

Statik 2

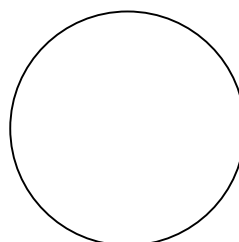
17.08.2021

Bearbeitungszeit: 135 Minuten

Rechenteil

Aufgabe	Punkte	
	max.	erreicht
AF	45	
1	25	
2	25	
3	20	
4	25	
5	20	
6	20	
Σ	180	

Note:



Bitte keine grünen Farbstifte verwenden.
Der Lösungsweg muss lückenlos nachvollziehbar sein.

Aufgabe 1

(..... / 25 Punkte)

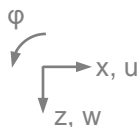
Die dargestellte Fußgängerbrücke mit Unterspannung, welche durch externe Vorspannung der Stäbe 5 und 7 erreicht wird, soll für den gegebenen Lastfall bemessen werden. Führen Sie die Berechnungen mit dem **Verschiebungsgrößenverfahren** durch.

Bemessungsphase I

- Berechnen Sie die Verformung der Struktur aufgrund der Last q aber **ohne Berücksichtigung der Vorspannung** der Stäbe 5 und 7 (also $\hat{F}_{5,7} = 0$).
- Skizzieren Sie die Verformung des Systems unter Angabe charakteristischer Werte.

Bemessungsphase II

- Bestimmen Sie die **nötige Anfangsvorspannkraft** $\hat{F}_{5,7}$ der Stäbe 5 und 7 (gleich für beide), sodass die vertikale Verformung w_3 von Knoten 3 unter der dargestellten Last q genau 0,05 m beträgt. Verwenden Sie hierzu die vereinfachte Betrachtungsweise ohne Modellierung des Einbauvorganges (vgl. Manuskript).
- Skizzieren Sie (ohne Angabe charakteristischer Werte) sowohl den Normalkraft- als auch den Momentenverlauf.



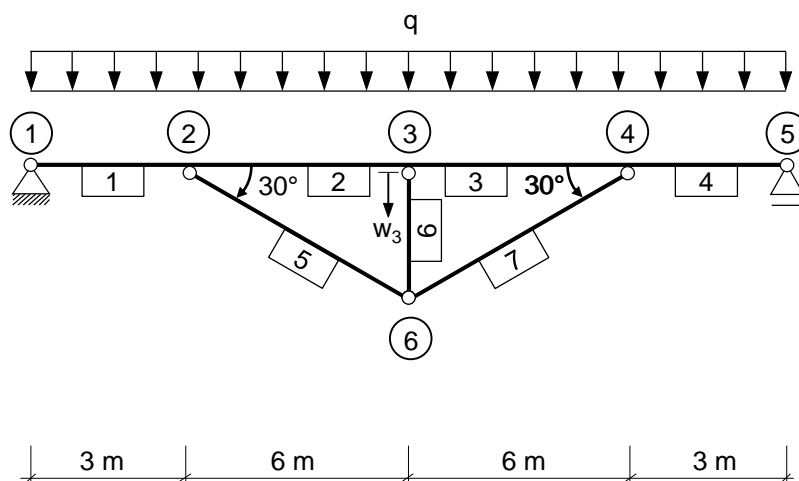
$$q_{1,2,3,4} = 5 \text{ kN/m}$$

$$EA_{1,2,3,4,6} \rightarrow \infty$$

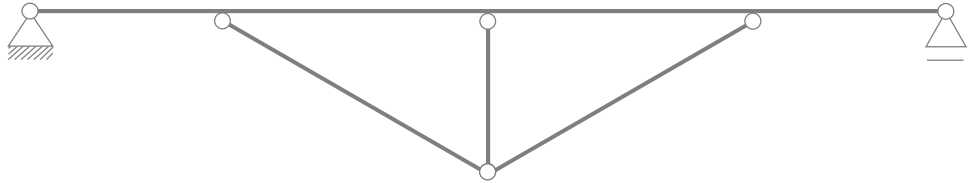
$$EA_{5,7} = 25\,000 \text{ kN}$$

$$EI = 10\,000 \text{ kNm}^2$$

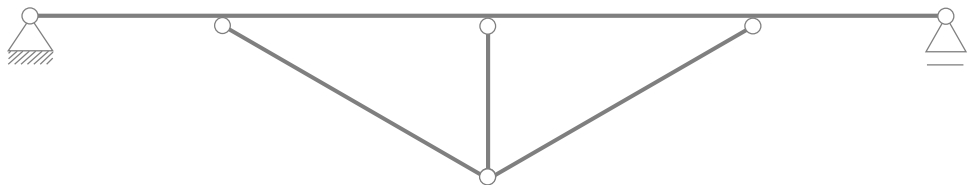
$$\hat{F}_{5,7} = ?$$



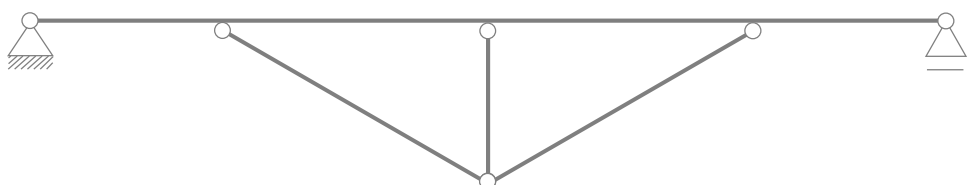
Verformungen (Teilaufgabe b – Bemessungsphase I)

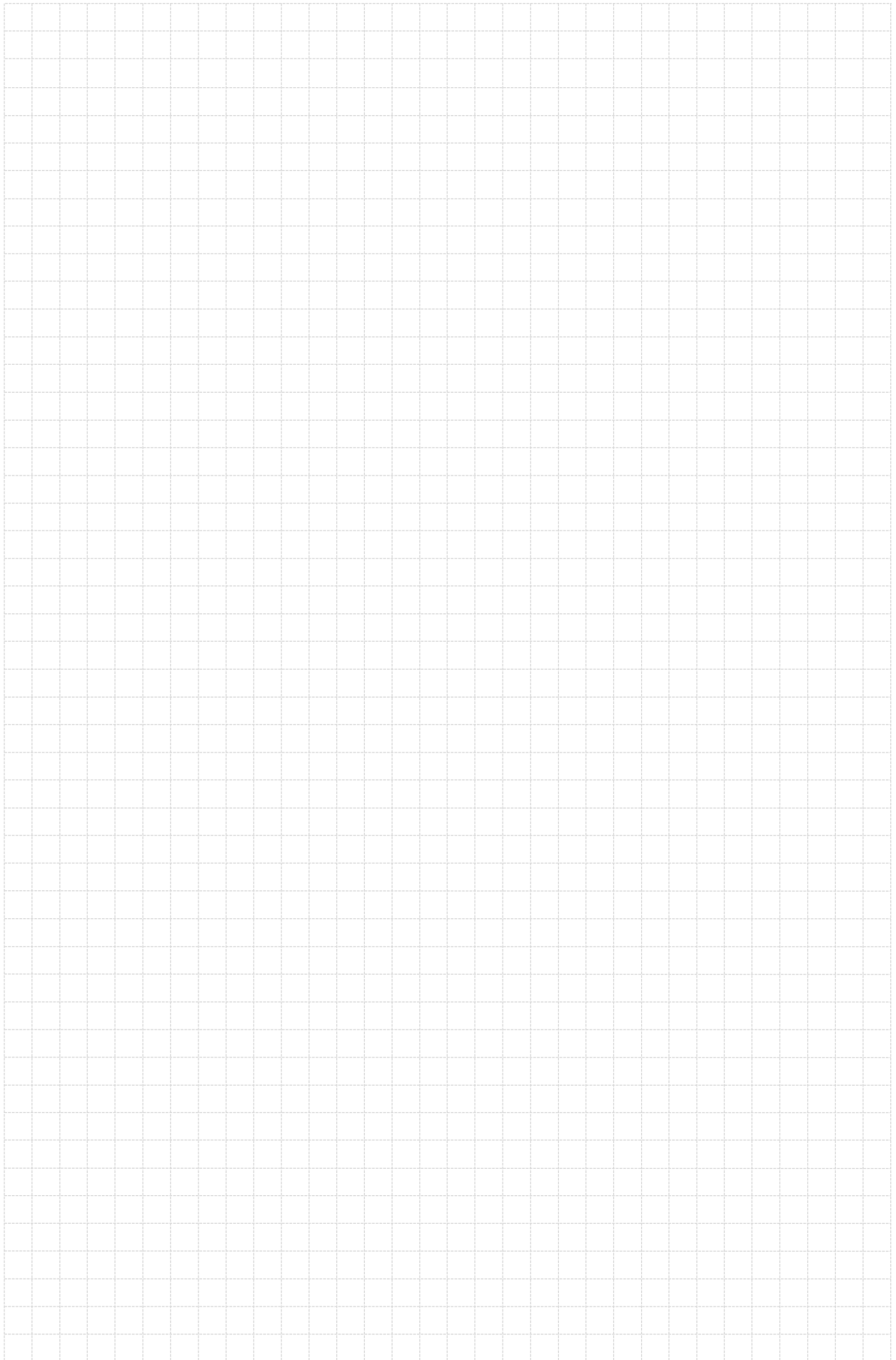


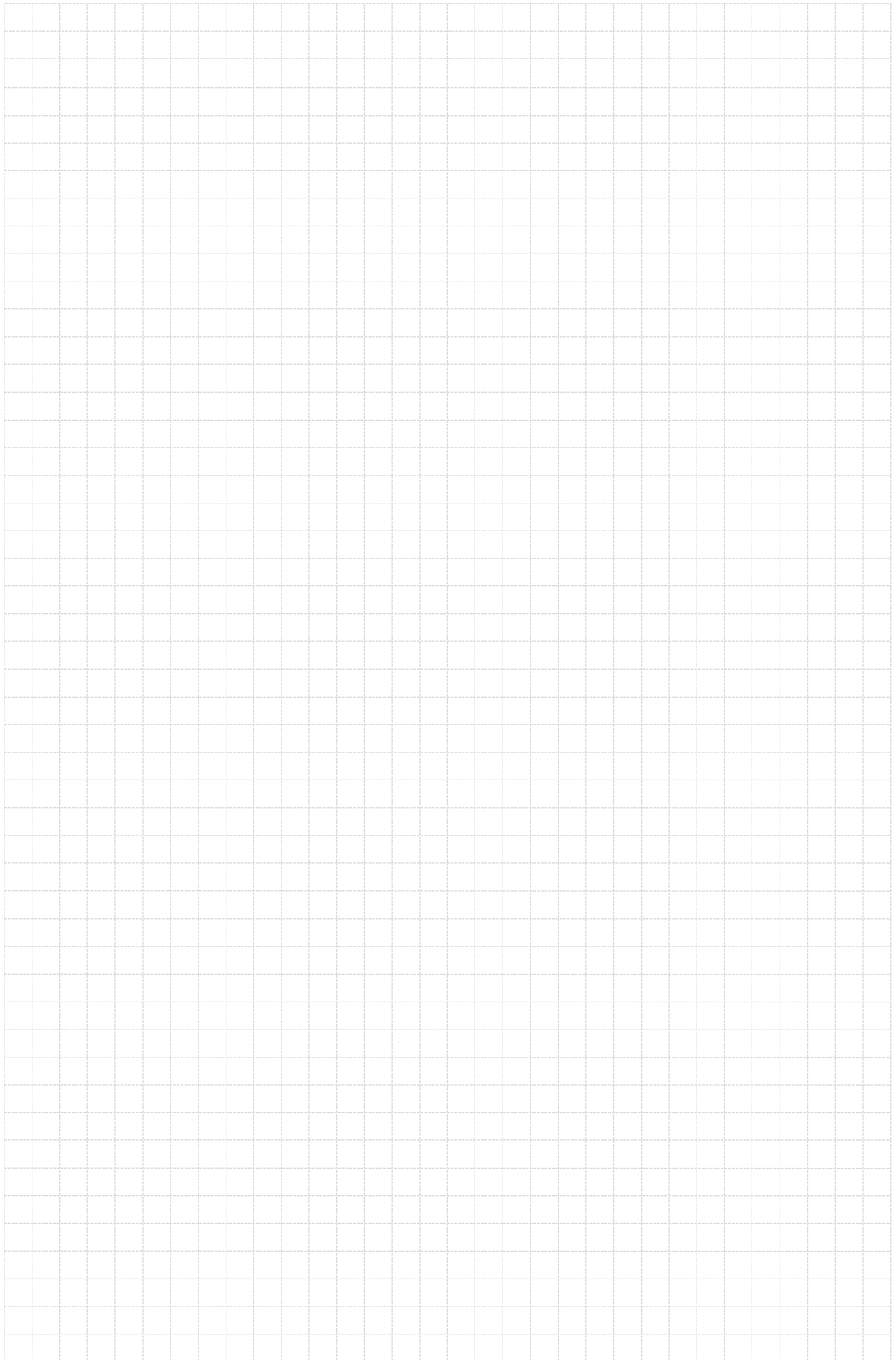
Normalkraftverlauf (Teilaufgabe d – Bemessungsphase II)

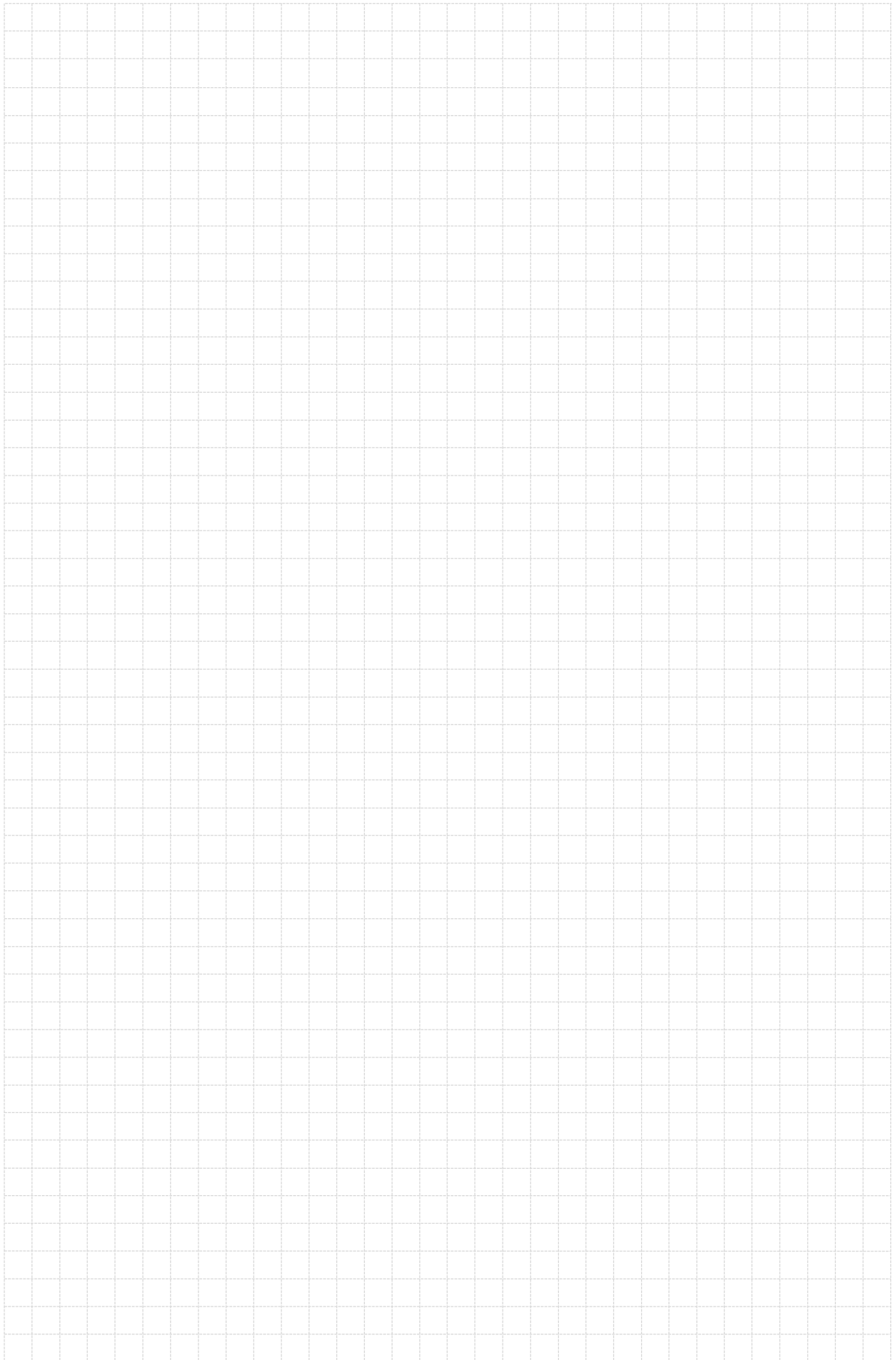


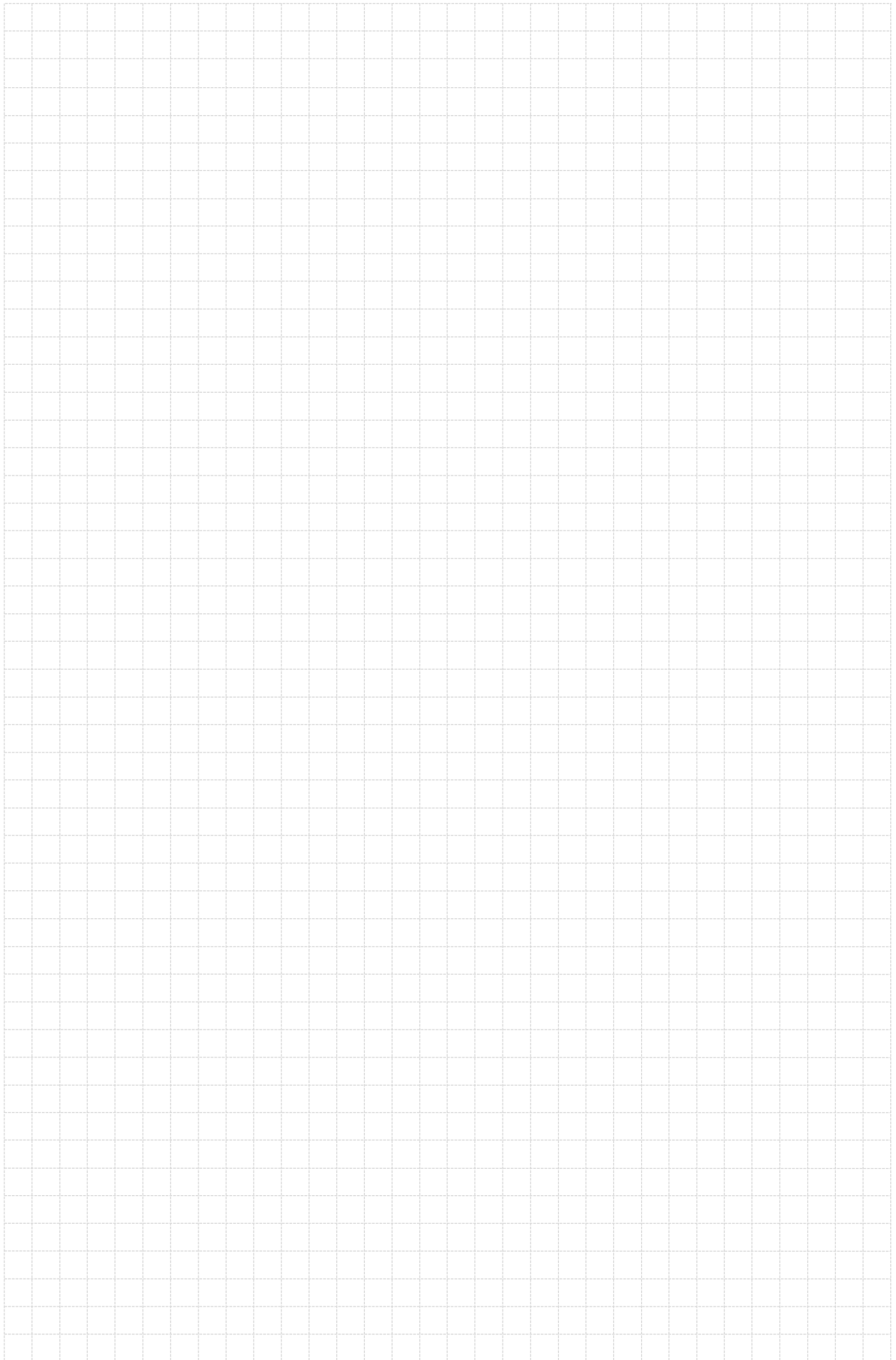
Momentenverlauf (Teilaufgabe d – Bemessungsphase II)











Aufgabe 2

(..... / 25 Punkte)

- Bestimmen Sie die geometrische Unbestimmtheit des Systems und legen Sie die Freiheitsgrade fest. Sämtliche eventuell vorhandenen kinematischen Kopplungen sind explizit anzugeben.
- Berechnen Sie die zu den gewählten Freiheitsgraden gehörenden Knotenverschiebungen mit dem **Verschiebungsgrößenverfahren**. Für alle Einheits- und Lastzustände sind aussagekräftige Skizzen anzufertigen.

System und Belastung:

gegeben:

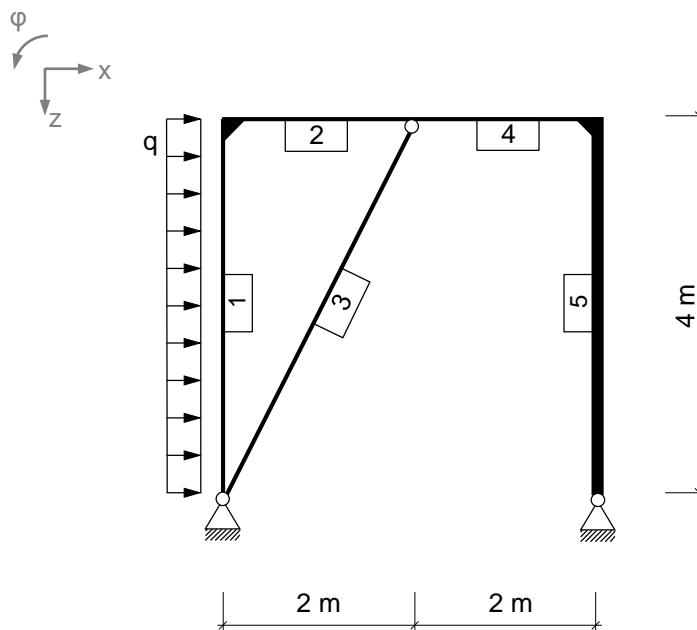
$$EI_{1-4} = 1\,000 \text{ kNm}^2$$

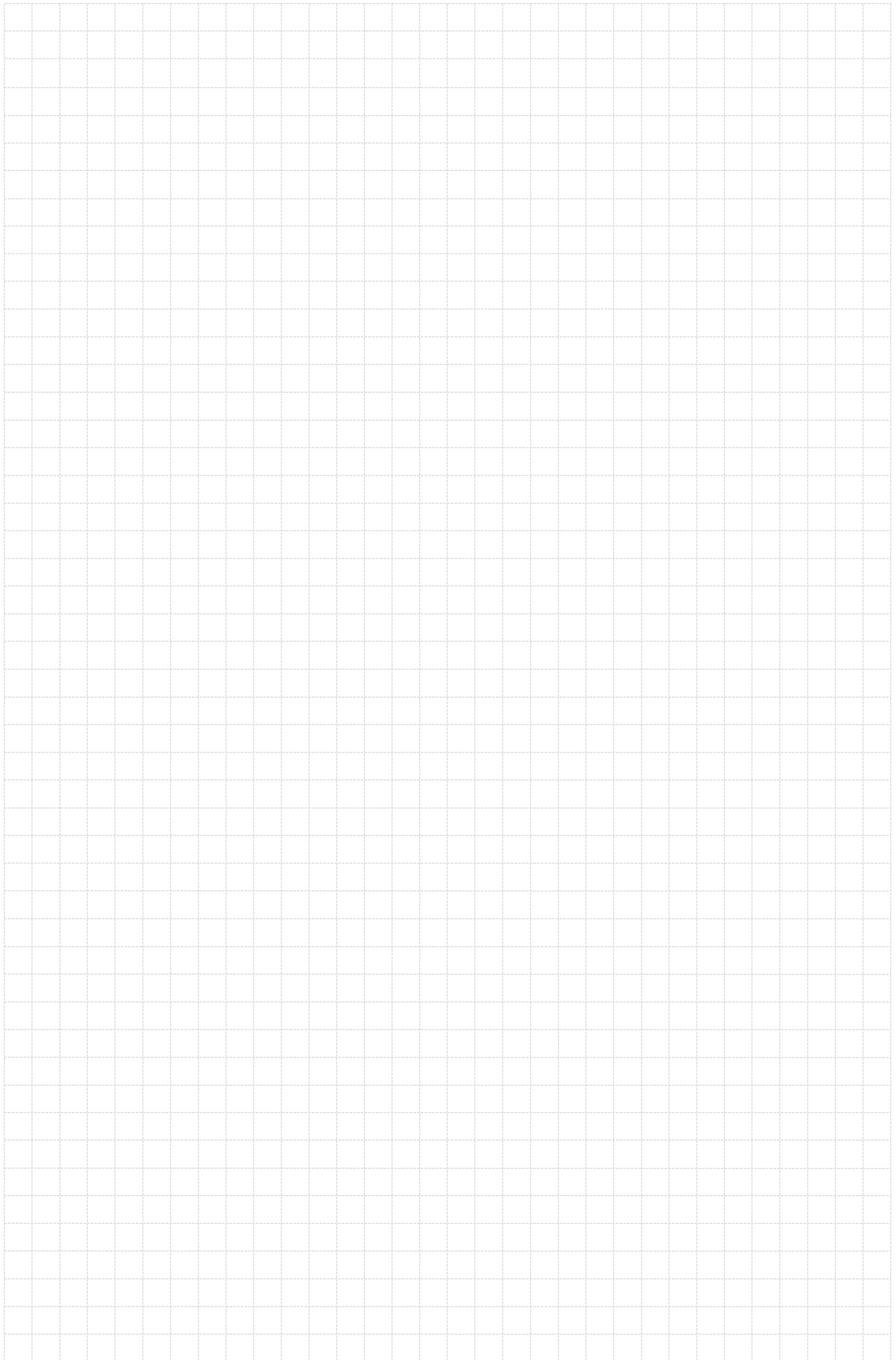
$$EI_5 \rightarrow \infty$$

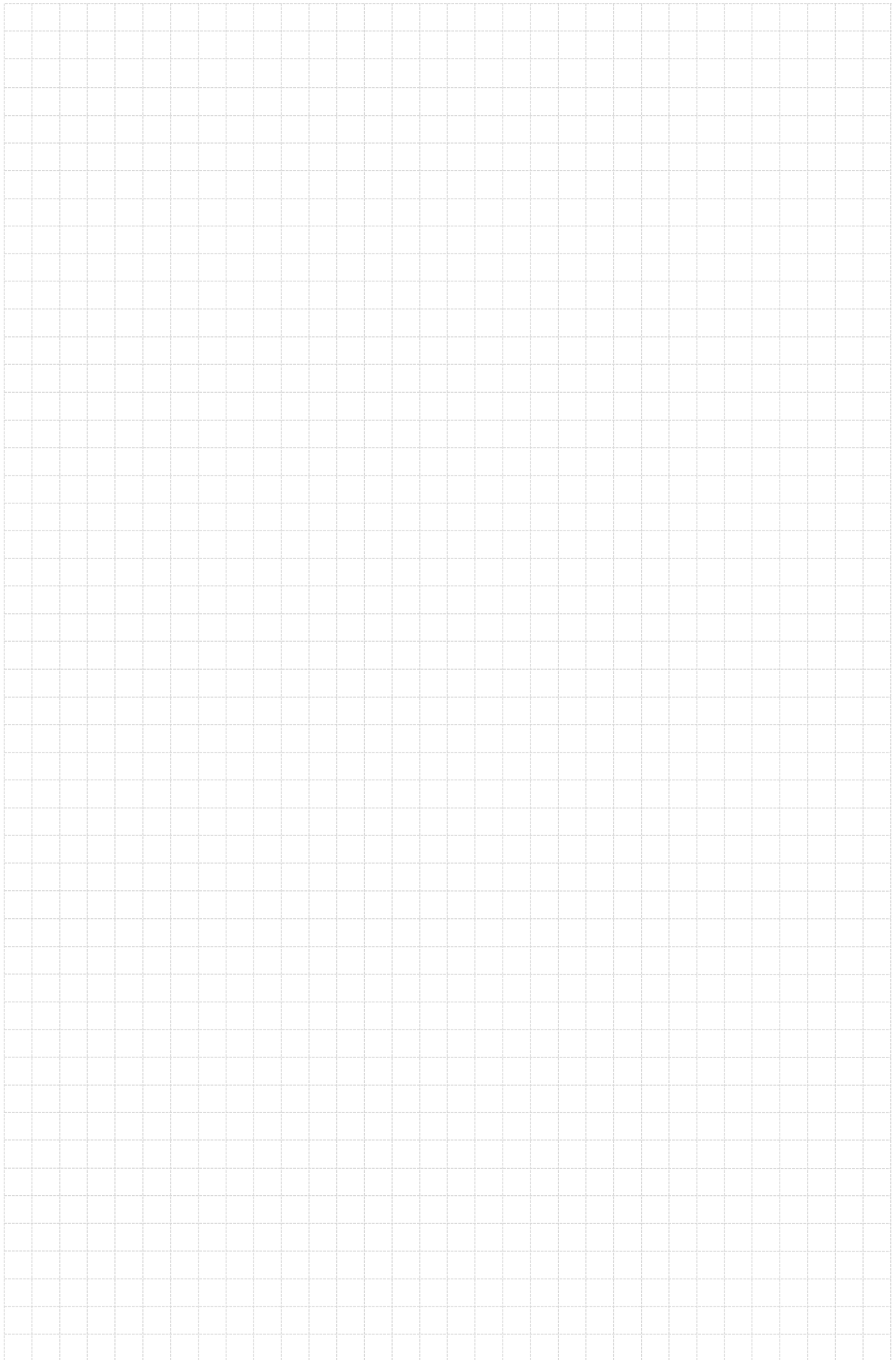
$$EA \rightarrow \infty$$

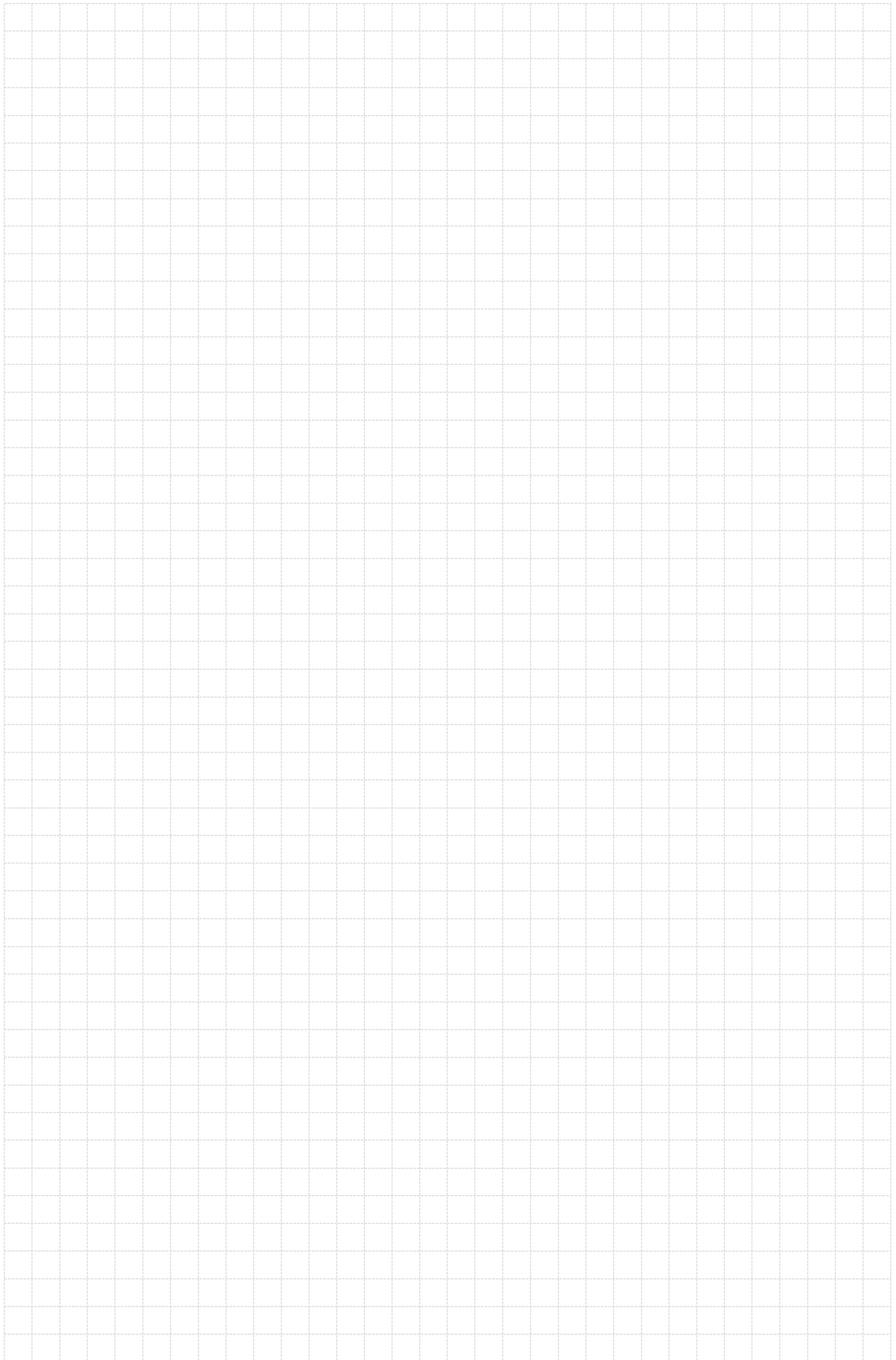
Belastung:

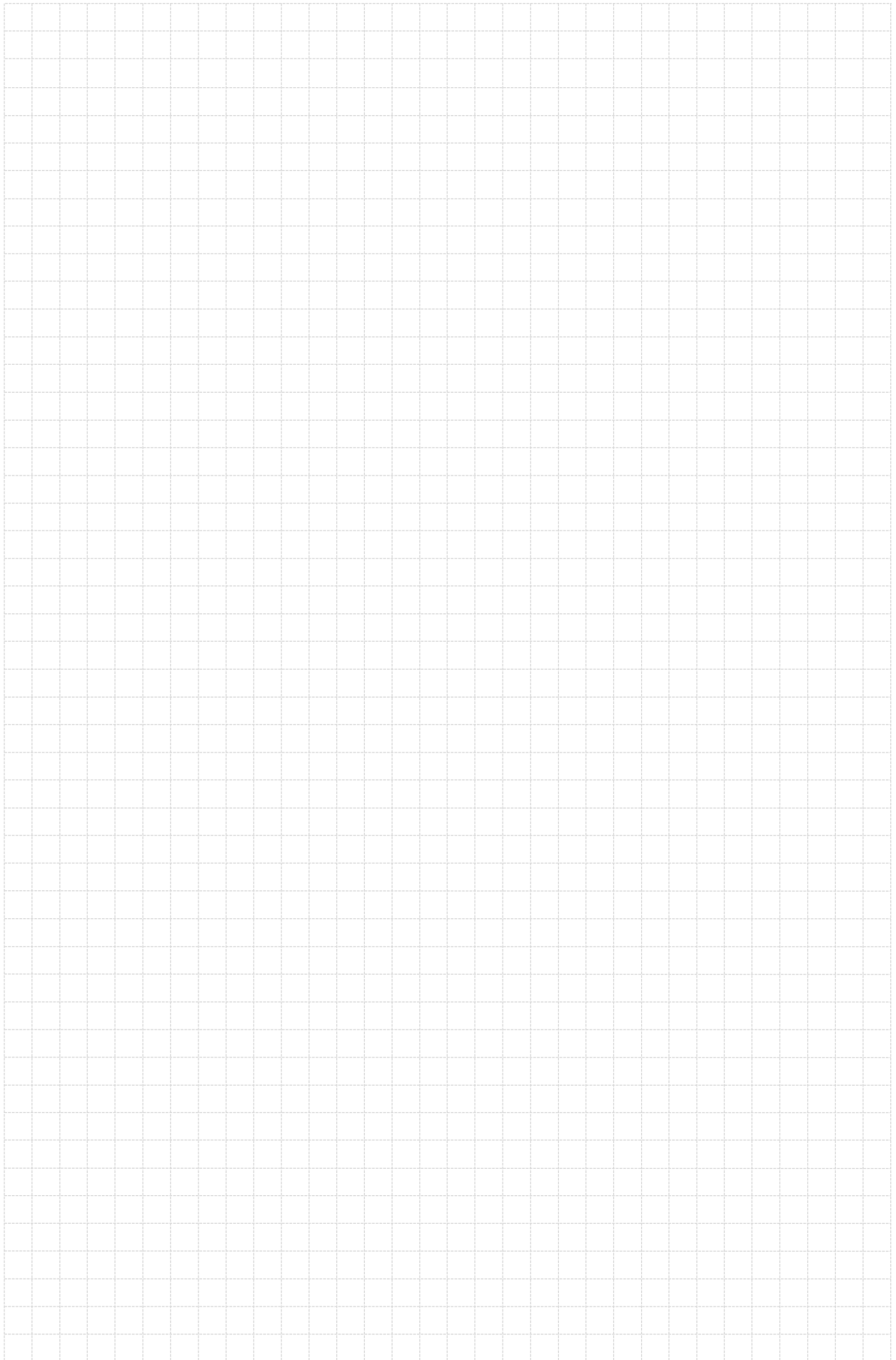
$$q = 10 \text{ kN/m}$$

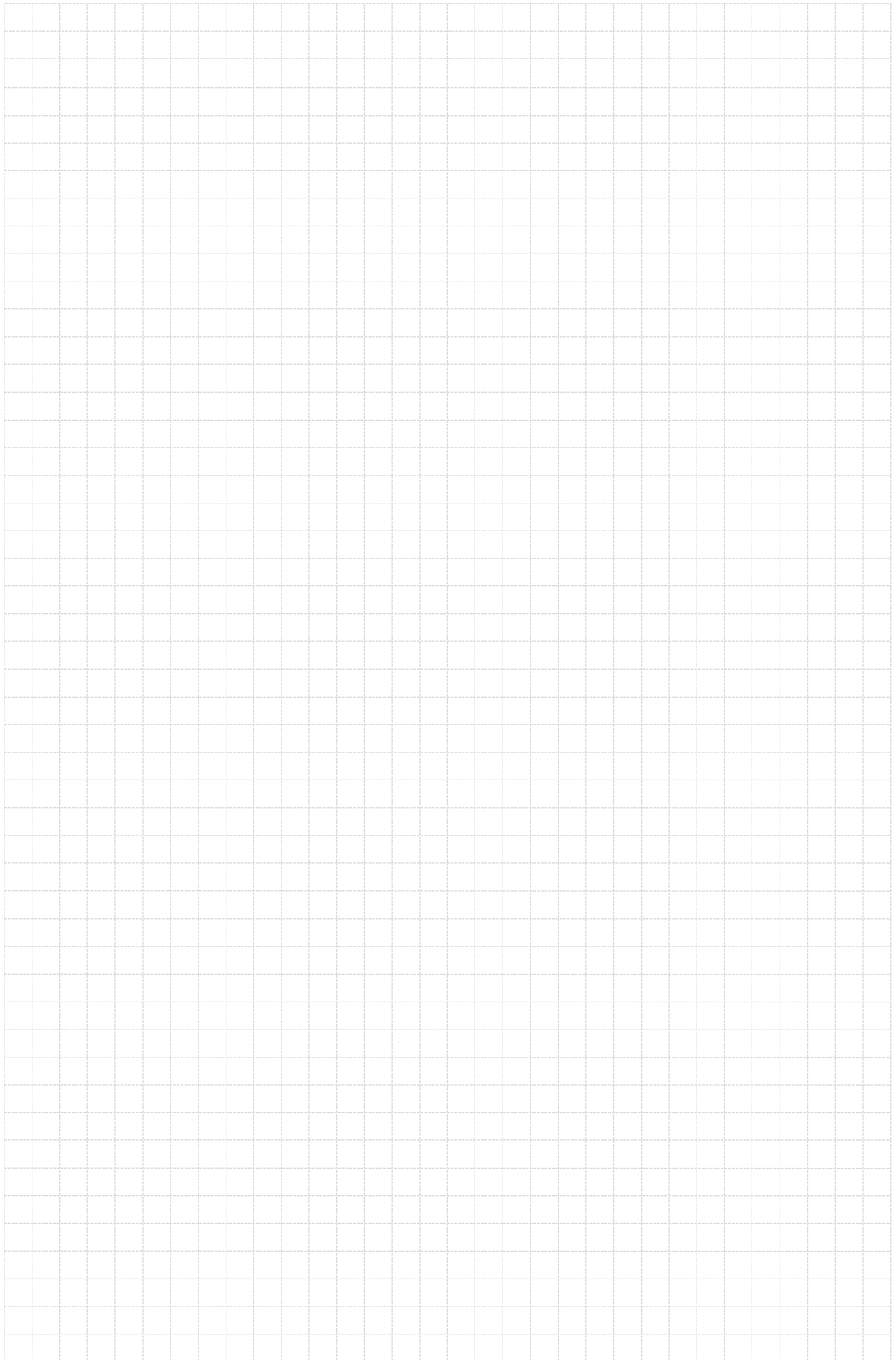












Aufgabe 3

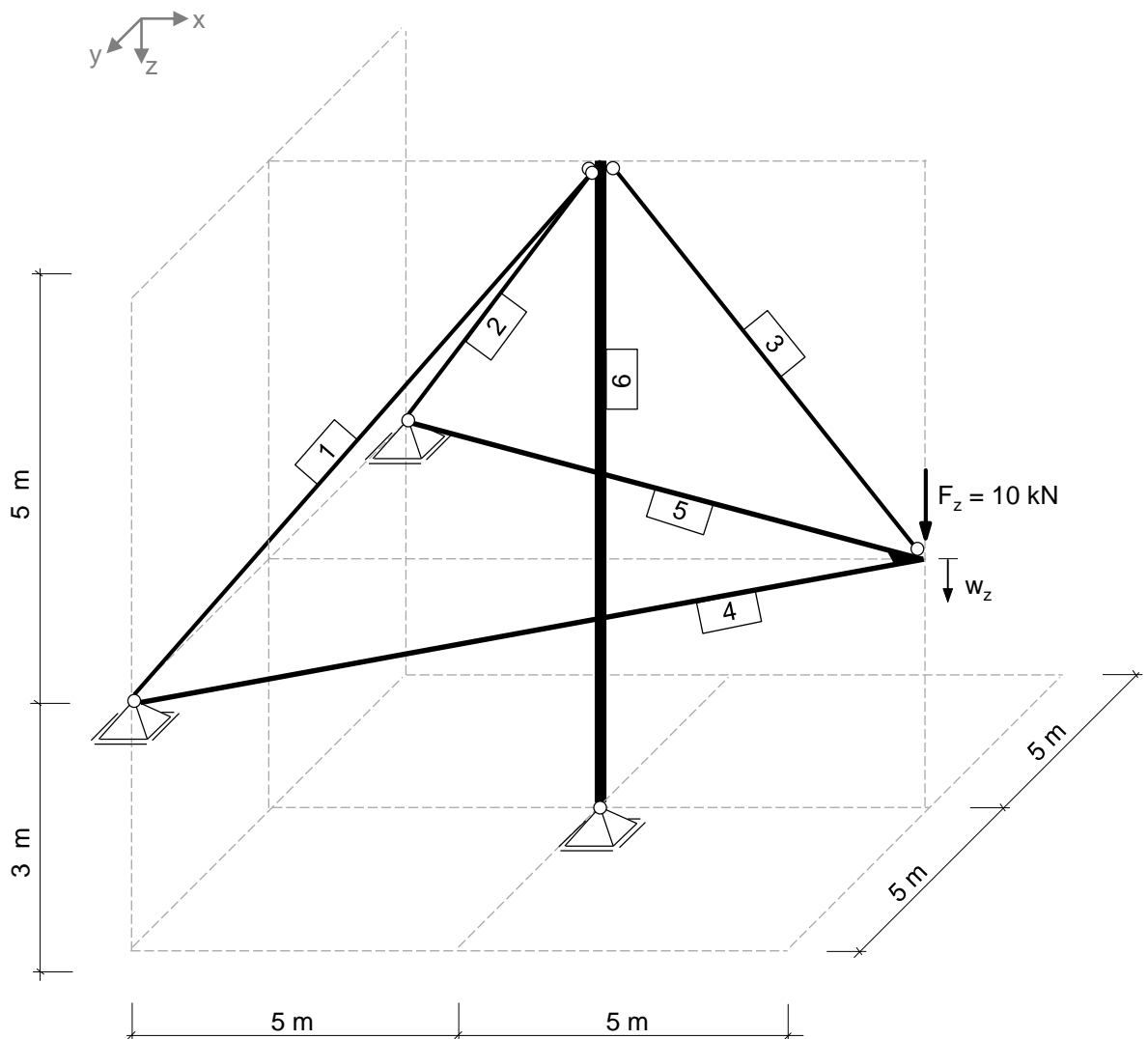
(..... / 20 Punkte)

An einer Stütze (Stab 6) sind die Fachwerkstäbe 1, 2 und 3 angebracht, welche an die Stäbe 4 und 5 anschließen.

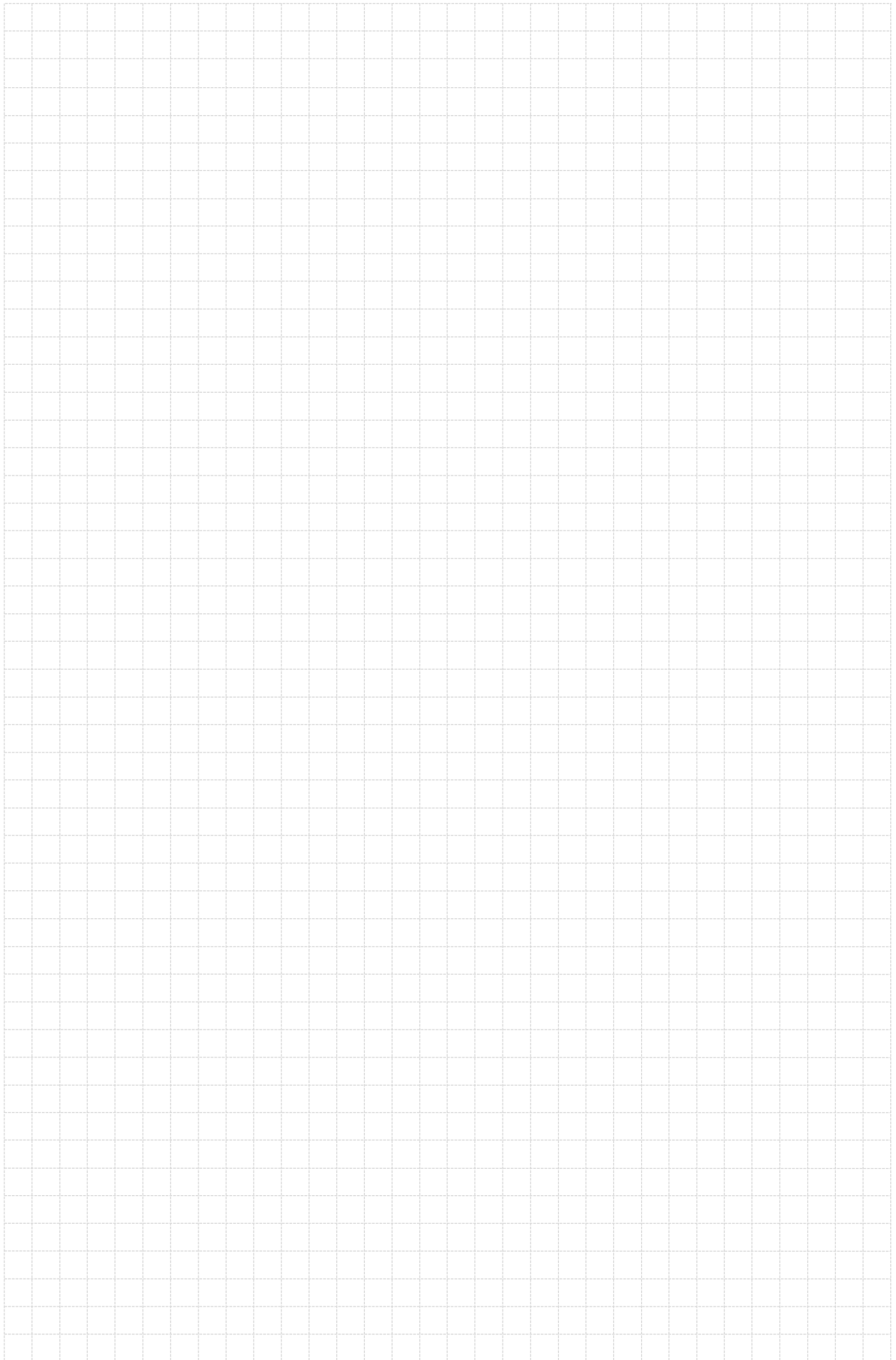
Bestimmen Sie die Verschiebung w_z am Angriffspunkt der Last mit Hilfe des **Verschiebungsgrößenverfahrens**.

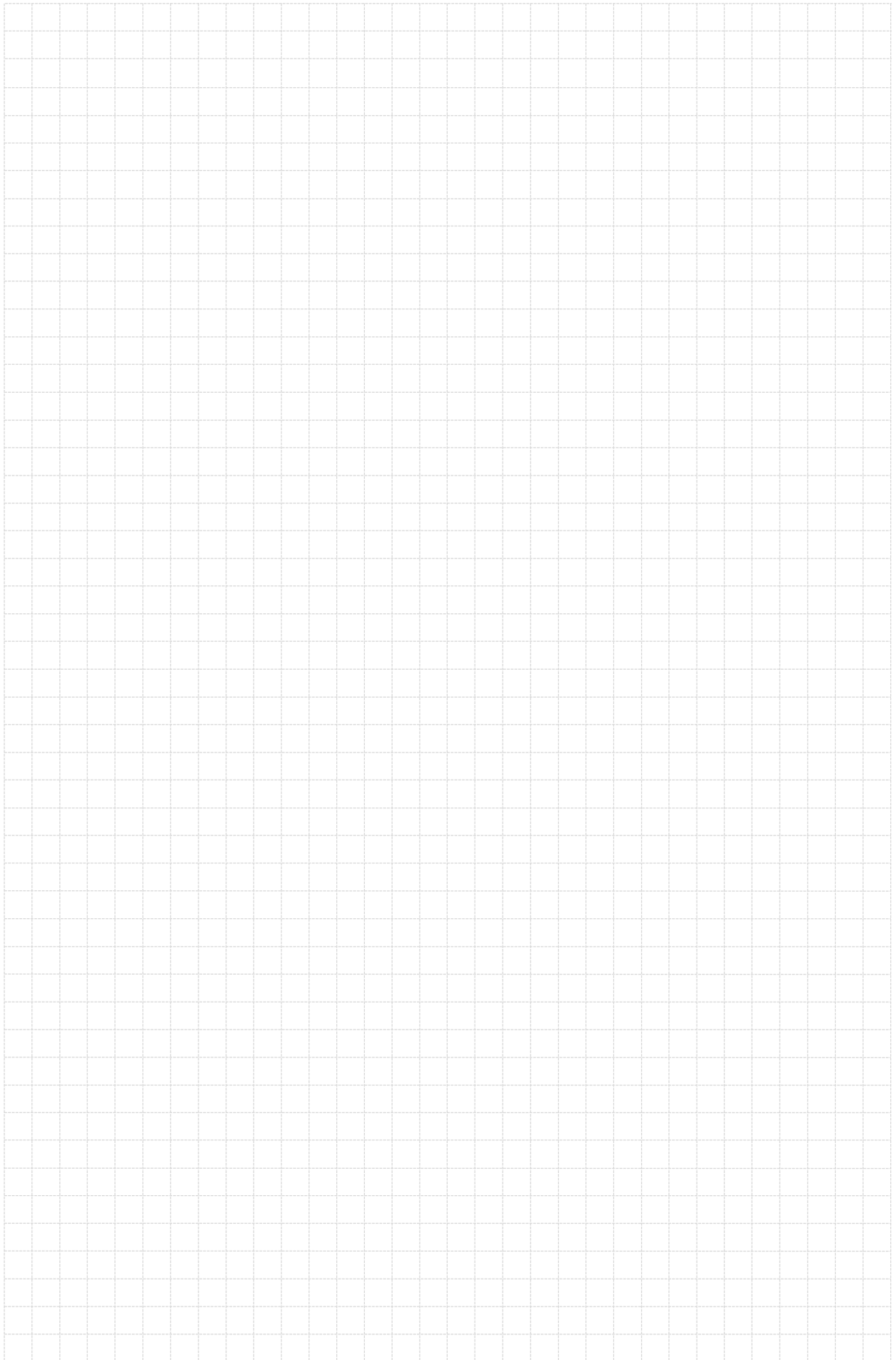
Hinweise:

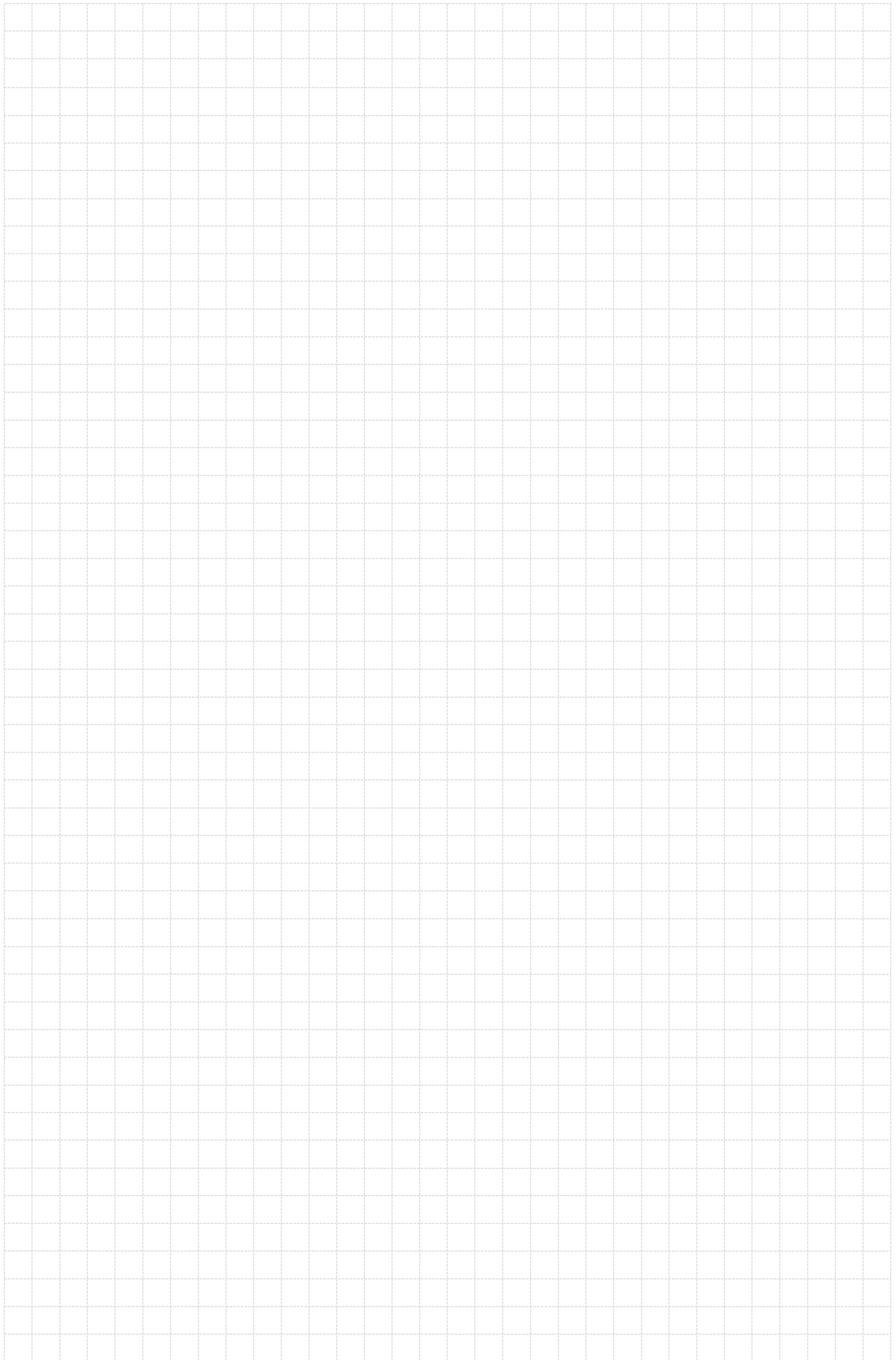
- Die Torsionsfreiheitsgrade der Pendelstäbe sind **nicht** zu berücksichtigen.
- Die Zeichnung ist nicht maßstabsgetreu.

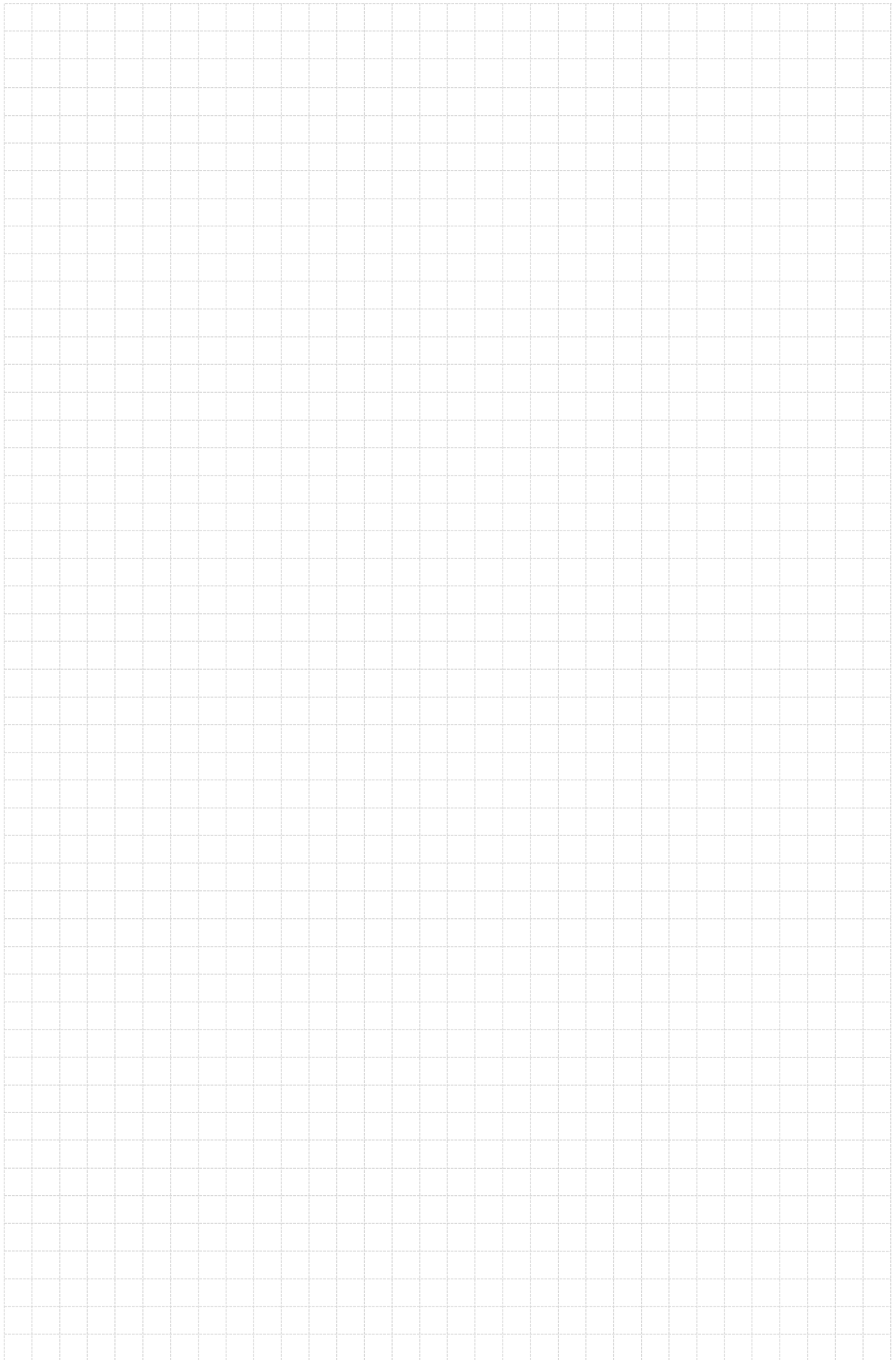


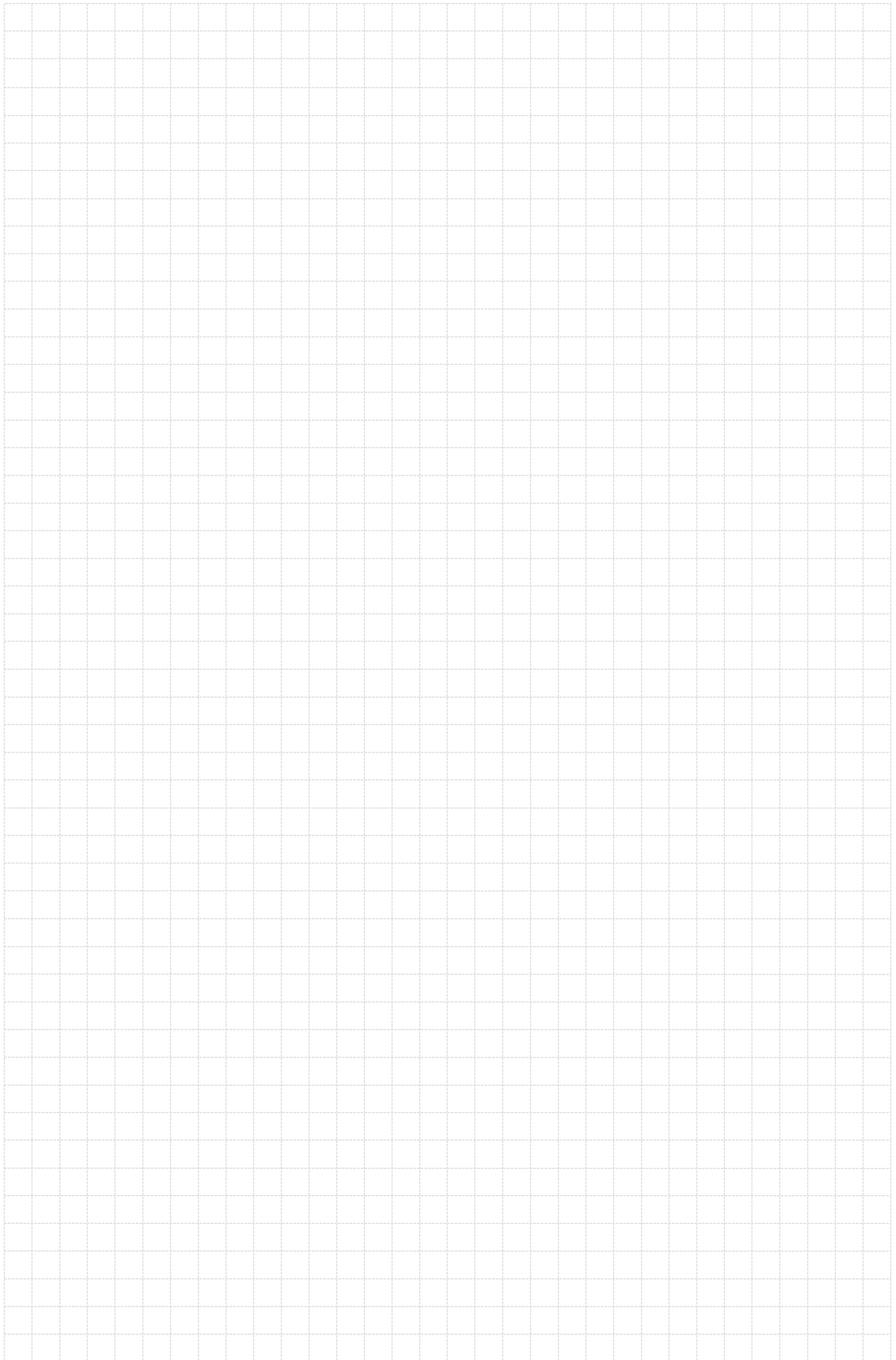
	Stab Nr.	EA [kN]	EI [kNm ²]	GI _T [kNm ²]
Stäbe	1,2,3	5000	4000	5000
Stäbe	4,5	$EA \rightarrow \infty$	4000	5000
Stütze	6	$EA \rightarrow \infty$	$EI \rightarrow \infty$	$GI_T \rightarrow \infty$







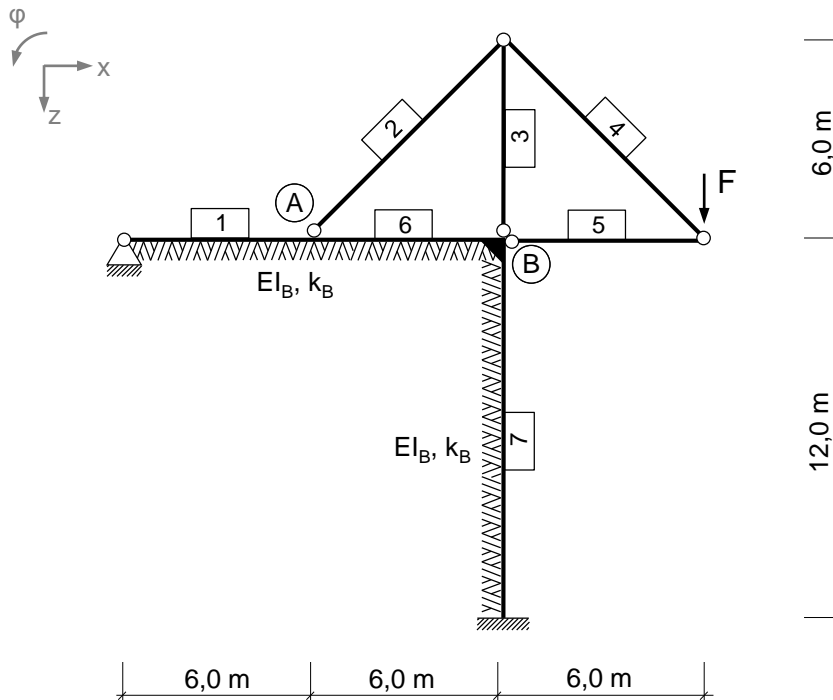




Aufgabe 4

(..... / 25 Punkte)

- Berechnen Sie für das dargestellte System die charakteristischen Knotenverformungen der Punkte A und B mit Hilfe des **Verschiebungsgrößenverfahrens**.
- Zeichnen Sie den qualitativen Momentenverlauf unter Angabe charakteristischer Werte.



Stäbe

$EI = 10\,000 \text{ kNm}^2$

$EA_{1-5} \rightarrow \infty$

$EA_{6-7} = 10\,000 \text{ kN}$

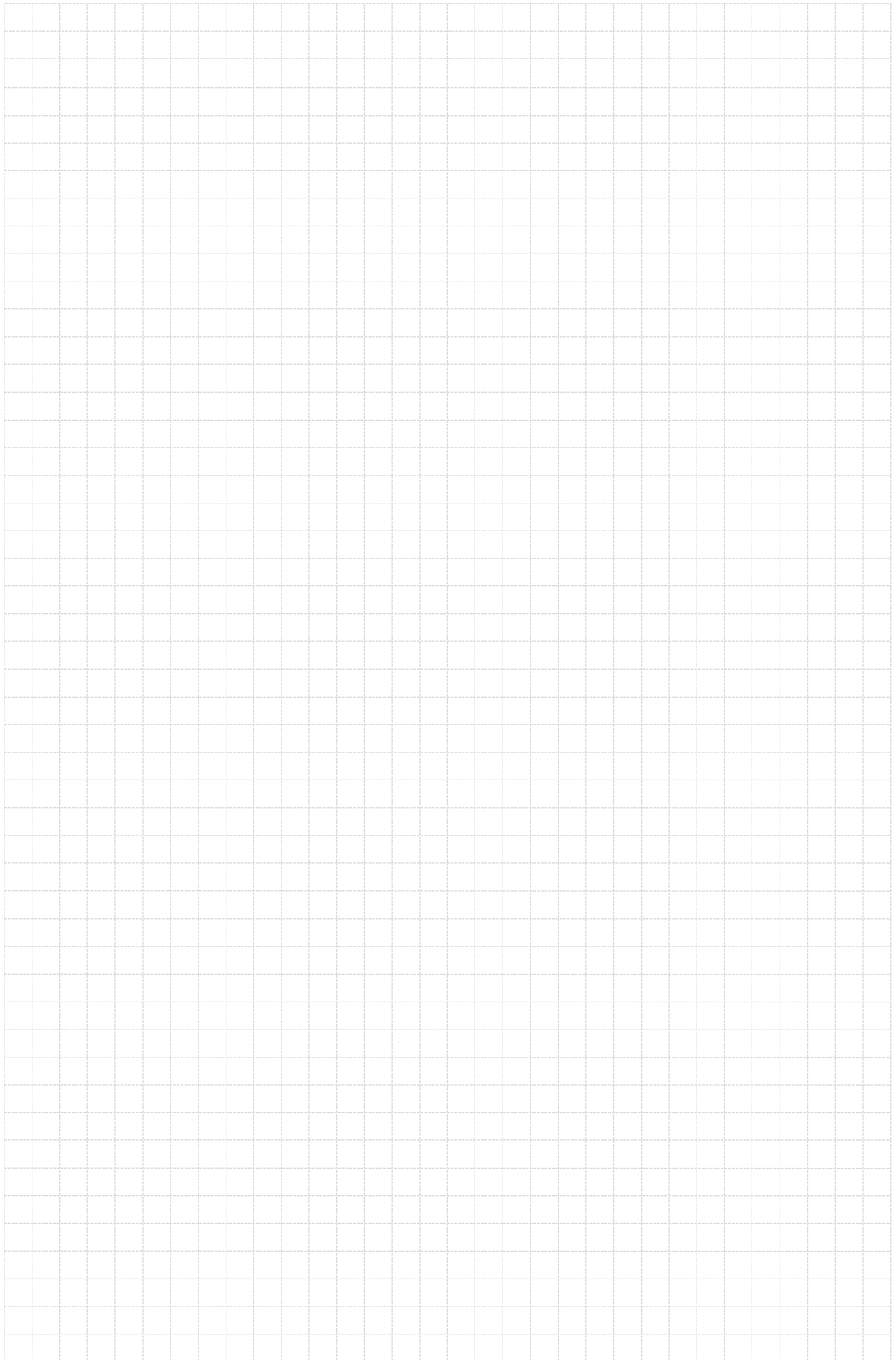
Bettung

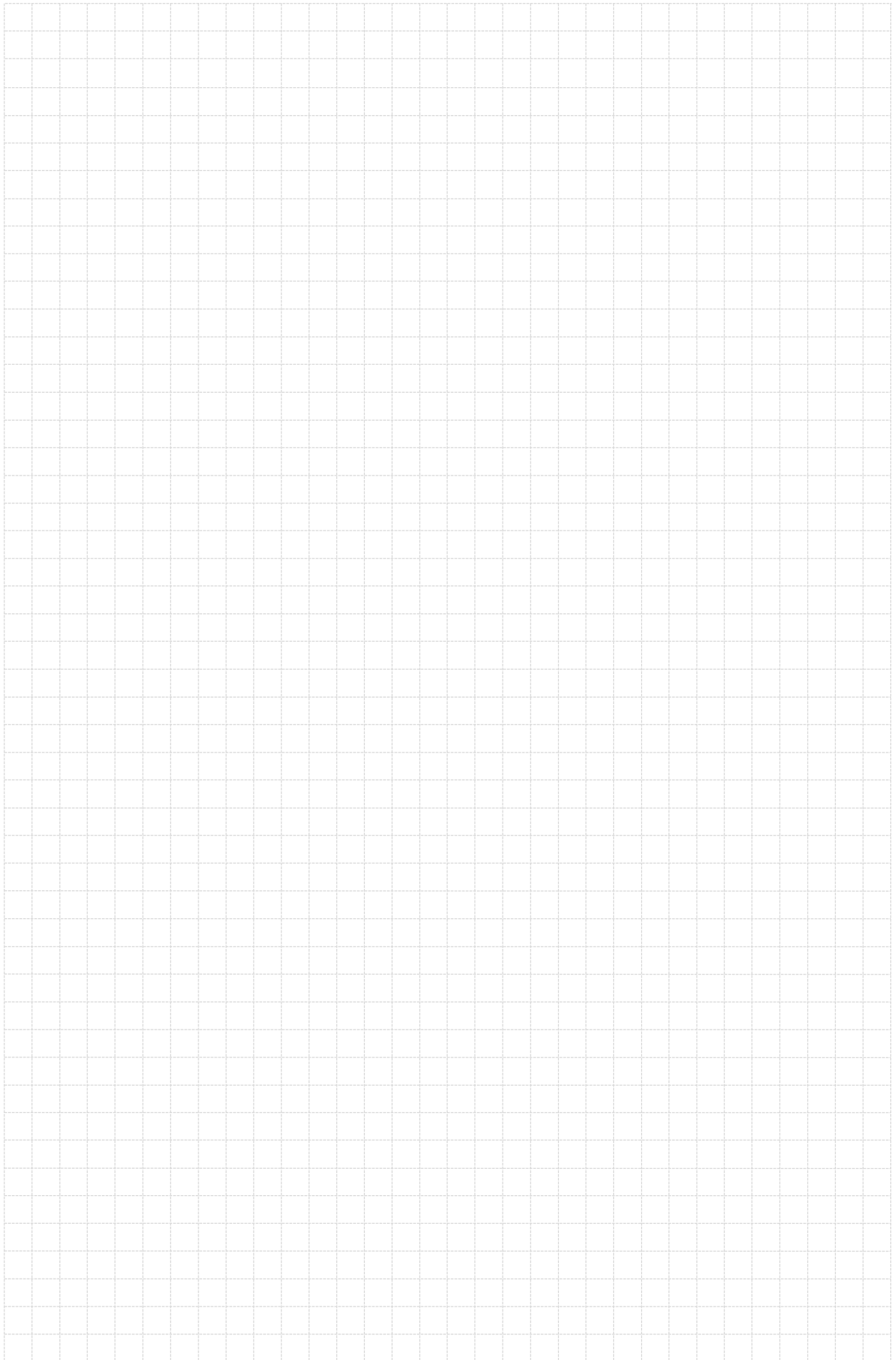
$EI_B = 55\,000 \text{ kNm}^2$

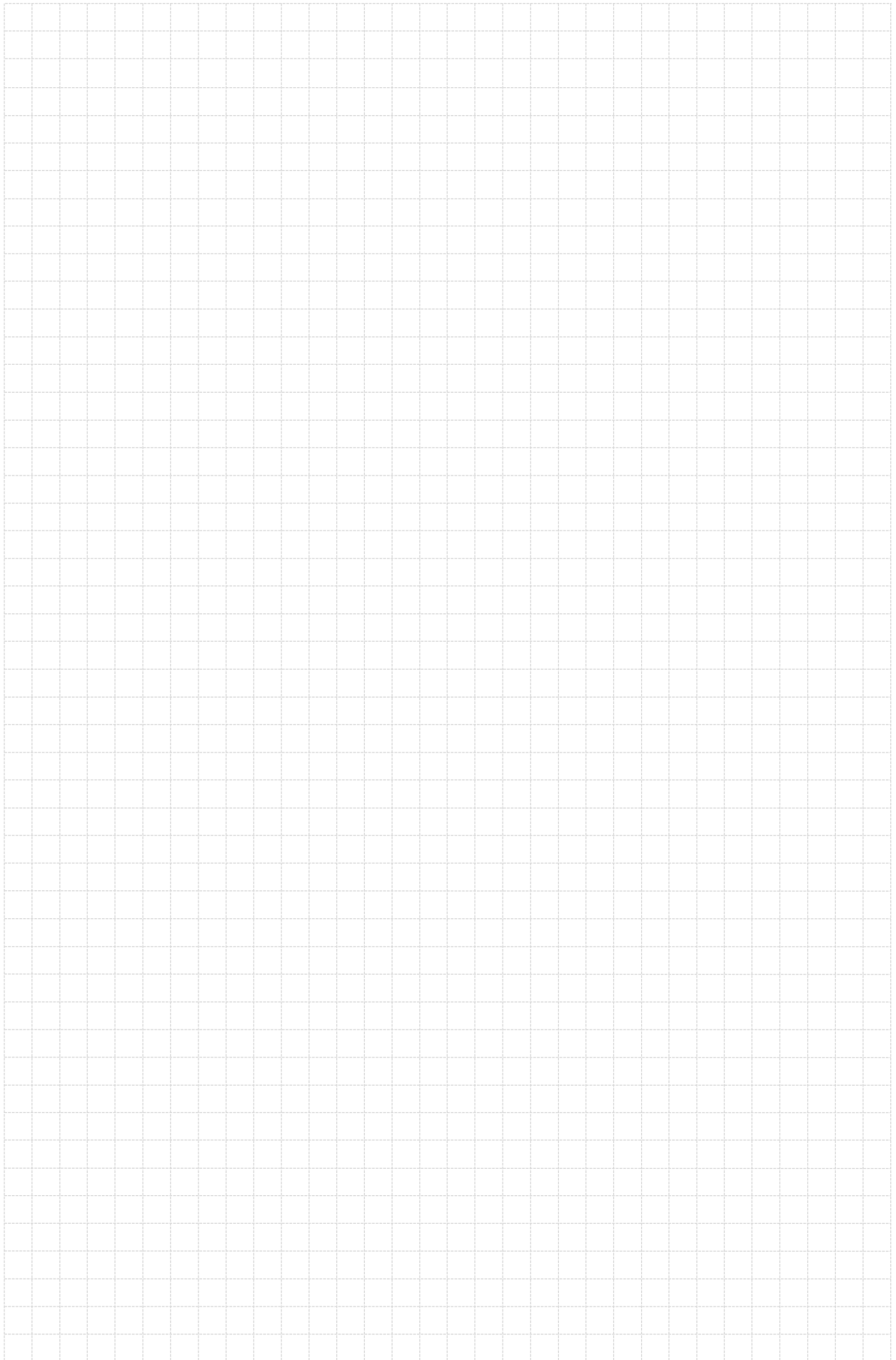
$k_B = 40\,000 \text{ kN/m}^2$

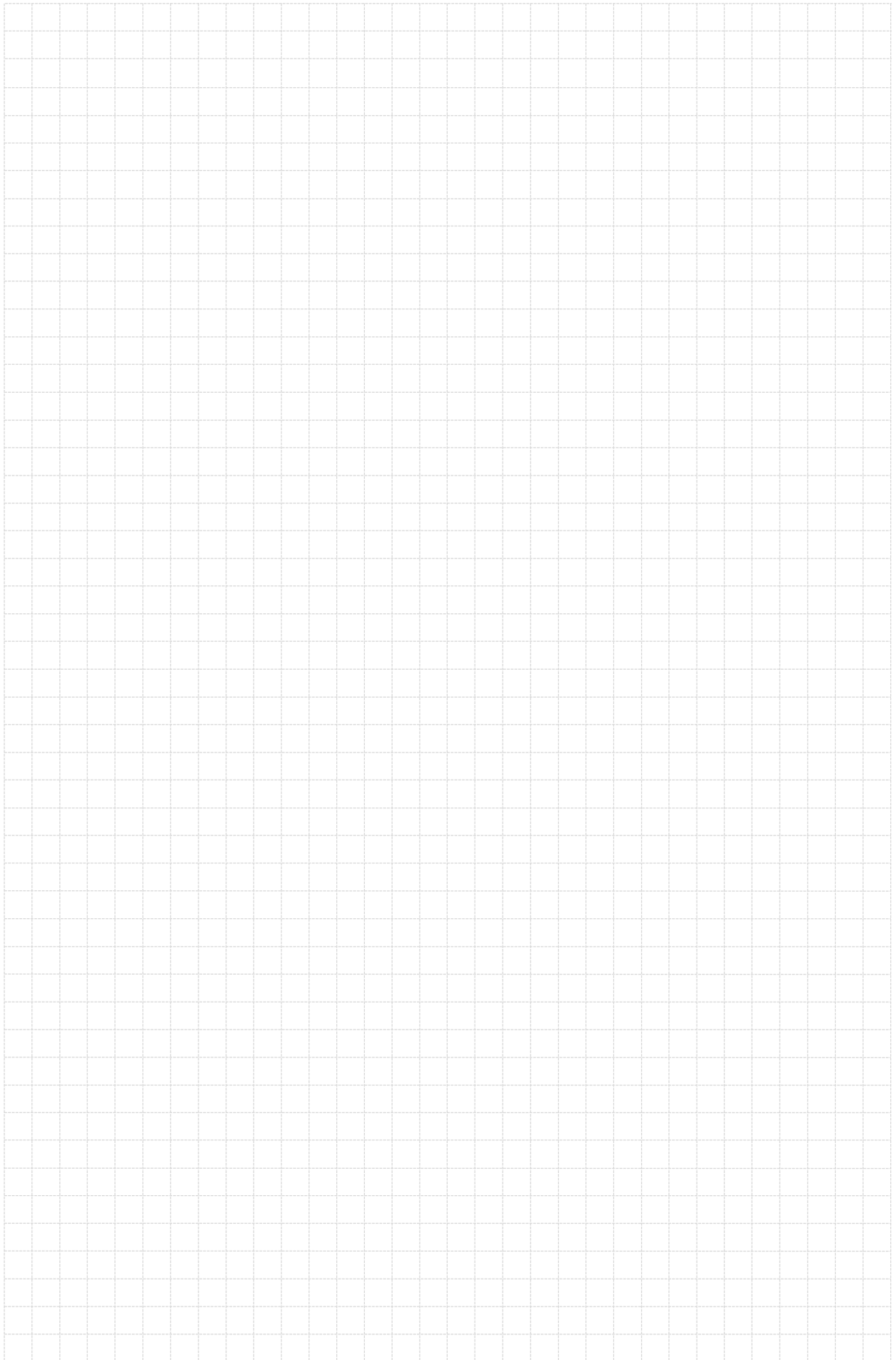
Lasten

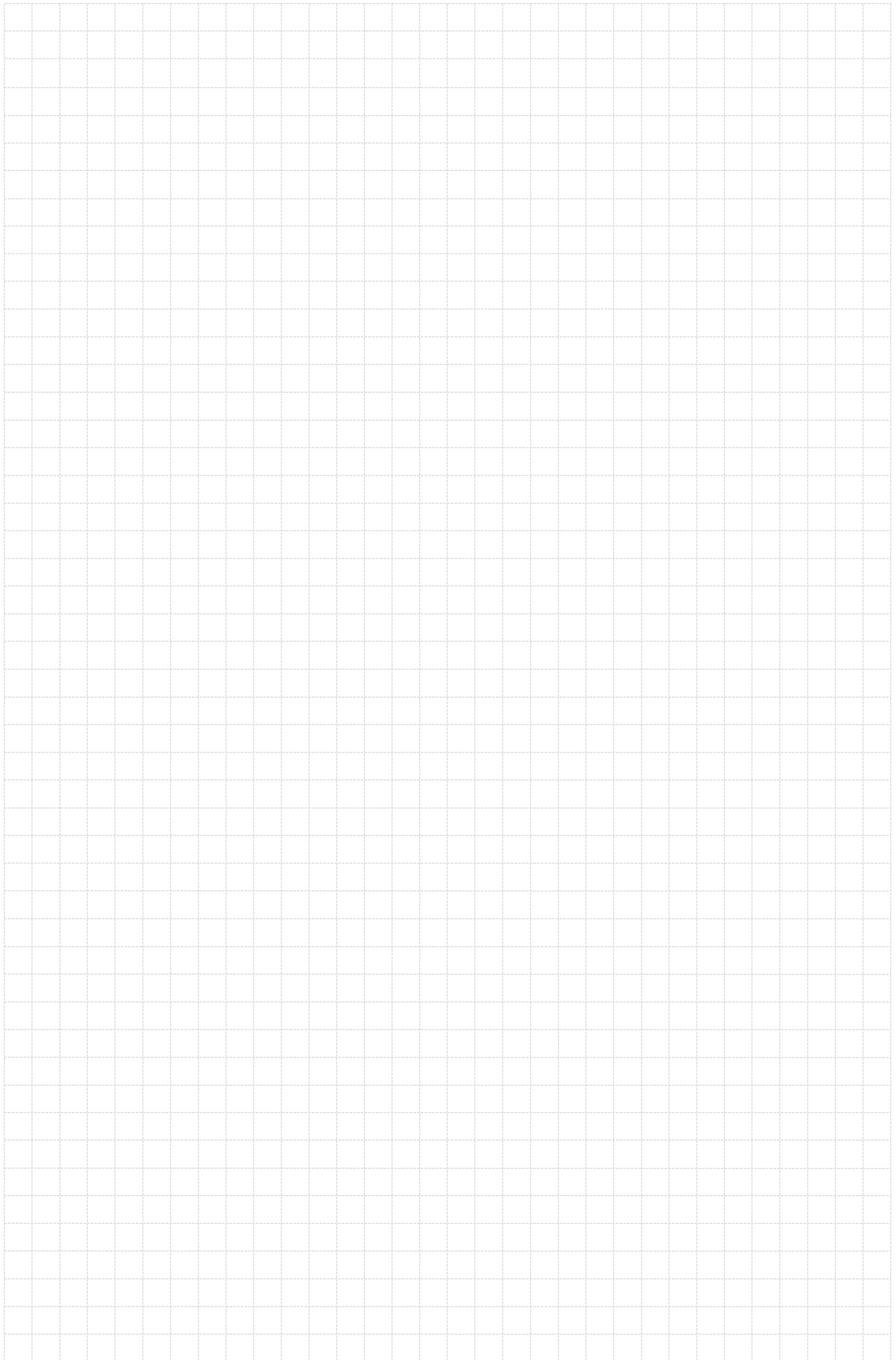
$F = 10 \text{ kN}$







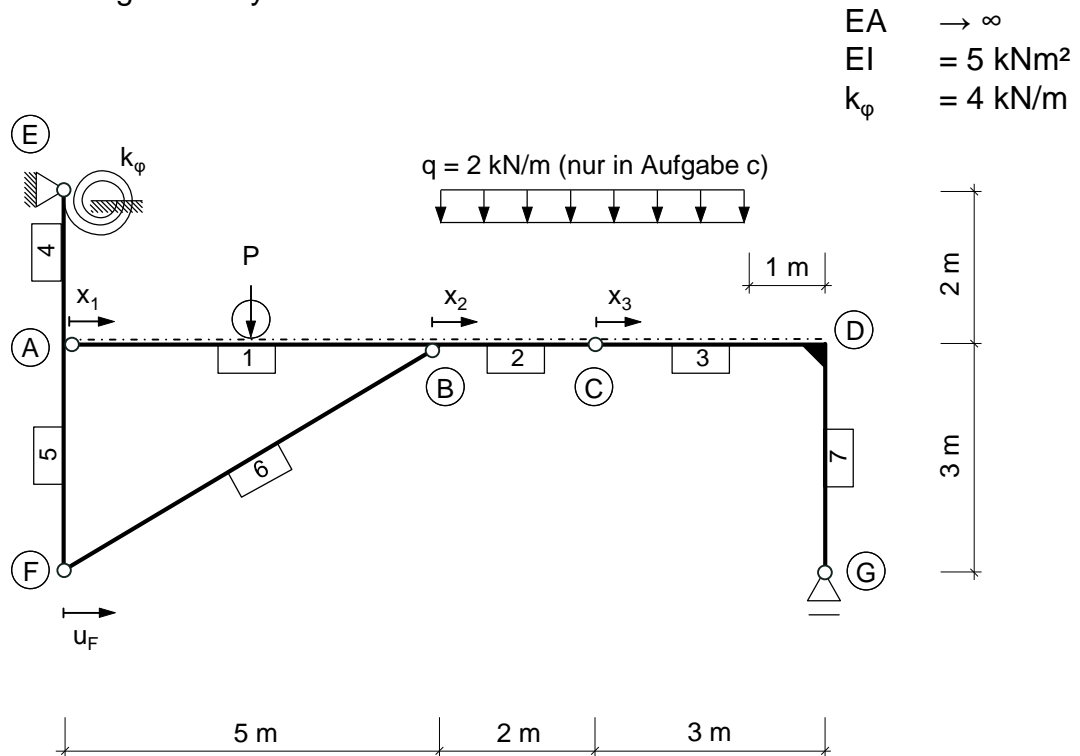




Aufgabe 5

(..... / 20 Punkte)

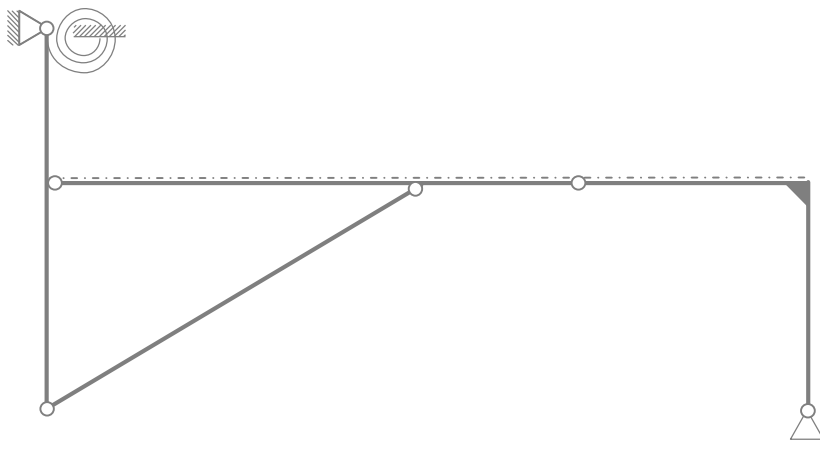
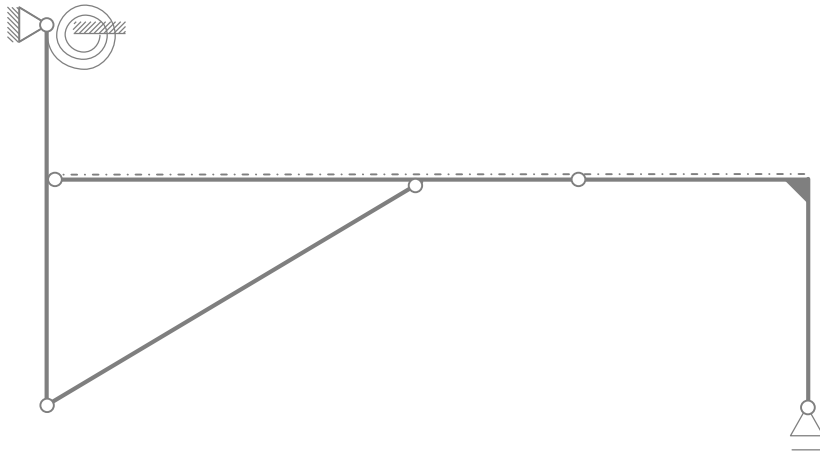
Gegeben ist folgendes System:



Bestimmen Sie die quantitative Einflusslinie für die Wanderlast P auf den Lastgurten x_{1-3} für...

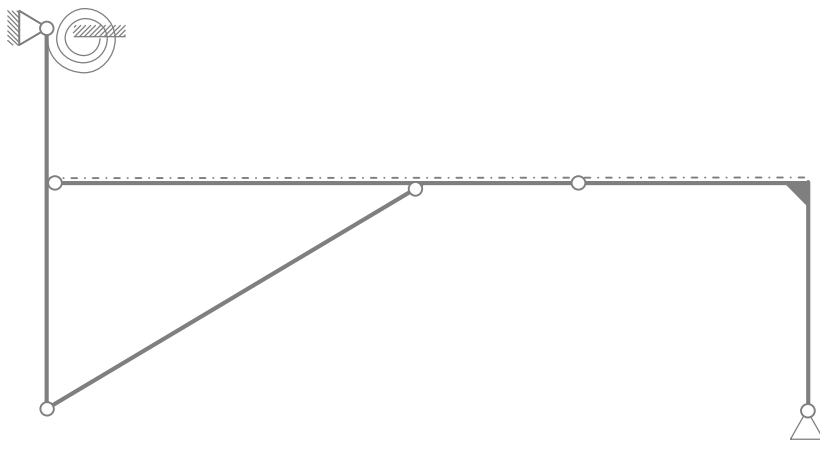
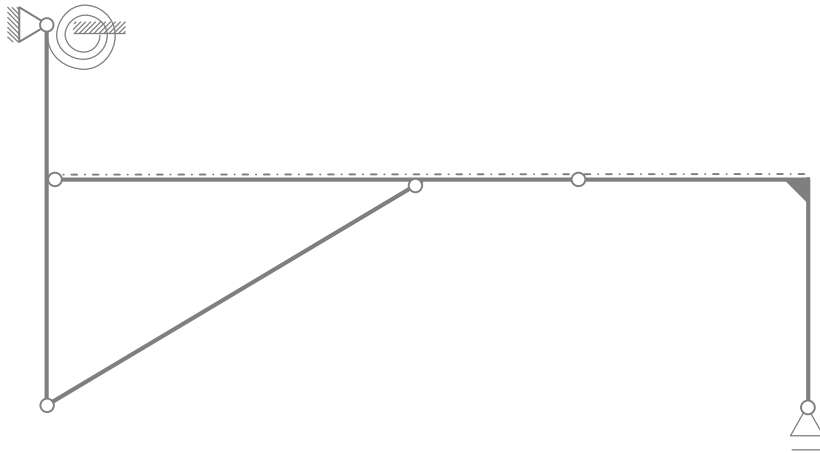
- ...die vertikale Auflagerkraft am Knoten G.
- ...das Moment in der Feder am Knoten E.
Geben Sie die Formeln der Funktionsverläufe $\eta(x_{1-3})$ an.
- ...die Normalkraft in Stab 6.
Werten Sie die Einflusslinie für $q = 2 \text{ kN/m}$ aus.
- Bestimmen Sie die Einflusslinie für die horizontale Verschiebung u_F am Knoten F nur für den Lastgurt x_1 .

a)



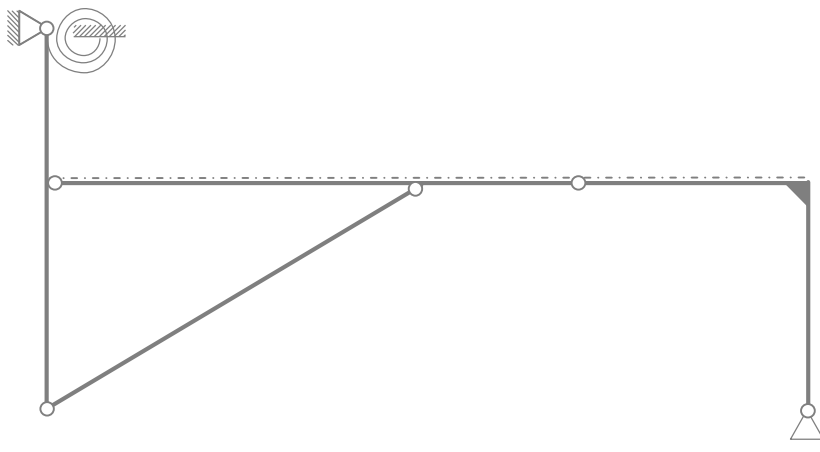
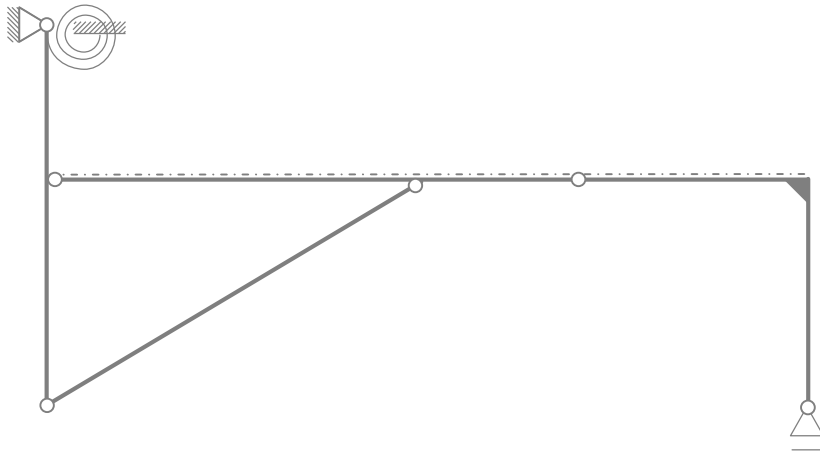
EL- V_G

b)



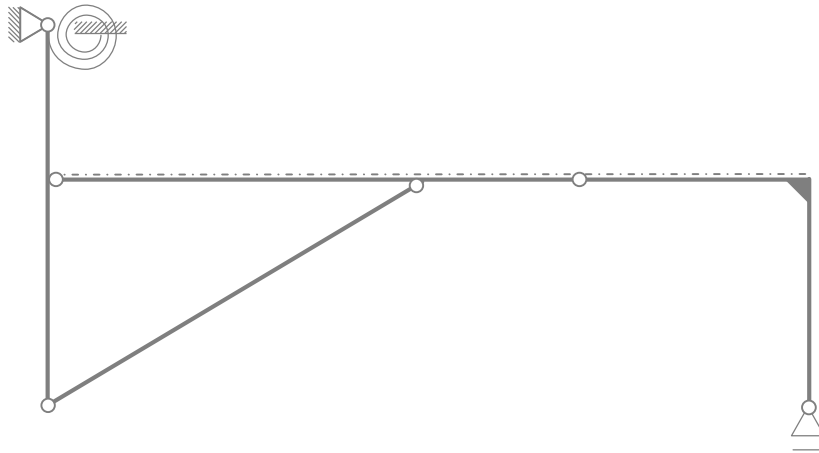
EL- M_φ

c)

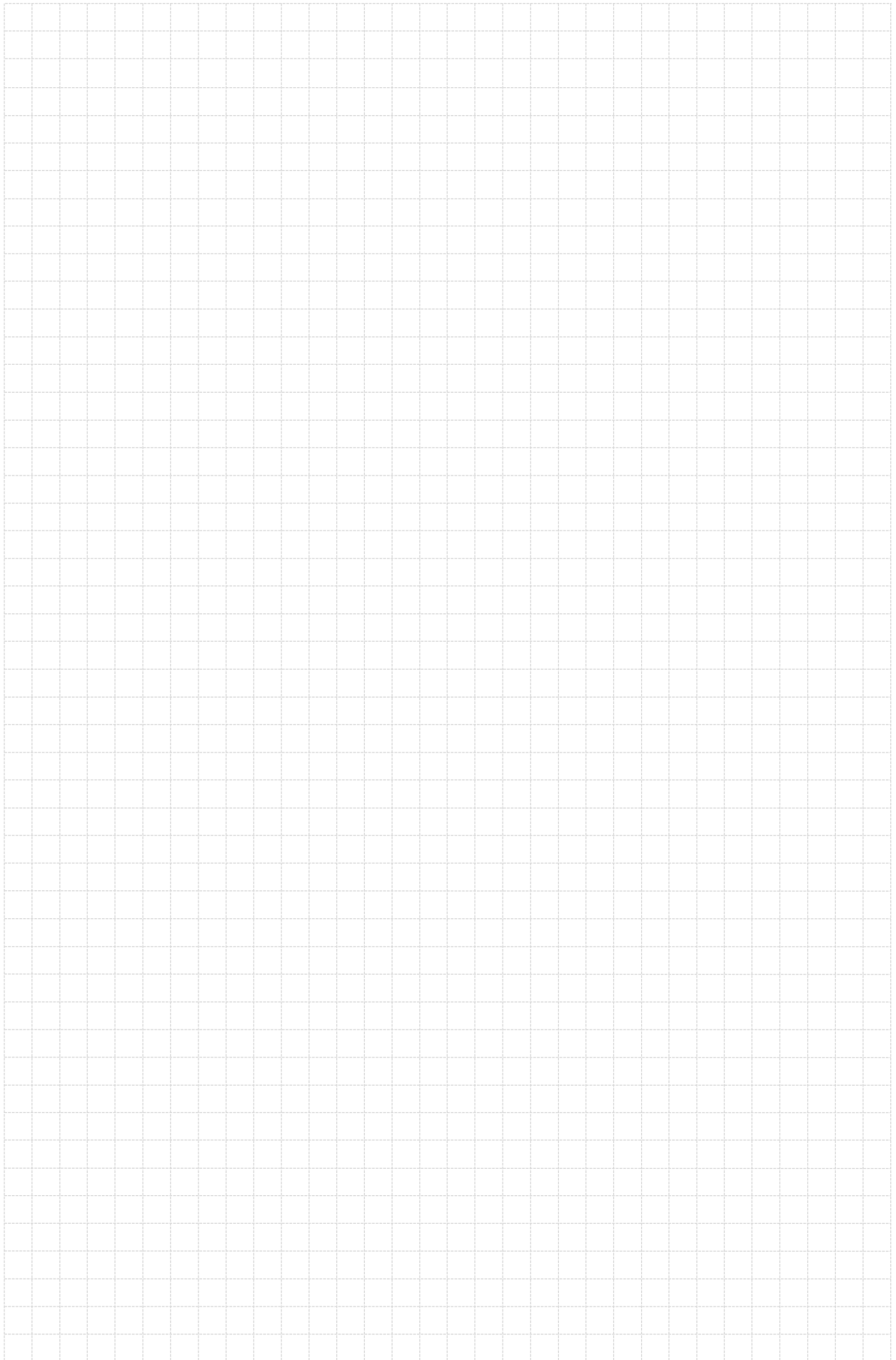


EL-N₆

d)



EL- u_F



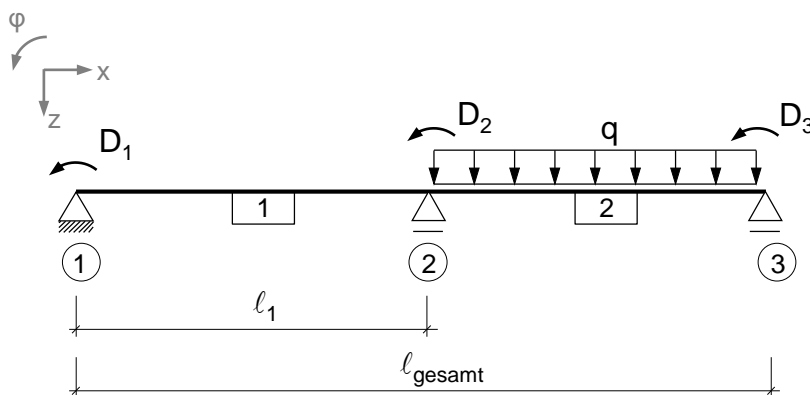
Aufgabe 6

(..... / 20 Punkte)

Gegeben ist das statische System eines Zweifeldträgers. In den nachfolgenden Berechnungen soll angenommen werden, dass die horizontale Position des mittleren Auflagers (Knoten 2) variabel ist, aber die Gesamtlänge des Systems konstant $\ell_{\text{gesamt}} = 8,0 \text{ m}$ bleibt.

Mit Hilfe der **Sensitivitätsanalyse** soll die Ableitung dS/dp für die horizontale Position des Auflagers am Knoten 2 bei $p = \ell_1$ als Entwurfparameter und der Verdrehung am mittleren Auflager des Trägers als Antwortgröße $S = D_2$ bestimmt werden. Bearbeiten Sie hierzu die folgenden Arbeitsschritte:

- Bestimmen Sie die Systemsteifigkeitsmatrix $\mathbf{K}(\ell_1)$ und den Systemlastvektor $\mathbf{F}(\ell_1)$ in Abhängigkeit des Entwurfparameters ℓ_1 . Verwenden Sie hierzu die in der Skizze eingezeichneten Freiheitsgrade D_i .
- Approximieren Sie die Ableitung $dD_2/d\ell_1$ mit dem Differenzenquotienten. Ziehen Sie hierzu Ihre Ergebnisse aus Aufgabe a) heran. Gehen Sie von einem Referenzwert des Entwurfparameters von $\ell_1 = 4,0 \text{ m}$ aus und verwenden Sie $\Delta\ell_1 = 0,1 \text{ m}$.
- Berechnen Sie mit Hilfe der Sensitivität aus Teilaufgabe b), um wie viel Prozent sich die Antwortgröße ändert, falls sich die Position von Lager 2 um $\pm 30 \text{ cm}$ ändert. Begründen Sie ob und ggf. warum es sich hierbei um eine Abschätzung handelt.



gegeben:
 $EA \rightarrow \infty$
 $EI = 10 \text{ MNm}^2$
 $\ell_{\text{gesamt}} = 8,0 \text{ m}$
 $q = 1 \text{ MN/m}$

