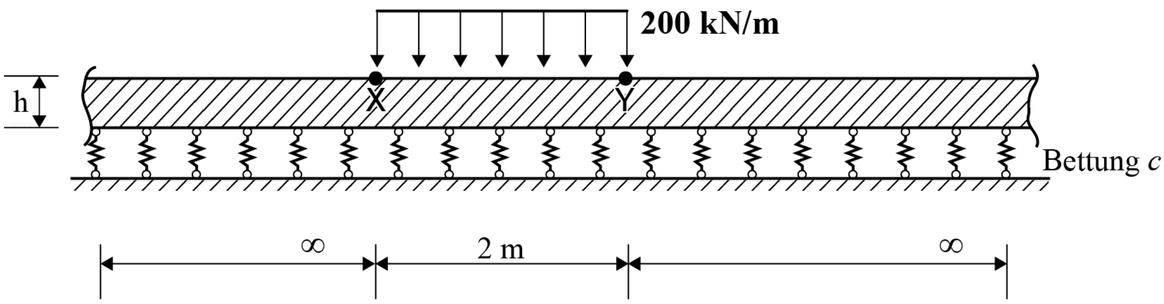
Aufgabe 1: (21 Punkte)

Lastfall 1:



Lastfall 2:



Material- und Bettungsdaten:

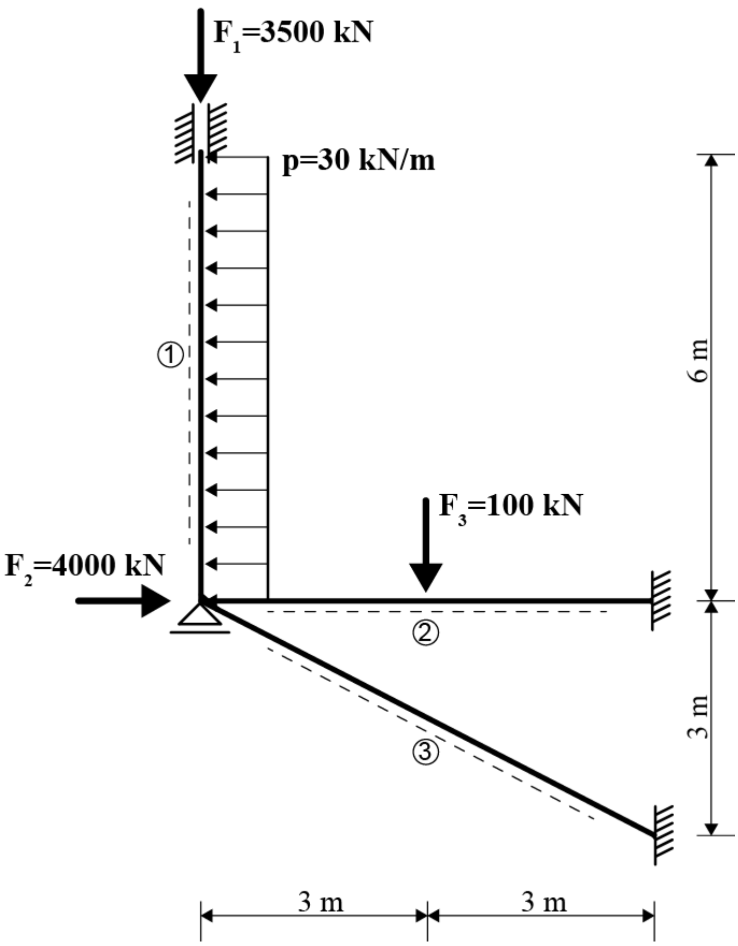
$E = 30.000\ \mathrm{MN/m^2}$
$c = 100\ \mathrm{MN/m^3}$
$b = 1\,\mathrm{m} = b_s$ (Sohlfugenbreite b_s)
$h = 0{,}4\,\mathrm{m}$

a) Bestimmen Sie für den **Lastfall 1** das Moment in den Punkten A und C und die Querkraft im Punkt C im dargestellten elastisch gebetteten Balken nach dem Bettungsmodulverfahren.

b) Bestimmen Sie für den **Lastfall 2** die Querkraft im Punkt X im dargestellten elastisch gebetteten Balken nach dem Bettungsmodulverfahren.

Hinweise:
- Zugfedern werden zugelassen und das Eigengewicht wird nicht berücksichtigt.
- Integral für Lastfall 2: $\int e^{-\frac{x}{s}} \cdot \cos\left(\frac{x}{s}\right) dx = \frac{s}{2} \cdot e^{-\frac{x}{s}} \cdot \left[\sin\left(\frac{x}{s}\right) - \cos\left(\frac{x}{s}\right)\right]$

Aufgabe 2: (36 Punkte)



Material und Querschnittsdaten:

$EI_1 = EI_2 = 25.000\,\text{kNm}^2$

$EI_3 = 15.000\,\text{kNm}^2$

$EA = GA_S = \infty$

Normalkräfte nach Theorie I. Ordnung:

$N_1 = -3500\,\text{kN}$

$N_2 = -2280\,\text{kN}$

$N_3 = -1824\,\text{kN}$

a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Weggrößenverfahrens alle Stabendmomente nach Theorie II. Ordnung für den 1. Iterationsschritt und verwenden Sie dabei die exakte Steifigkeitsmatrix für Ihre Berechnung.

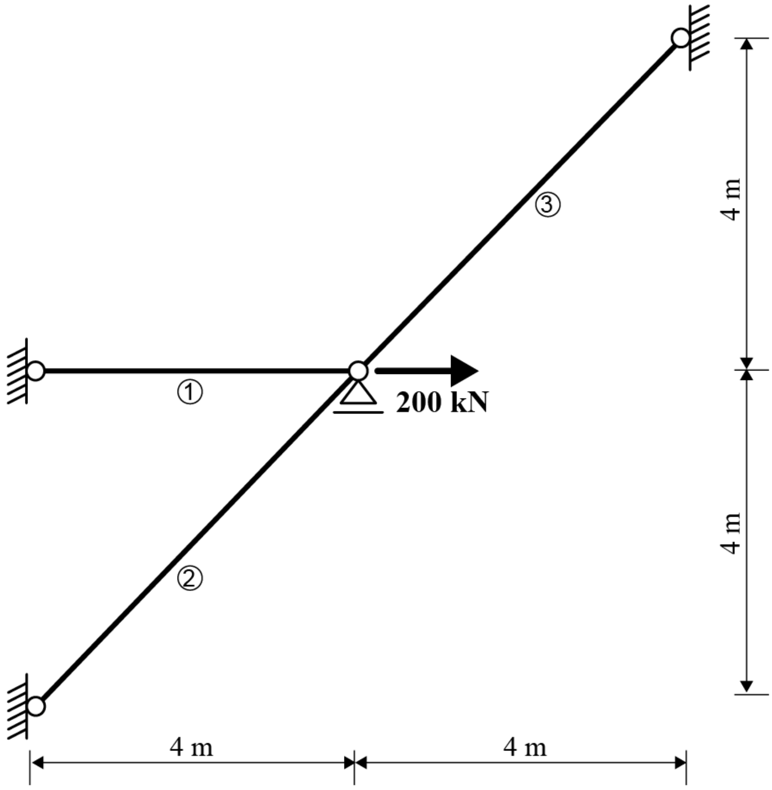
b) Bestimmen Sie die Transversalkräfte und die Querkräfte an den Enden des Stabes 1 für den 1. Iterationsschritt.

c) Bestimmen Sie für den Stab 1 das maximale Feldmoment mit Hilfe der nichtlinearen Übertragungsmatrix. Gehen Sie dabei vereinfachend von einem linearen Querkraftverlauf aus, um die Koordinate des maximalen Feldmomentes zu bestimmen.

d) Berechnen Sie den kritischen Lastfaktor und die kritischen Lasten unter Verwendung der genäherten Steifigkeitsmatrix für die folgenden Stabkräfte:

$$S_1 = -3500\,\text{kN},\; S_2 = -2330\,\text{kN},\; S_3 = -1865\,\text{kN}$$

Aufgabe 3: (31 Punkte)



Material und Querschnittsdaten:

Stab 1 und Stab 2:

$E_{1,2} = 35000\,\text{N/mm}^2$

$A_{1,2} = 60\,\text{cm}^2$

$$\sigma = \begin{cases} E_{1,2} \cdot \left(\varepsilon - 250 \cdot \varepsilon^2\right) & 0 \le \varepsilon \le \varepsilon_F \\ \sigma_F & \varepsilon \ge \varepsilon_F \end{cases}$$

$\varepsilon_F = 2 \cdot 10^{-3}$

(gültig für Zugspannungen)

Stab 3:

$E_3 = 35000\,\text{N/mm}^2$

$A_3 = 60\,\text{cm}^2$

$$\sigma = \begin{cases} E_3 \cdot \left(\varepsilon + 250 \cdot \varepsilon^2\right) & 0 \ge \varepsilon \ge \varepsilon_F \\ \sigma_F & \varepsilon \le \varepsilon_F \end{cases}$$

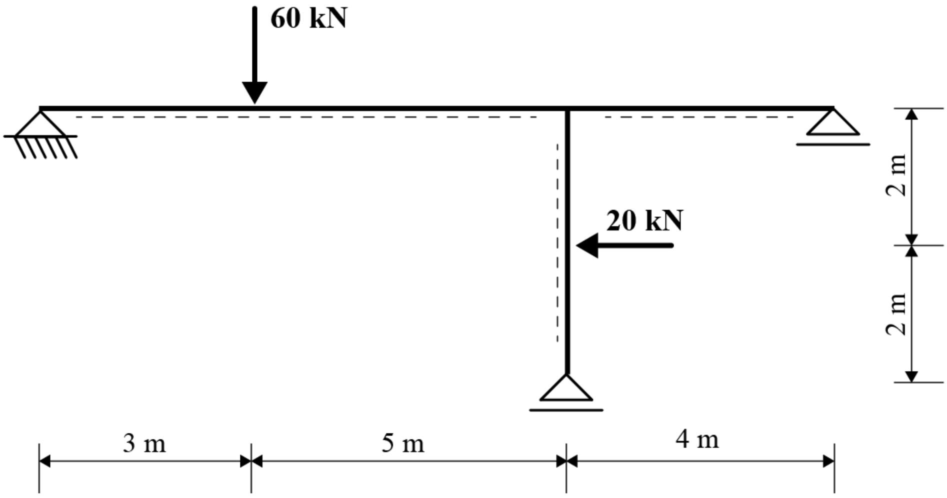
$\varepsilon_F = -2 \cdot 10^{-3}$

(gültig für Druckspannungen)

Bestimmen Sie für das dargestellte System die Stabkräfte mit Hilfe des Weggrößenverfahrens (direkte Steifigkeitsmethode) nach der Theorie I. Ordnung und verwenden Sie das **Newton-Raphson-Verfahren**.
Führen Sie dabei den Prädiktorschritt und eine Korrektoriteration durch.

Aufgabe 4: (12 Punkte)

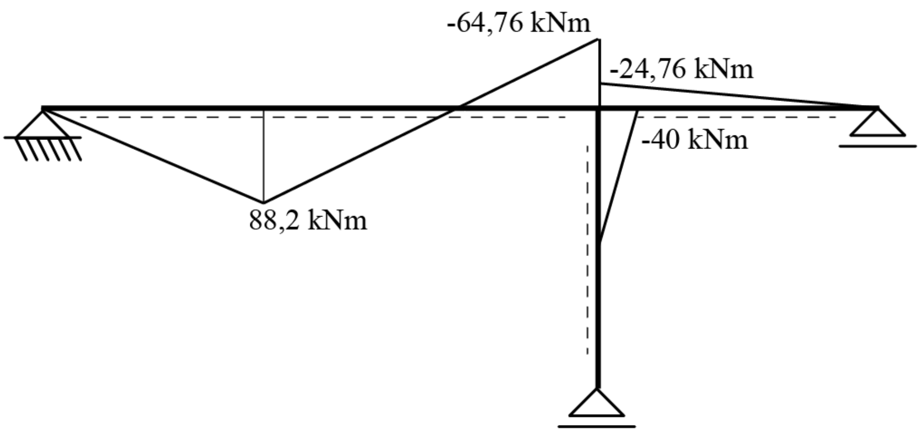
Für das unten dargestellte Tragwerk wurde der Momentenverlauf bereits ermittelt.



Für alle Stäbe gilt:

$EI = \text{konst.}$
$EA = GA_S = \infty$
$M_{pl} = 120\,\text{kNm}$

Momentenverlauf:



Bestimmen Sie die Anzahl und Orte der möglichen Fließgelenke sowie den Laststeigerungsfaktor λ_{ges} mittels der Methode der sukzessiven Laststeigerung. Es sollen alle Lasten mit dem gleichen Steigerungsfaktor sukzessiv gesteigert werden.