

Mechanik und Tragkonstruktion

Schnittkräfte

Inhalt Mechanik und Tragkonstruktion

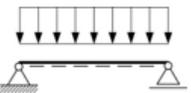
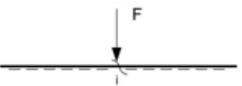
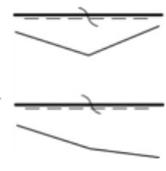
1. Grundbegriffe/Herangehensweise an eine Planungsaufgabe/Beanspruchungen
2. Zentrales Kraftsystem
3. Allgemeines Kraftsystem
4. Tragwerke/Lasten
5. **Biegeträger – Schnittkräfte**
6. Festigkeitslehre – Querschnittskennwerte, Berechnung von Spannungen, Verformungen
7. Stabilität

Schnittkräfte | Inhalt heute

- Wiederholung Schnittkräfte - Biegeträger
- Grenzen der Schnittkraftermittlung mit Gleichgewichtsbedingungen
- Ermittlung von Schnittkräften mit Tabellenwerken

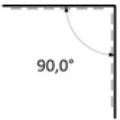
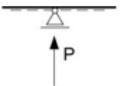
Biegung | Wiederholung

Zusammenhang zwischen Querkraft und Moment

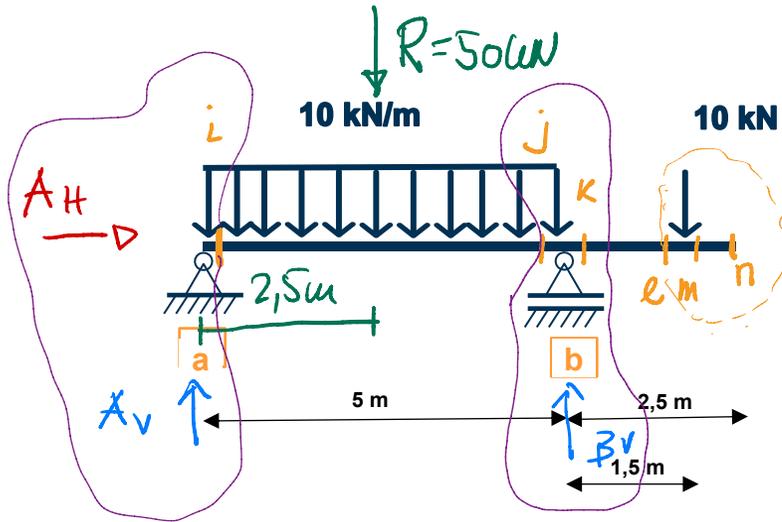
Einwirkung	V(x)-Funktion		M(x)- Funktion	Bemerkungen
 $q(x)$ konstant		Linearfunktion in pos. x-Richtung abnehmend $V(x) = 0$ bei $x = V_a/q$		PII (quadratische Parabel) Extremum bei x mit $V(x) = 0$
Änderung der Lastfunktion	Einwirkung	V(x)-Funktion	M(x)- Funktion	Bemerkungen
	Einzelkraft in (i)	Sprung in (i) um F $V_{i, \text{rechts}} = V_{i, \text{links}} - F$ $V = \text{const}$ rechts und links der Einzelkraft	Knick in (i) 	bei Vorzeichen-Wechsel von V ohne Vorzeichen-Wechsel von V

Biegung | Wiederholung

Geometrische Zusammenhänge

Beschreibung	Beschreibung	N(x)- Funktion/ V(x)-Funktion	M(x)- Funktion
	Ecke 90°	$N \rightarrow V$ $V \rightarrow N$ Vorzeichen abhängig von gestrichelter Linie	konstant
	Schräge Ecke	Anteiliger Wechsel von N und V Vorzeichen abhängig von gestrichelter Linie	Konstant
	Gelenkiges Lager unter durchlaufendem Träger	V ändert sich sprunghaft um P $V_{i, \text{rechts}} = V_{i, \text{links}} + P$	Knick über Lager Verlauf links und rechts vom Lager abhängig von V

Biegung | Wiederholung



① Berechnung der Lagerkräfte

$$\sum M_a \vec{B} = 0: B_V \cdot 5m - 50kN \cdot 2,5m - 10kN \cdot 6,5m = 0$$

$$B_V = 38kN$$

$$\sum F_z \downarrow = 0: 50kN + 10kN - A_V - 38kN = 0$$

$$A_V = 60kN - 38kN = 22kN$$

② Schnittkräfte

n: $V=0$ $M=0$

m: $\sum M_n = 0$ $V_m = 0$; $M_m = 0$

l: $\sum M_l = 0$ $M_l = 0$; $H_l = 0$; $V_l = 10kN + V_n = 10kN$

k: $\sum M_k = 0$ $V_k = V_l = 10kN$; $M_k = -10kN \cdot 1,5m = -15kNm$

j: $V_j = -38kN + 10kN = -28kN$; $M_j = M_k = -15kNm$

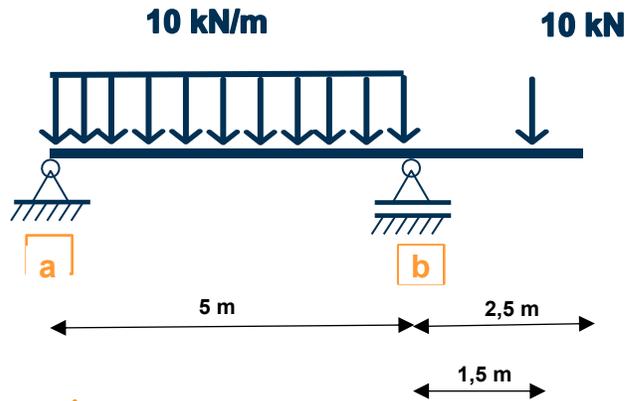
$$A_H = 0$$

N ist Null im gesamten Tragwerk

i: $\sum M_i = 0$; $M_i = 0$; $V_i = 22kN$

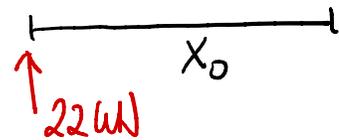
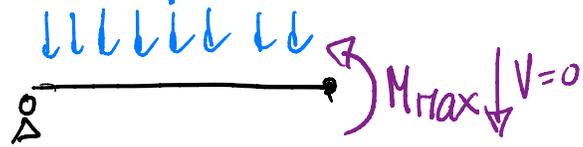
Biegung | Wiederholung

③ Schnittkraftlinien



$$x_0 = \frac{V_a}{q} = 2,2 \text{ m}$$

$$\downarrow = R^* = 22 \text{ kN}$$

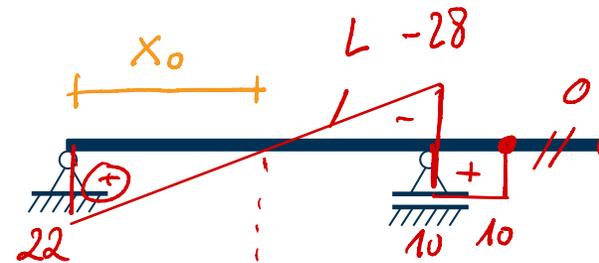


$$\sum M_{x_0} = 0: M_{max} + 22 \text{ kN} \cdot 1,1 \text{ m} - 22 \text{ kN} \cdot 2,2 \text{ m} = 0$$

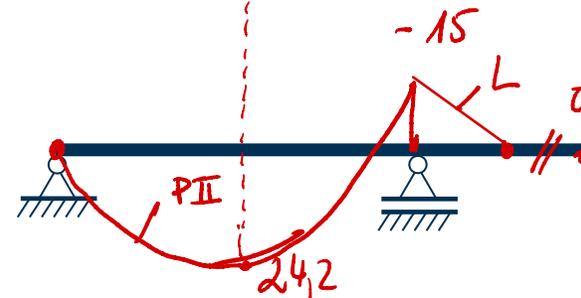
$$M_{max} = 24,2 \text{ kNm}$$



Ⓝ [kN]



Ⓟ [kN]



Ⓜ [kNm]

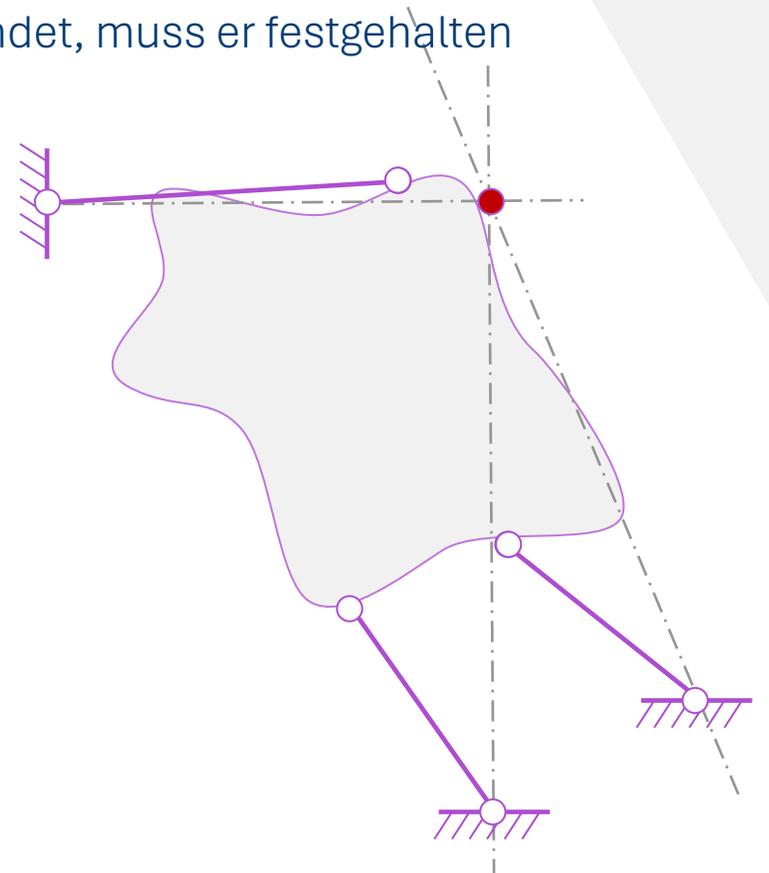
Schnittkräfte | Grenzen der Ermittlung mittels Gleichgewichtsbedingungen

- Statische Bestimmtheit

Die Schnittkräfte können bei „einscheibigen“ Systeme mit den Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden, wenn maximal 3 Festhaltungen vorhanden sind.

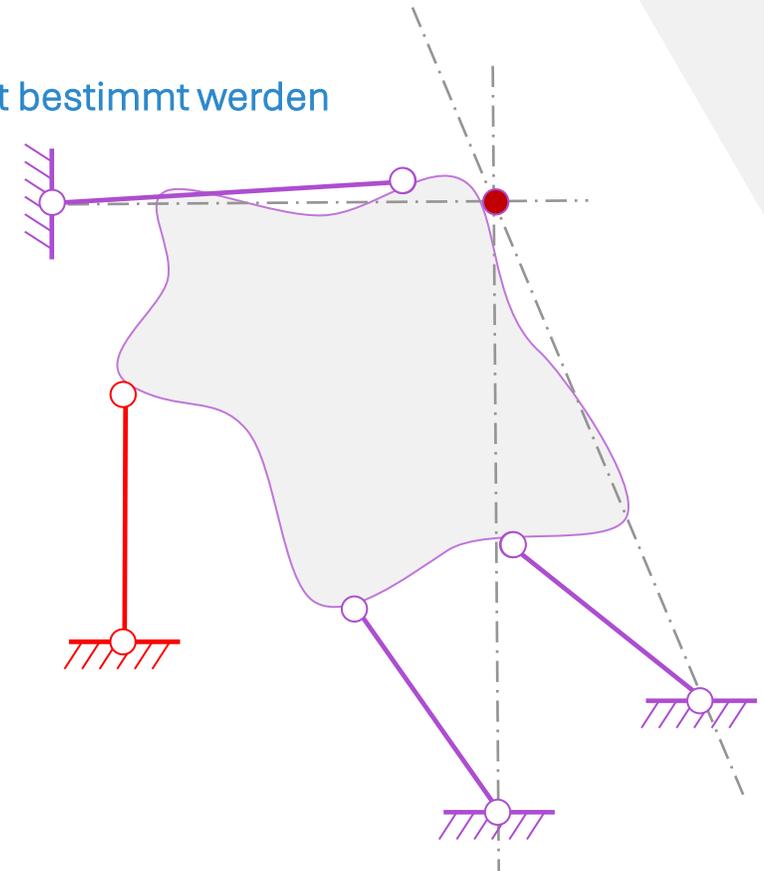
Schnittkräfte | statische Bestimmtheit

- Damit ein Körper sich unter einwirkenden Kräften im Gleichgewicht befindet, muss er festgehalten werden.
- In den Festhaltungen (**Lagern**) wirken gleichgewichtshaltende Kräfte.
- Die Lager müssen die 3 Freiheitsgrade in der Ebene unterdrücken.
- Ausnahme:
 - Wirkungslinien der 3 Lager nicht parallel
 - **Wirkungslinien der 3 Lager schneiden sich nicht in einem Punkt**

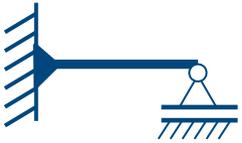
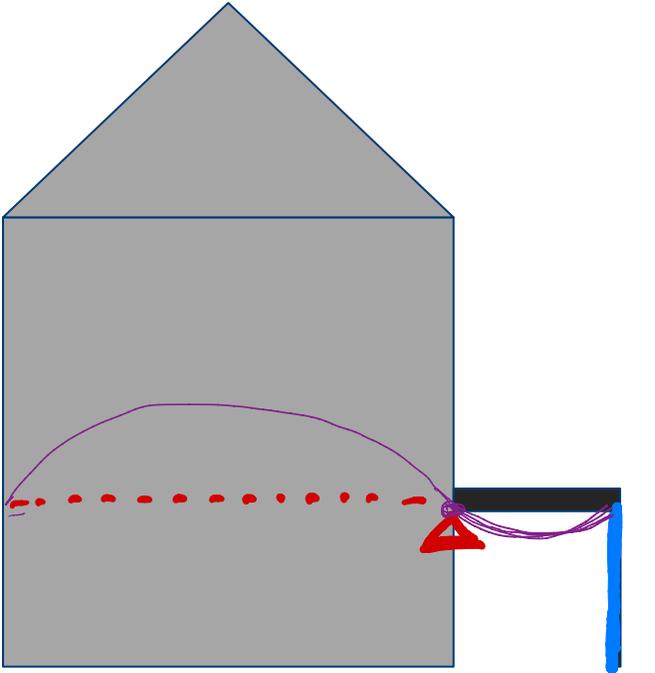
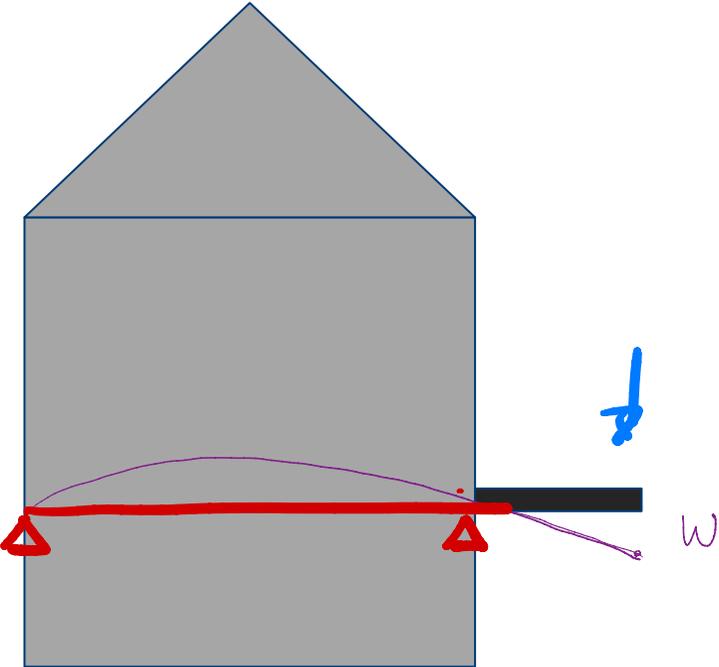


Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit

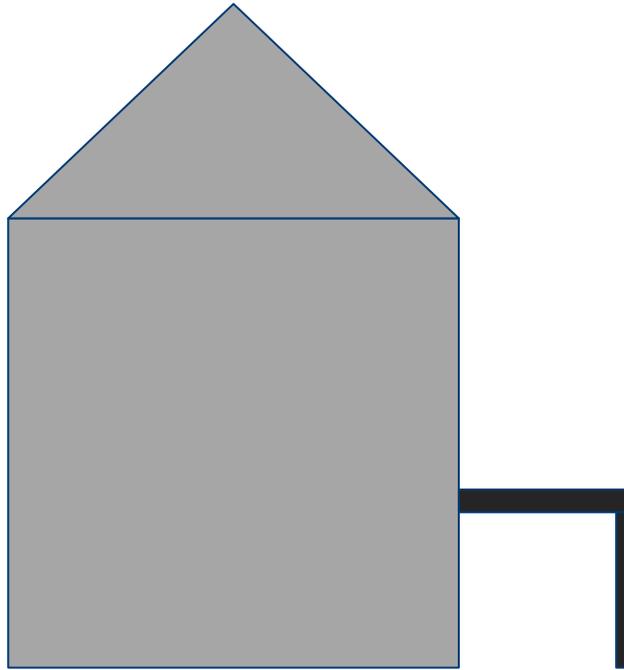
- Gibt es eine weitere Festhaltung, ist das System im Gleichgewicht
- Die Schnittkräfte/Lagerkräfte können jedoch nicht allein mit den Gleichgewicht bestimmt werden



Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit



Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit

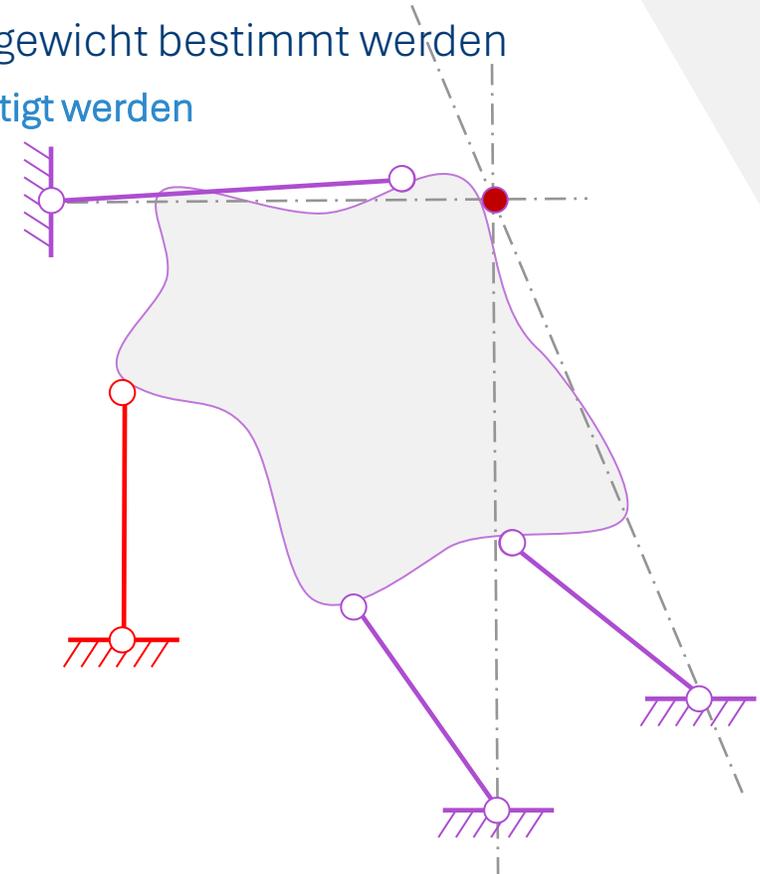


Steifigkeiten / Verschiebungen
im System entscheiden
über das Tragverhalten
und damit die Schnittkraft-
verteilung.



Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit

- Gibt es eine weitere Festhaltung, ist das System im Gleichgewicht
- Die Schnittkräfte/Lagerkräfte können jedoch nicht allein mit den Gleichgewicht bestimmt werden
- Steifigkeiten müssen bei der Ermittlung der Schnittkräfte/Lagerkräfte berücksichtigt werden



Schnittkräfte | Grenzen der Ermittlung mittels Gleichgewichtsbedingungen

- Statische Bestimmtheit

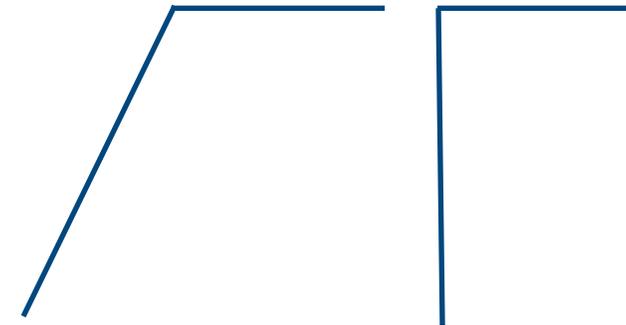
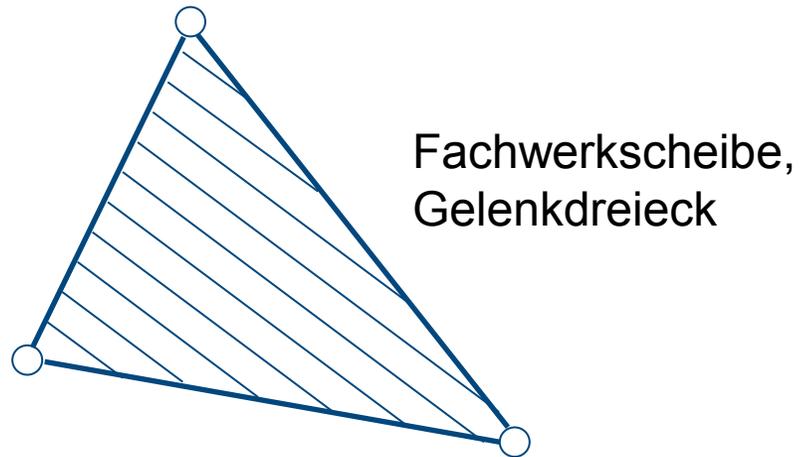
Die Schnittkräfte können bei „einscheibigen“ Systeme mit den Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden, wenn maximal 3 Festhaltungen vorhanden sind.

- Mehrscheibige Systeme

Ist ein System aus mehreren Scheiben aufgebaut, so sind bei der Schnittkraftermittlung die Nebenbedingung zu beachten

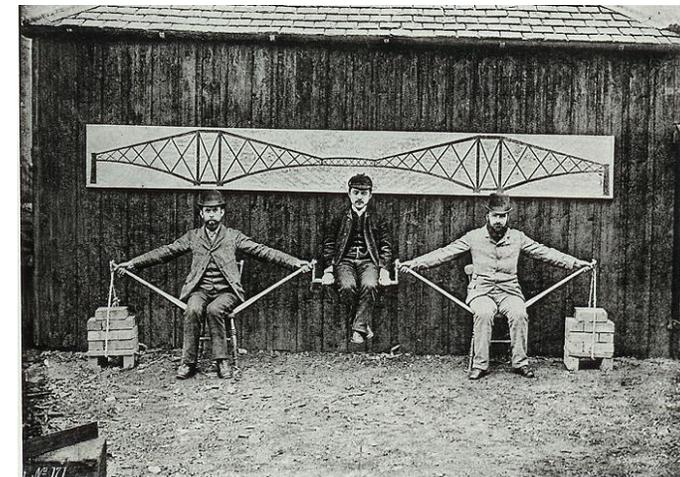
Schnittkräfte | starre Scheibe

- = in sich unverschiebliches Bauelement

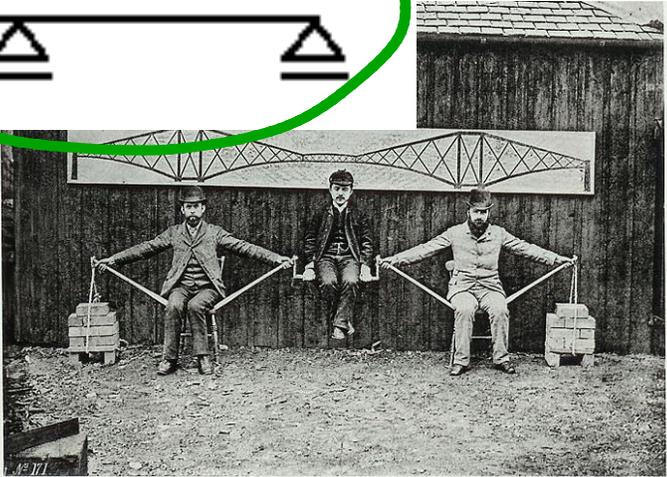
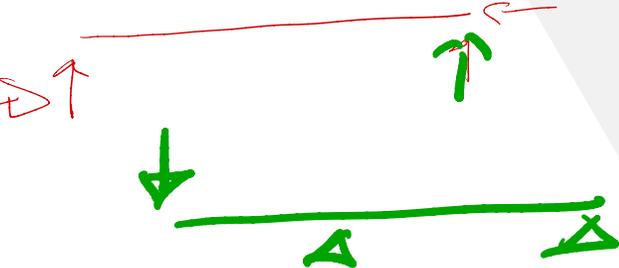
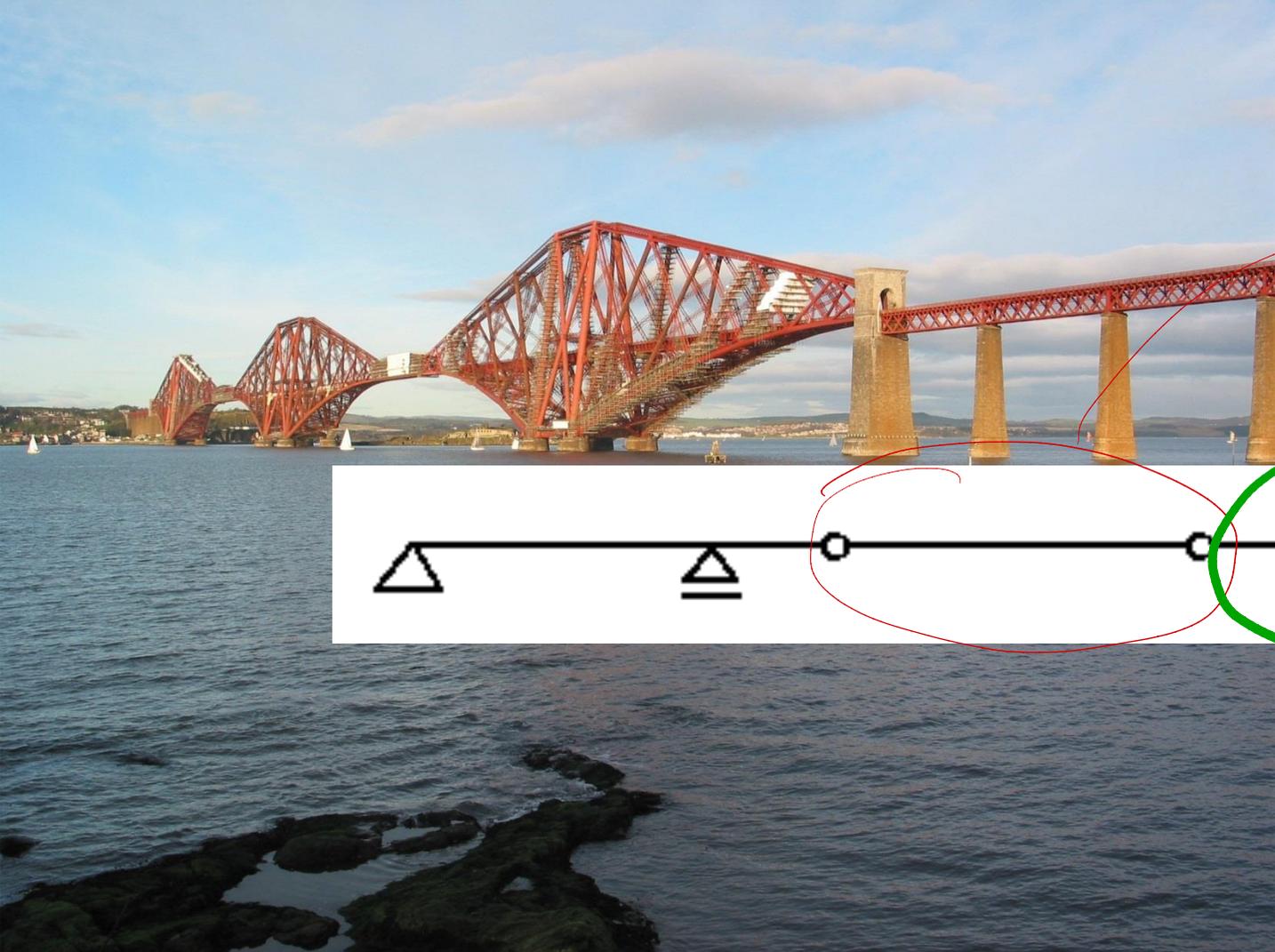


geknickter Balken

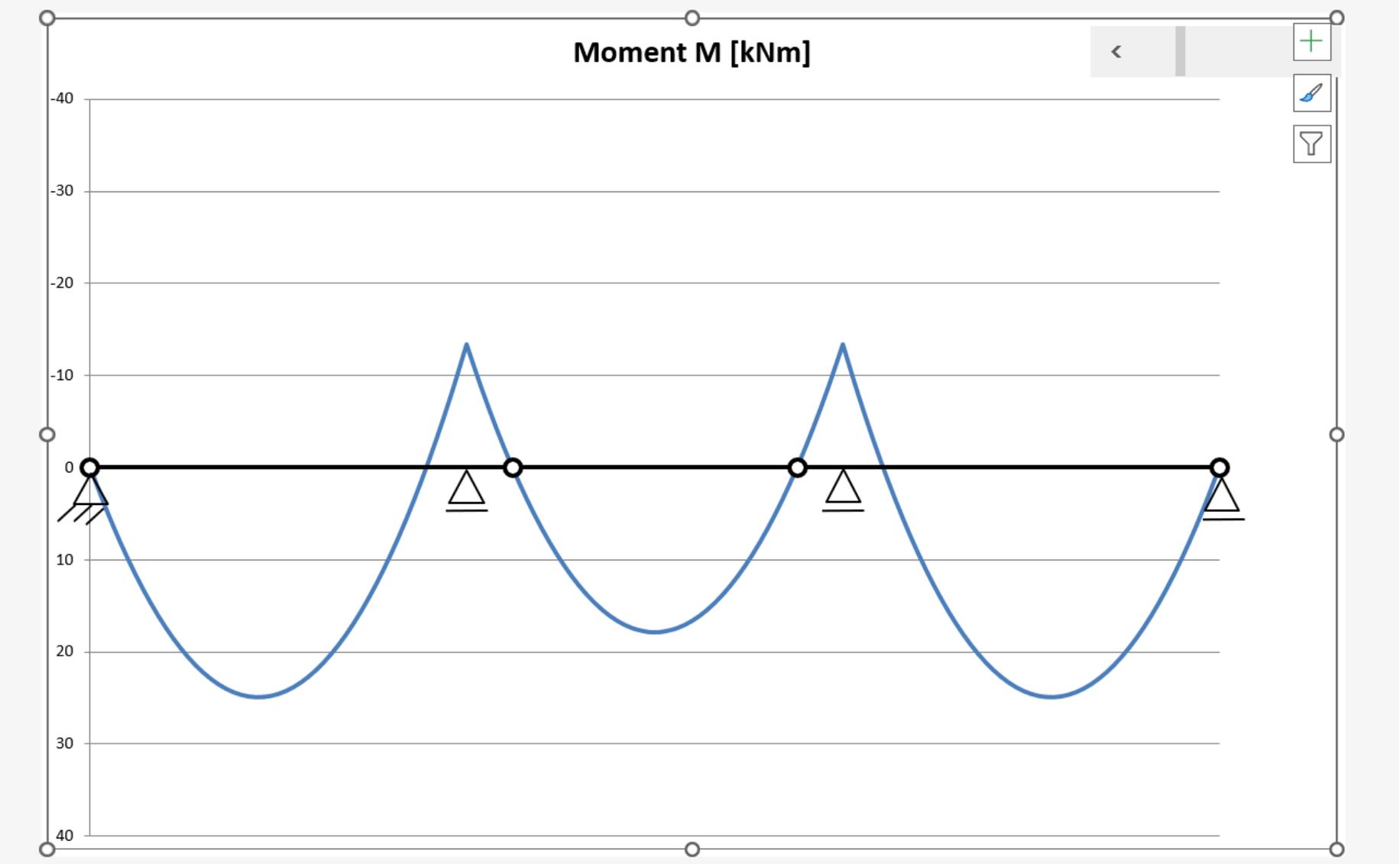
Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



Schnittkräfte |

Grenzen der Ermittlung mittels Gleichgewichtsbedingungen

- Statische Bestimmtheit

Die Schnittkräfte können bei „einscheibigen“ Systeme mit den Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden, wenn maximal 3 Festhaltungen vorhanden sind.

- Mehrscheibige Systeme

Ist ein System aus mehreren Scheiben aufgebaut, so sind bei der Schnittkraftermittlung die Nebenbedingung zu beachten;

abhängig vom Aufbau können die Schnittkräfte/Lagerkräfte mit den Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden bzw. nicht (statisch unbestimmtes mehrscheibiges System)

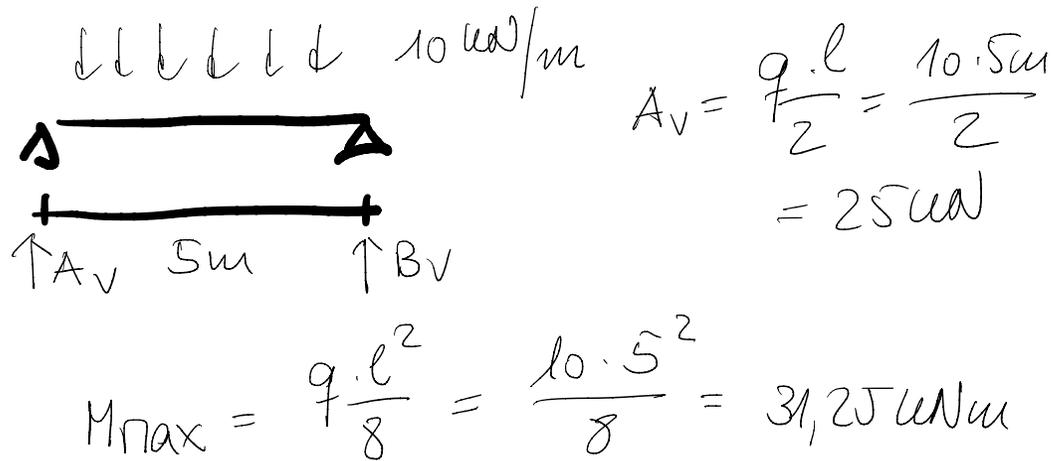
Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Zur Berechnung von häufig vorkommenden Tragsystemen stehen zur Vereinfachung der Berechnung Tabellenwerke zur Verfügung

Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

Beispiel:

Einfeldträger mit Streckenlast



1 Formeln für Schnitt- und Verschiebungsgrößen

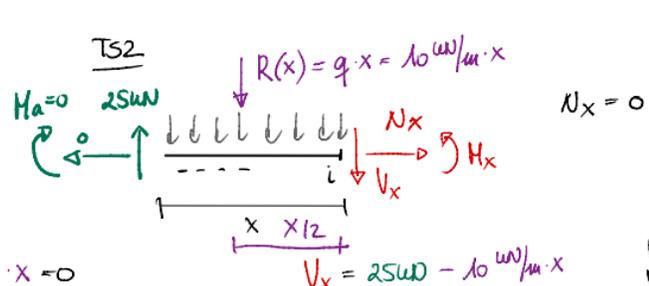
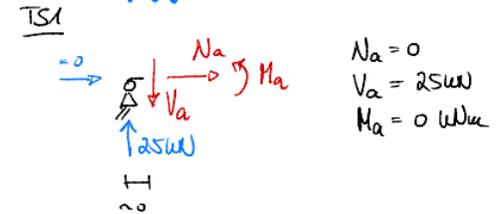
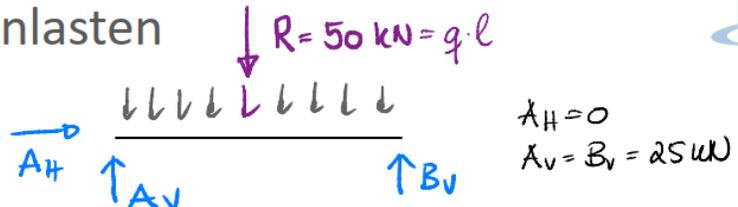
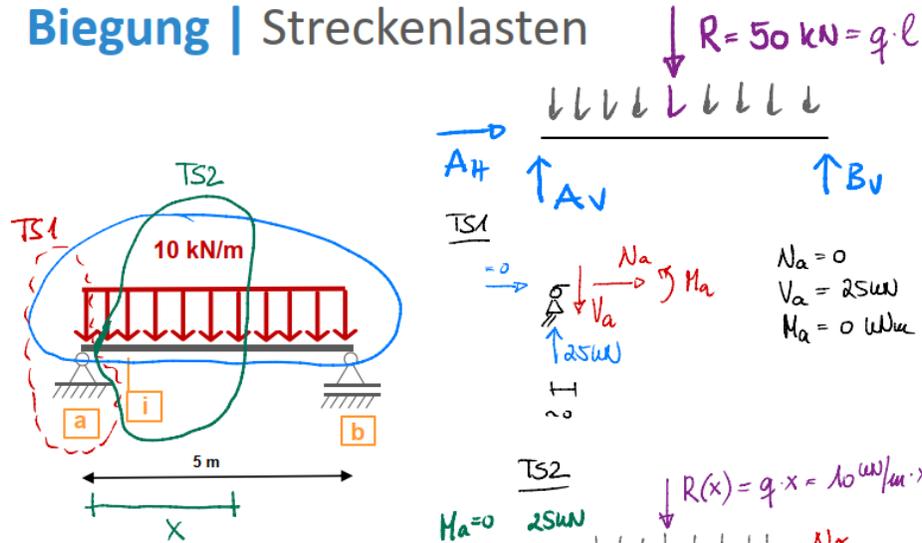
1.1 Einzelstab, Vereinbarung: Δ^{-1} Lager überträgt nur Vertikalkraft

@ 1.1.1 Träger auf zwei Stützen, $\alpha = a/l$, $\beta = b/l$

$EI = \text{konst.}$ $i \Delta^{-1} \Delta k$ $\leftarrow l \rightarrow$	Auflagerkräfte $\Delta^{-1} A \quad \Delta^{-1} B$		M-Linie $\Delta^{-1} \max M$ $\rightarrow X_0 = \xi_0 l$	Biegelinie $\Delta^{-1} W_{\text{Mitte}}$ $\rightarrow l/2 + l/2 +$
1	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{ql^4}{76,8EI}$
2	$\frac{ql}{6}$	$\frac{ql}{3}$	$\frac{ql^2}{15,59}$ bei $\xi_0 = 0,577$	$\frac{ql^4}{153,6EI}$
3	$\frac{ql}{3}$	$\frac{ql}{6}$	$\frac{ql^2}{15,59}$ bei $\xi_0 = 0,423$	$\frac{ql^4}{153,6EI}$
4	$\frac{2q_1+q_k}{6} l$	$\frac{q_1+2q_k}{6} l$	$\left(\frac{q_1}{2} + \frac{q_k - q_1}{3} \xi_0\right) \xi_0^2 l^2$ bei $\xi_0 = \frac{(2q_1+q_k)l\sqrt{3}}{q_1\sqrt{3} + \sqrt{q_1^2 + q_1q_k + q_k^2}}$	$\frac{q_1+q_k}{153,6EI} l^4$
5	$\frac{ql}{3}$	$\frac{ql}{3}$	$\frac{ql^2}{9,6}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{61 ql^4}{5760EI}$
6	$\frac{F}{2}$	$\frac{F}{2}$	$\frac{Fl}{4}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{Fl^3}{48EI}$
7	βF	αF	$\alpha \beta Fl$ bei $\xi_0 = \alpha$	$\alpha \leq \frac{1}{2}: \frac{3-4\alpha^2}{48EI} \alpha Fl^3$
8	$\frac{n-1}{2} F$	$\frac{n-1}{2} F$	n gerade: $\frac{n}{8} Fl$ n ungerade: $\frac{n}{8} Fl \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$	$\frac{nFl^3}{76,8EI} \left(1 - \frac{0,8}{n^2}\right)$ $\frac{nFl^3}{76,8EI} \left(1 - \frac{0,8}{n^2} - \frac{0,2}{n^4}\right)$
9	$\frac{n}{2} F$	$\frac{n}{2} F$	n gerade: $\frac{n}{8} Fl$ n ungerade: $\frac{n}{8} Fl \left(1 + \frac{1}{n^2}\right)$	$\frac{nFl^3}{76,8EI} \left(1 + \frac{0,4}{n^2}\right)$ $\frac{nFl^3}{76,8EI} \left(1 + \frac{0,4}{n^2} + \frac{0,2}{n^4}\right)$
9a			$\frac{x_0^2}{l} (F_1 + F_2)$ bei $x_0 = \frac{1}{2} l - \frac{F_2 - c}{F_1 + F_2}$ wenn $x_0 + c \leq l$	
10	$-\frac{M^e}{l}$	$\frac{M^e}{l}$	$\alpha \leq \frac{1}{2}: \beta M^e$ bei $\xi_0 = \alpha$ $\alpha \geq \frac{1}{2}: -\alpha M^e$ bei $\xi_0 = \alpha$	$\alpha \leq \frac{1}{2}: \frac{1-4\alpha^2}{16EI} M^e l^2$ $\alpha \geq \frac{1}{2}: \frac{4\beta^2-1}{16EI} M^e l^2$
11	$\frac{M_k - M_i}{l}$	$-\frac{M_k - M_i}{l}$	M_i oder M_k	$\frac{M_i + M_k}{16EI} l^2$
12	0	0	0	$\frac{\kappa^e l^2}{8}$
13	0	0	0	$\frac{w_i + w_k}{2}$

Rückblick

Biegung | Streckenlasten



$\sum F_{z\downarrow} = 0: V_x - 25 \text{ kN} + 10 \text{ kN/m} \cdot x = 0$
 $\rightarrow V$ ist linear

$\sum M_i = 0: M_x - H_a - 25 \text{ kN} \cdot x + \underbrace{10 \text{ kN/m} \cdot x \cdot \frac{x}{2}}_R = 0$
 $\rightarrow M$ quadratische Parabel.

$M_x = 25 \text{ kN} \cdot x - 10 \text{ kN/m} \cdot \frac{x^2}{2}$
 $M'_x = 25 \text{ kN} - 10 \text{ kN/m} \cdot \frac{2x}{2} \stackrel{!}{=} V_x$
 $\rightarrow \text{Max/Min } M \text{ bei } M'_x = 0 \stackrel{!}{=} V_x = 0$

$V(0) = 25 \text{ kN}$
 $V(x=5\text{m}) = -25 \text{ kN}$
 $V(x=2.5\text{m}) = 0$
 $M(0) = 0$
 $M(5\text{m}) = 0$
 $M(2.5\text{m}) = 25 \cdot 2.5 - 10 \cdot \frac{2.5^2}{2}$
 $= 31.25 \text{ kNm}$
 $\stackrel{!}{=} M_{\text{max}}!$

Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

Beispiel:

- Balkon mit zusätzlicher Stütze

@ 1.1.7 Kragträger

	$El = \text{konst.}$ l	M-Linie		Biegelinie	
		M_i	M_k	w_k	φ_k
1		ql	$-\frac{ql^2}{2}$	$\frac{ql^4}{8EI}$	$\frac{ql^3}{6EI}$
2		$\frac{ql}{2}$	$-\frac{ql^2}{6}$	$\frac{ql^4}{30EI}$	$\frac{ql^3}{24EI}$
3		$\frac{ql}{2}$	$-\frac{ql^2}{3}$	$\frac{11ql^4}{120EI}$	$\frac{ql^3}{8EI}$
4		F	$-Fl$	$\frac{Fl^3}{3EI}$	$\frac{Fl^2}{2EI}$
5		F	$-Fa$	$\left(\frac{l-a}{2} - \frac{a}{6}\right) Fa^2$	$\frac{Fa^2}{2EI}$
6		0	M_k	$-\frac{M_k l^2}{2EI}$	$-\frac{M_k l}{EI}$
7		0	0	$-\frac{\kappa^e l^2}{2}$	$-\kappa^e l$

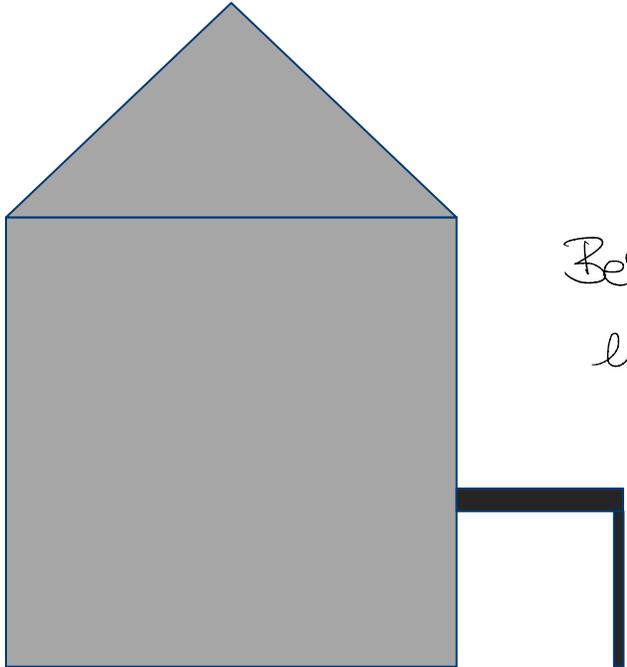
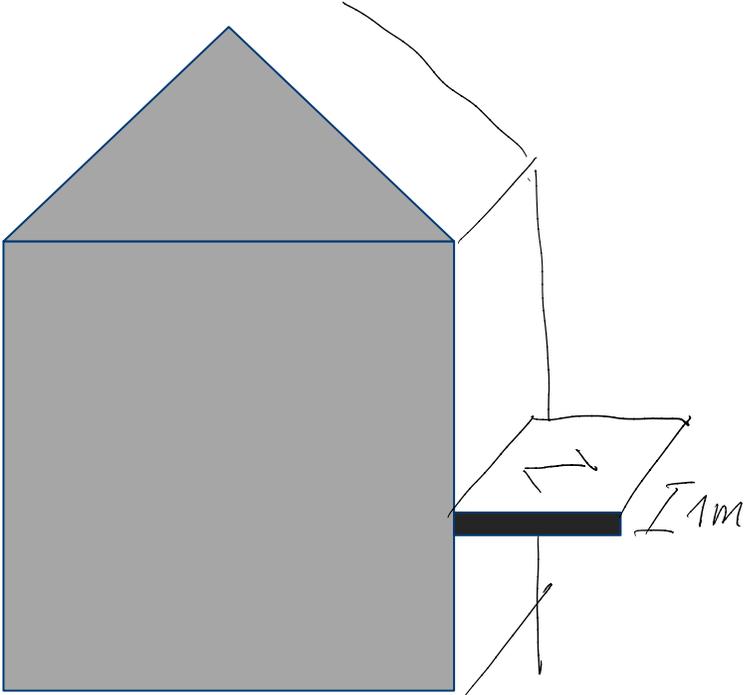
Handwritten notes: P.IV, P.III, -F.l, -F.a, a, M_k, const

@ 1.1.2 Einseitig eingespannter Träger¹⁾, $\alpha = a/l$, $\beta = b/l$

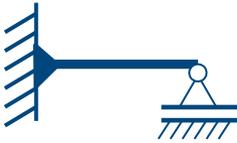
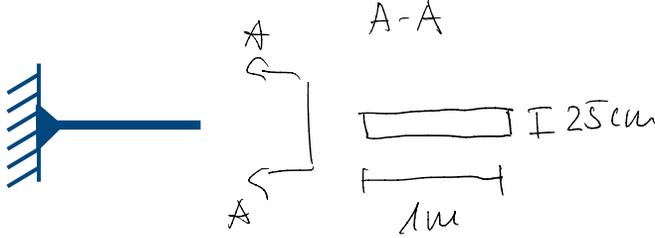
	$El = \text{konst.}$ l	A	B	M_k
1		$\frac{3ql}{8}$	$\frac{5ql}{8}$	$-\frac{ql^2}{8}$
2		$\frac{ql}{10}$	$\frac{2ql}{5}$	$-\frac{ql^2}{15}$
3		$\frac{11ql}{40}$	$\frac{9ql}{40}$	$-\frac{7ql^2}{120}$
4	q_l	$\frac{11q_l + 4q_k}{40} l$	$\frac{9q_l + 16q_k}{40} l$	$-\frac{7q_l + 8q_k}{120} l^2$
5		$\frac{7ql}{30}$	$\frac{13ql}{30}$	$-\frac{ql^2}{10}$
6	$\frac{F}{l/2 + l/2}$	$\frac{5F}{16}$	$\frac{11F}{16}$	$-\frac{3Fl}{16}$
7	$\frac{F}{a+b}$	$\frac{3-\beta}{2} \beta^2 F$	$\frac{3-\alpha^2}{2} \alpha F$	$-\frac{1-\alpha^2}{2} \alpha Fl$
8	$n-1$ Lasten F $a+a+a+a$ $a = l/n$	$\left(3n-4 + \frac{1}{n}\right) \frac{F}{8}$	$\left(5n-4 - \frac{1}{n}\right) \frac{F}{8}$	$-\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{n}{8} Fl$
9	n Lasten F $a/2$ $a = l/n$	$\left(3n - \frac{0,5}{n}\right) \frac{F}{8}$	$\left(5n + \frac{0,5}{n}\right) \frac{F}{8}$	$-\left(1 + \frac{0,5}{n^2}\right) \frac{n}{8} Fl$
10	M^e $a+b$	$-(1-\alpha^2)1,5 \frac{M^e}{l}$	$(1-\alpha^2)1,5 \frac{M^e}{l}$	$\frac{3\alpha^2-1}{2} M^e$
11	M_i	$-1,5 \frac{M_i}{l}$	$1,5 \frac{M_i}{l}$	$-\frac{1}{2} M_i$
12	Temp. T_o, T_u $\kappa^e = \alpha_T (T_u - T_o) / h$	$-1,5 \kappa^e \frac{El}{l}$	$1,5 \kappa^e \frac{El}{l}$	$-1,5 \kappa^e El$
13	w_k	$(w_k - w_i) 3 \frac{El}{l^3}$	$-(w_k - w_i) 3 \frac{El}{l^3}$	$(w_k - w_i) 3 \frac{El}{l^2}$
14	φ_k	$3 \frac{El}{l^2} \varphi_k$	$-3 \frac{El}{l^2} \varphi_k$	$3 \frac{El}{l} \varphi_k$

¹⁾ Weitere Lastfälle s. S. 4.10.

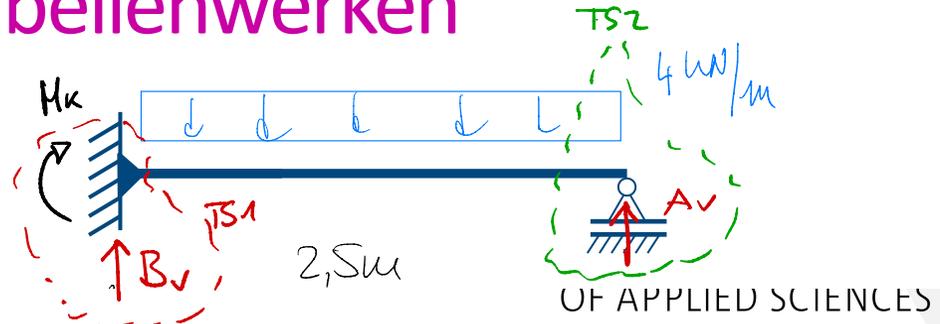
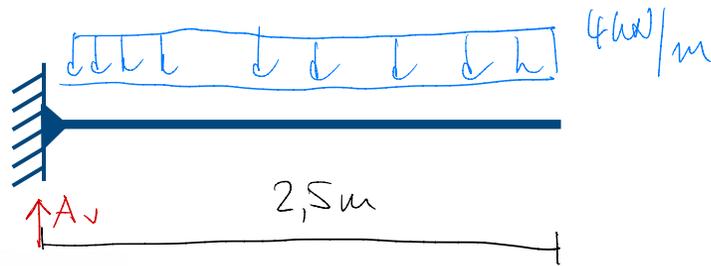
Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken



Betrachtung
eines 1m
breiten Streifens



Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken



OF APPLIED SCIENCES

1.1.7 Kragträger

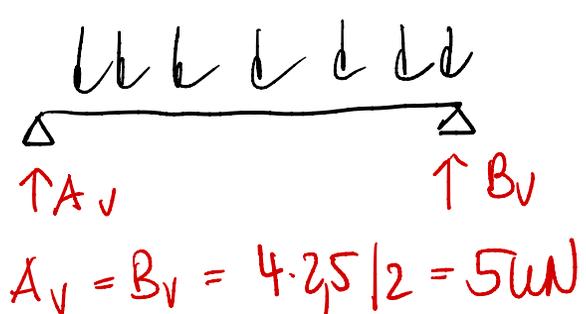
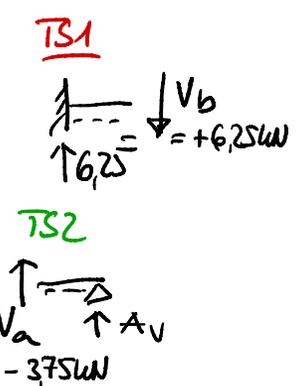
$El = \text{konst.}$ l	M-Linie M_i A	
q	ql	M_i $-\frac{ql^2}{2}$

@ 1.1.2 Einseitig eingespannter Träger¹⁾, $\alpha = a/l$, $\beta = b/l$

$El = \text{konst.}$ l	A	B	M_k
q	$\frac{3ql}{8}$	$\frac{5ql}{8}$	$-\frac{ql^2}{8}$
	$\frac{ql}{8}$	$\frac{2ql}{8}$	$-\frac{ql^2}{8}$

$$A_v = q \cdot l = 4 \text{ kN/m} \cdot 2,5 \text{ m} = 10 \text{ kN}$$

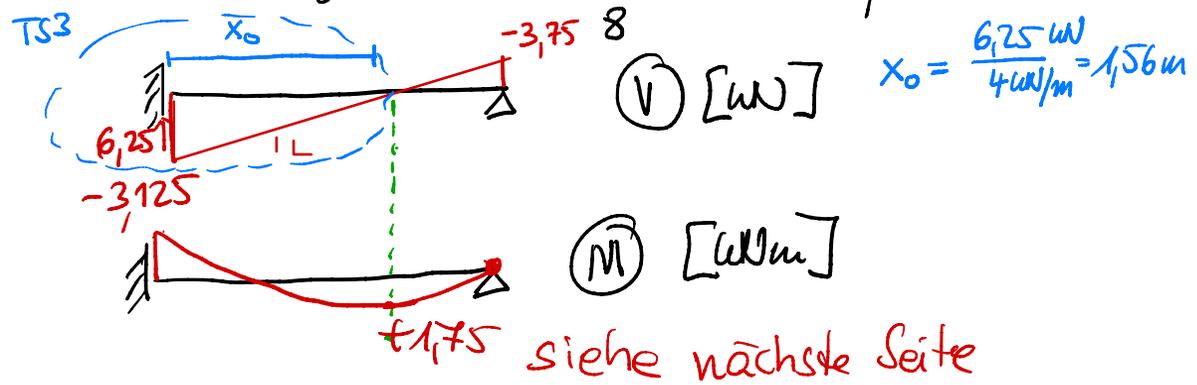
$$M = -q \frac{l^2}{2} = -4 \text{ kN/m} \cdot \frac{2,5^2 \text{ m}^2}{2} = -12,5 \text{ kNm}$$

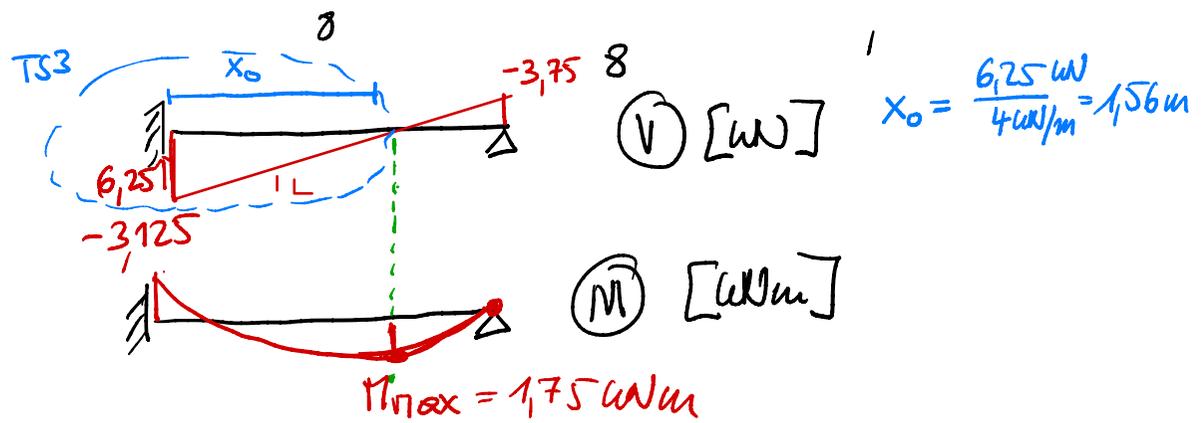
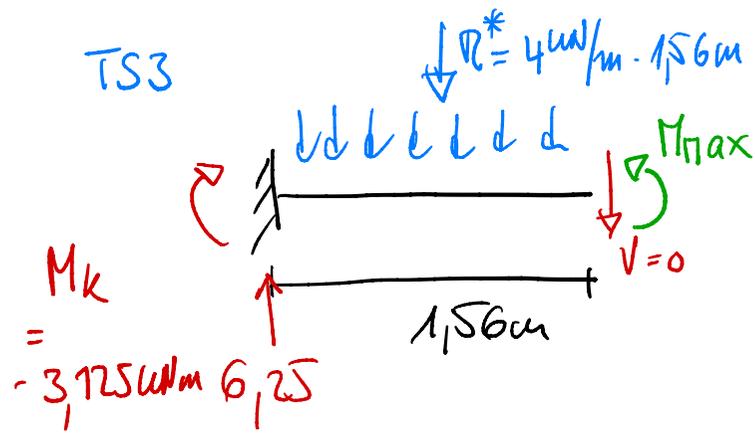


$$A_v = \frac{3 \cdot q \cdot l}{8} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 2,5 \text{ m}}{8} = 3,75 \text{ kN}$$

$$B_v = \frac{5 \cdot q \cdot l}{8} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 2,5 \text{ m}}{8} = 6,25 \text{ kN}$$

$$M_k = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{4 \text{ kN/m} \cdot 2,5^2 \text{ m}^2}{8} = -3,125 \text{ kNm}$$

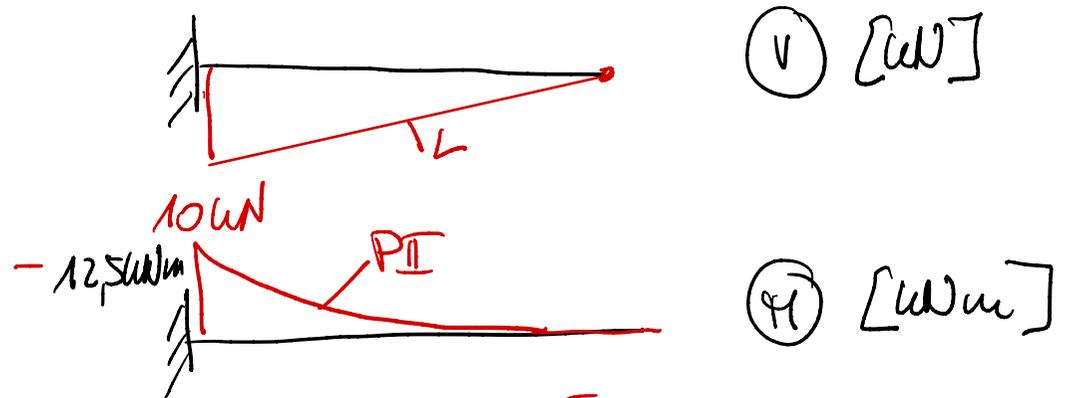




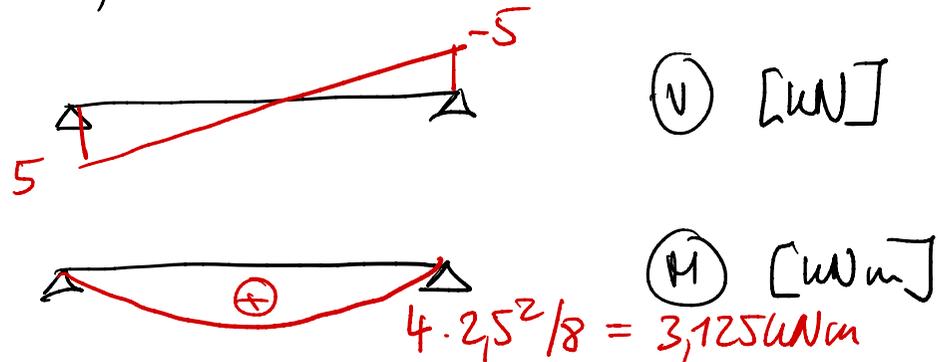
$$M_{\text{max}} = +(-3.125) - \underbrace{4 \text{ kN/m} \cdot 1.56 \text{ m}}_{R^*} \cdot \frac{1.56 \text{ m}}{2} + 6.25 \cdot 1.56 \text{ m}$$

$$= +1.75 \text{ kNm}$$

Kragasum



EFT



Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

III Nutzlasten für Hochbauten

nach DIN EN 1991-1-1 (12.2010) und DIN EN 1991-1-1/NA (12.2010)

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jürgen Schneider

1 Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone

Tafel 3.16 Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone; charakteristische Werte (vgl. EN 1991-1-1/NA, Tab. 6.1 DE)

Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k kN	
A	A1	Spitzböden	Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe.	1,0	1,0
	A2	Wohn- und Aufenthaltsräume	Räume mit ausreichender Querverteilung der Lasten. Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder.	1,5	–
	A3		wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten.	2,0 ¹⁾	1,0
B	B1	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flure, Kleinviehställe.	2,0	2,0
	B2		Flure in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Internaten usw.; Küchen u. Behandlungsräume einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät.	3,0	3,0
	B3		wie B1 und B2, jedoch mit schwerem Gerät	5,0	4,0
C	C1	Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	Flächen mit Tischen; z. B. Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume.	3,0	4,0
	C2		Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle.	4,0	4,0
	C3		Frei begehbbare Flächen; z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken; Flure in den Kategorien C1 bis C3.	5,0	4,0
	C4		Sport- und Spielflächen; z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen.	5,0	7,0
	C5		Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung.	5,0	4,0
	C6		Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen; Tribünen ohne feste Bestuhlung.	7,5	10,0
D	D1	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Gebäuden.	2,0	2,0
	D2		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern.	5,0	4,0
	D3		Fläche wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale.	5,0	7,0

¹⁾ Für die Weiterleitung der Lasten in Räumen mit Decken ohne ausreichende Querverteilung auf stützende Bauteile darf der angegebene Wert um 0,5 kN/m² abgemindert werden.

Tafel 3.16 (Fortsetzung)

Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k kN	
E	E1.1	Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lageräume und Zugänge	Flächen in Fabriken ²⁾ und Werkstätten ²⁾ mit leichtem Betrieb und Flächen in Großviehställen.	5,0	4,0
	E1.2		Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken.	6,0 ³⁾	7,0
	E2.1	Flächen in Fabriken ²⁾ und Werkstätten ²⁾ mit mittlerem oder schwerem Betrieb	7,5 ³⁾	10,0	
T ⁴⁾	T1 ⁵⁾	Treppen und Treppenhodeste	Treppen und Treppenhodeste der Kategorie A und B1 ohne nennenswerten Publikumsverkehr.	3,0	2,0
	T2		Treppen und Treppenhodeste der Kategorie B1 mit erheblichem Publikumsverkehr, B2 bis E sowie alle Treppen, die als Fluchtweg dienen.	5,0	2,0
	T3		Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtweg dienen.	7,5	3,0
Z ⁴⁾	Zugänge, Balkone und Ähnliches	Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone, Ausstiegspodeste.	4,0	2,0	

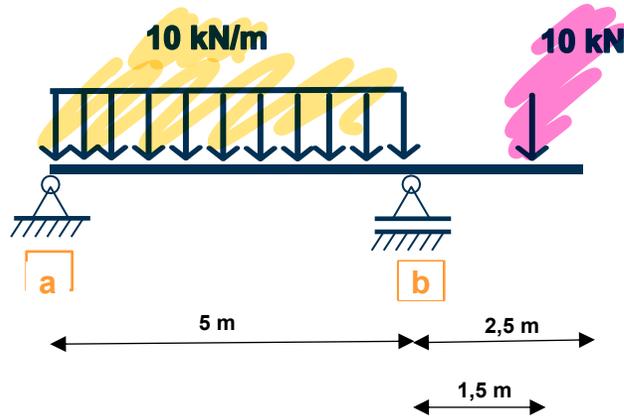
²⁾ Nutzlasten in Fabriken und Werkstätten gelten als vorwiegend ruhend. Im Einzelfall sind sich häufig wiederholende Lasten je nach Gegebenheit als nicht vorwiegend ruhende Lasten nach Abschn. 5 einzuordnen.
³⁾ Bei diesen Werten handelt es sich um Mindestwerte. In Fällen, in denen höhere Lasten vorherrschen, sind die höheren Lasten anzusetzen.
⁴⁾ Hinsichtlich der Einwirkungskombinationen sind die Einwirkungen der Nutzungskategorie des jeweiligen Gebäudes oder Gebäudeteiles zuzuordnen.
 Nach [3.2] ist eine Überlagerung mit den Schneelasten nicht erforderlich.
⁵⁾ Gilt nach [3.2] für Treppen und Podeste der Kategorie T1 auch dann, wenn sie Teil der Fluchtwege sind.

bei 1m breitem Streifen
 $q = 4 \text{ kN/m}$

Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

Beispiel:

- Wiederholung heute



$$A_v = \frac{q \cdot l}{2} - \frac{F \cdot a}{l}$$

$$= \frac{10 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}}{2} - \frac{10 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 22 \text{ kN}$$

$$B_v = \frac{q \cdot l}{2} + \left(1 + \frac{a}{c}\right) \cdot F = \frac{10 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}}{2} + \left(1 + \frac{1,5 \text{ m}}{5 \text{ m}}\right) \cdot 10 \text{ kN} = 38 \text{ kN}$$

Lineare Überlagerung von mehreren Lasten ist zulässig! (außer bei M_{\max})

@ 1.1.6 Träger auf zwei Stützen mit Kragarm

1	$EI = \text{konst.}$ $i \quad k \quad j$ $\leftarrow l \rightarrow c \rightarrow$	M-Linie		Auflagerkräfte		max M		Biegelinie	
		A	B	$\frac{A^2}{2q}$	$-\frac{qc^2}{2}$	$\frac{l^2 - c^2}{2}$	$(1+c)^2 \frac{q}{2l}$	$\frac{ql^2}{8}$	0
2		$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$	0	$\frac{ql^4}{76,8EI}$	$-\frac{ql^3c}{24EI}$		
3		$-\frac{qc^2}{2l}$	$\left(1 + \frac{c}{2l}\right) qc$	M_k	$-\frac{qc^2}{2}$	$-\frac{ql^2c^2}{32EI}$	$\left(\frac{l+c}{6} \frac{qc^3}{EI}\right)$		
4		$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fa}{l}$	$\frac{Fab}{l}$	0	$\left(\frac{l^2}{16} - \frac{a^2}{12}\right) \frac{Fa}{EI}$ wenn $a \leq l/2$	$-(1+a) \frac{Fabc}{6EI}$		
5		$\frac{Fa}{l}$	$\left(1 + \frac{a}{2}\right) F$	M_k	$-Fa$	$-\frac{Fal^2}{16EI}$	$\left(\frac{lc}{3} + \frac{ac}{2} - \frac{a^2}{6}\right) \frac{Fa}{EI}$		
6		$-\frac{M^e}{l}$	$\frac{M^e}{l}$	$-M^e$	$-M^e$	$-\frac{M^e l^2}{16EI}$	$\left(\frac{l}{3} + \frac{c}{2}\right) \frac{cM^e}{EI}$		
7		0	0	0	0	$\kappa^e l^2 / 8$	$-\kappa^e l c / 2$		
8		0	0	0	0	0	$-\kappa^e c^2 / 2$		

① Berechnung der Lagerkräfte

$$\sum M_a \uparrow = 0: B_v \cdot 5 \text{ m} - 50 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} - 10 \text{ kN} \cdot 6,5 \text{ m} = 0$$

$$B_v = 38 \text{ kN}$$

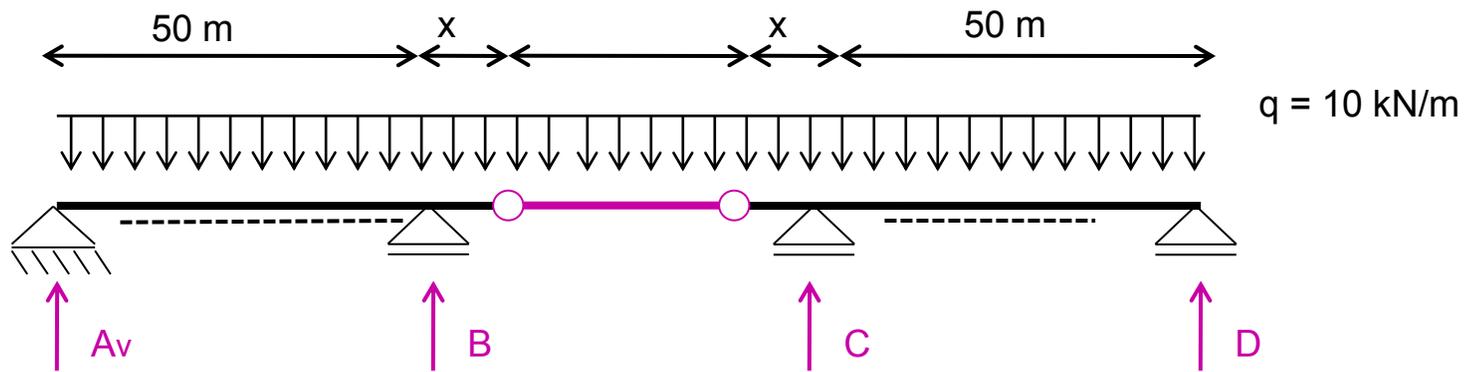
$$\sum F_{z \uparrow} = 0: 50 \text{ kN} + 10 \text{ kN} - A_v - 38 \text{ kN} = 0$$

$$A_v = 60 \text{ kN} - 38 \text{ kN} = 22 \text{ kN}$$

Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

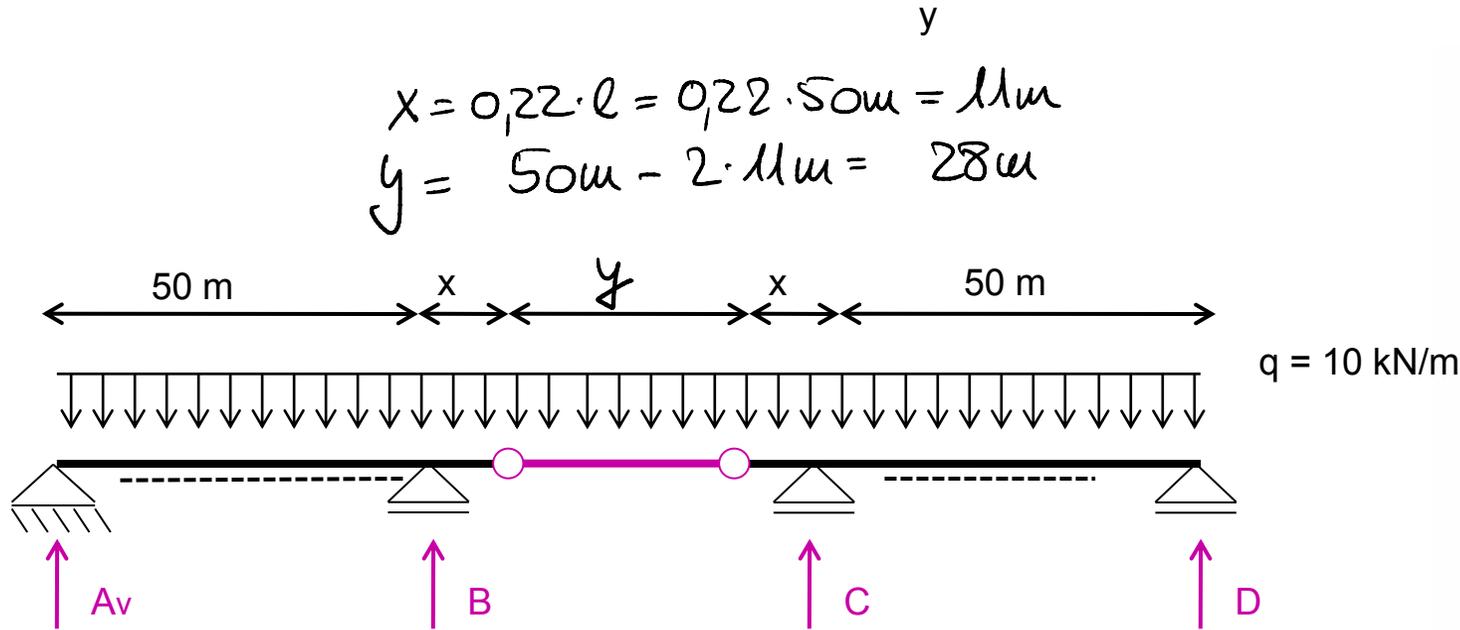
y

- Beispiel: Gelenkträger



Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Beispiel: Gelenkträger



$$A_v = D_v = 0,414 \cdot q \cdot l = 0,414 \cdot 10 \text{ kN/m} \cdot 50\text{m} = 207 \text{ kN}$$

$$B_v = C_v = 1,086 \cdot q \cdot l = 543 \text{ kN}$$

$$M_1 = 0,0858 \cdot q l^2 = 0,0858 \cdot 10 \text{ kN/m} \cdot 50^2 \text{ m}^2 = 2145 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,0392 \cdot q l^2 = q \cdot y^2 / 8 = 980 \text{ kNm}$$

$$M_b = -M_1 = -2145 \text{ kNm}$$

1.3 Gelenkträger (Gerberträger)¹⁾ mit Streckenlast q

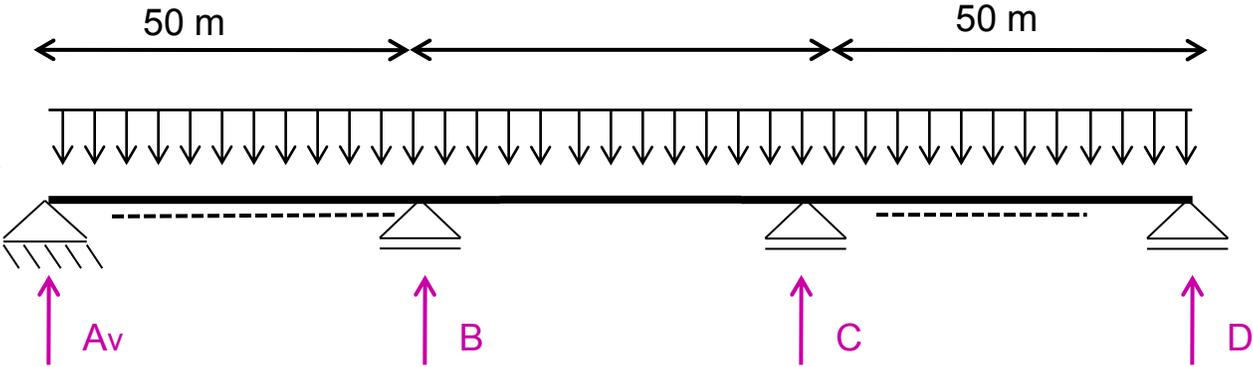
	$e = 0,1716l$	$A = 0,414ql$ $B = 1,172ql$	$M_1 = 0,0858ql^2$ $M_2 = 0,0858ql^2$ $M_b = -0,0858ql^2$	$f_1 = \frac{ql^4}{130EI}$
	$e = 0,22l$	$A = 0,414ql$ $B = 1,086ql$	$M_1 = 0,0858ql^2$ $M_2 = 0,0392ql^2$ $M_b = -0,0858ql^2$	$f_1 = \frac{ql^4}{130EI}$
	$e = 0,1250l$	$A = 0,438ql$ $B = 1,063ql$	$M_1 = 0,0957ql^2$ $M_2 = 0,0625ql^2$ $M_b = -0,0625ql^2$	$f_1 = \frac{ql^4}{130EI}$
	$e = 0,1716l$	$A = 0,414ql$ $B = 1,086ql$	$M_1 = 0,0858ql^2$ $M_2 = 0,0392ql^2$ $M_b = -0,0858ql^2$	$f_1 = \frac{ql^4}{130EI}$
	$e_1 = 0,1465l$ $e_2 = 0,1250l$	$A = 0,438ql$ $B = 1,063ql$ $C = 1,000ql$	$M_1 = 0,0957ql^2$ $M_2 = 0,0625ql^2$ $M_b = -0,0625ql^2$	$f_1 = \frac{ql^4}{110EI}$

Tabelle gibt die Lage des Gelenkes so an, daß ein möglichst günstiger Momentenverlauf eintritt.

Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

50 m

- Beispiel: Durchlaufträger



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



Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

Symmetrie

Bei symmetrischen Systemen ist
 M symmetrisch und
 V assymmetrisch

- Beispiel: Durchlaufträger

3-Feldträger
 $q = 10 \text{ kN/m}$
 $l = 50 \text{ m}$

$$A_V = 0,4 \cdot q \cdot l = 0,4 \cdot 10 \text{ kN/m} \cdot 50 \text{ m} = 200 \text{ kN}$$

$$B_V = 550 \text{ kN}$$

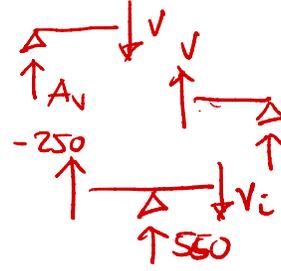
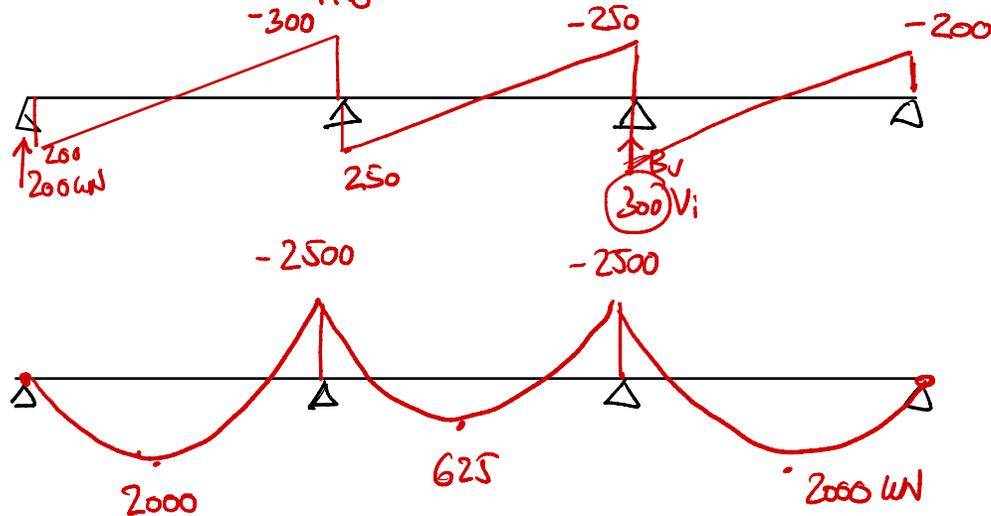
$$V_{bl} = -300 \text{ kN}$$

$$V_{br} = +250 \text{ kN}$$

$$M_1 = 0,08 \cdot q \cdot l^2 = 2000 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 6250 \text{ kNm}$$

$$M_3 = -2500 \text{ kNm}$$



1.4 Durchlaufträger¹⁾

1.4.1 Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten über 2 bis 5 Felder²⁾

	Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
Momente	Tafelwert $\cdot q \cdot l^2$				Tafelwert $\cdot F \cdot l$	
Kräfte	Tafelwert $\cdot q \cdot l$				Tafelwert $\cdot F$	

Die Feldmomente M_1, M_2 usw. sind die Größtwerte der Feldmomente in den Feldern 1, 2 usw.

Lastfall	Kraftgrößen	Belastung					
		Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
	M_1	0,070	0,048	0,056	0,062	0,156	0,222
	M_2	-0,125	-0,078	-0,093	-0,106	-0,188	-0,333
	M_3	0,375	0,172	0,207	0,244	0,313	0,667
	M_1	0,096	0,065	0,076	0,085	0,203	0,278
	M_2	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167
	M_3	0,438	0,211	0,253	0,297	0,406	0,833
	M_1	0,080	0,054	0,064	0,071	0,175	0,244
	M_2	0,025	0,021	0,024	0,025	0,100	0,067
	M_3	-0,100	-0,063	-0,074	-0,085	-0,150	-0,267
	M_1	0,101	0,068	0,080	0,090	0,213	0,289
	M_2	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	M_3	0,450	0,219	0,263	0,307	0,425	0,867
	M_1	0,075	0,052	0,061	0,067	0,175	0,200
	M_2	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	M_3	0,450	0,219	0,263	0,307	0,425	0,867
	M_1	0,075	0,052	0,061	0,067	0,175	0,200
	M_2	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	M_3	0,450	0,219	0,263	0,307	0,425	0,867

¹⁾ Ungünstige Laststellung siehe S. 4.20.

²⁾ Die folgende Tafel kann auch näherungsweise bei ungleichen Stützweiten verwendet werden, wenn $\min l > 0,8 \max l$ ist. Die Kraftgrößen an den Innenstützen (Stützmomente; Auflager- und Querkräfte) sind dann mit den Mittelwerten der jeweils benachbarten Stützweiten zu ermitteln.