

# 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

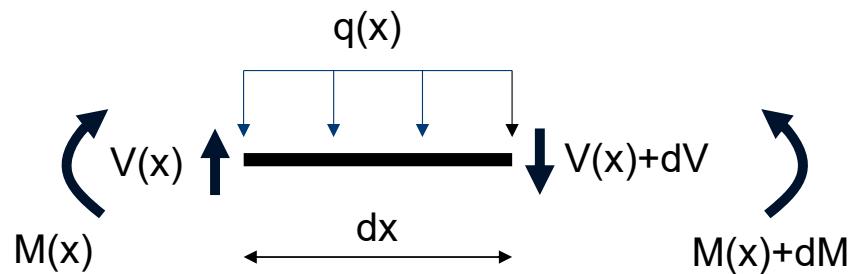
# Schnittkräfte | Inhalt heute



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

# Biegung | Schnittkraftlinien

Zusammenhang zwischen Querlast, Querkraft und Biegemoment:  
Infinitesimal kurzes Balkenelement mit Länge dx



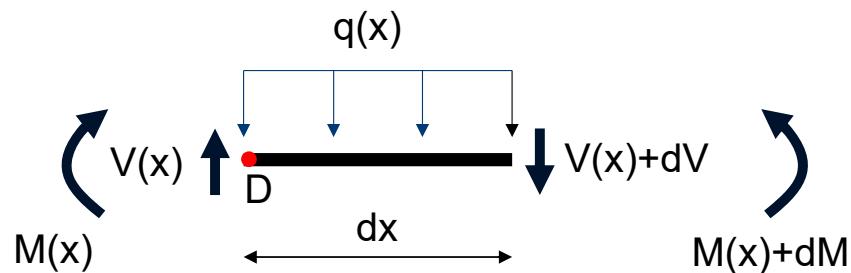
$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 0 = -V(x) + q(x) \cdot dx + V(x) + dV \\ \rightarrow dV &= -q(x) \cdot dx \\ \rightarrow dV/dx &= -q(x)\end{aligned}$$

$$\rightarrow V' = -q(x)$$

Merke: die Streckenlast gibt die negative Steigung der Querkraftlinie an

# Biegung | Schnittkraftlinien

Zusammenhang zwischen Querlast, Querkraft und Biegemoment:  
Infinitesimal kurzes Balkenelement mit Länge dx



$$\sum M_D = 0 = -M(x) - V(x) \cdot dx + q(x) \cdot dx \cdot dx/2 + M(x) + dM$$

$dx \cdot dx$  ist von höherer Ordnung klein

$$\rightarrow 0 = -V(x) \cdot dx + dM$$
$$\rightarrow V(x) = dM/dx$$

$$\rightarrow M' = V(x)$$

Merke: die Querkraft gibt die Steigung der Momentenlinie an

# Biegung | Schnittkraftlinien

Zusammenhang zwischen Querlast, Querkraft und Biegemoment

Keine Querlast	Sonderfall: Keine Querlast und keine Querkraft	Einzellast quer zur Stabachse	Gleichstreckenlast quer z. Stabachse	Lineare Streckenlast quer zur Stabachse
$V_{(x)} = \text{konstant}$	$V_{(x)} = 0$	$\Delta V_{(x)} = F$	$V_{(x)} = \text{linear}$	$V_{(x)} = \text{Parabel 2. O.}$
$M_{(x)} = \text{linear}$	$M_{(x)} = \text{konstant}$	$M_{(x)}$ mit Knick	$M_{(x)} = \text{Parabel 2. O.}$	$M_{(x)} = \text{Parabel 3. O.}$

# Biegung | Schnittkraftlinien

Zusammenhang zwischen Längslast und Normalkraft

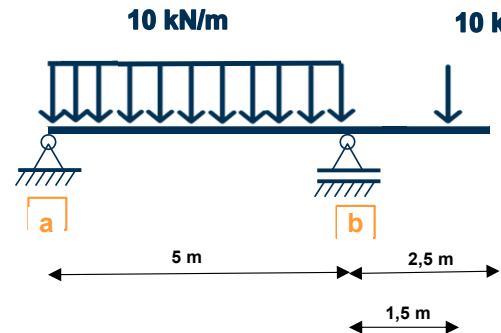
Keine Längslast	Einzellast längs zur Stabachse	Gleichstreckenlast längs der Stabachse
		
$N_{(x)} = \text{konstant}$ 	$\Delta N_{(x)} = H$ 	$N_{(x)} = \text{linear}$ 

# Biegung | Schnittkraftlinien

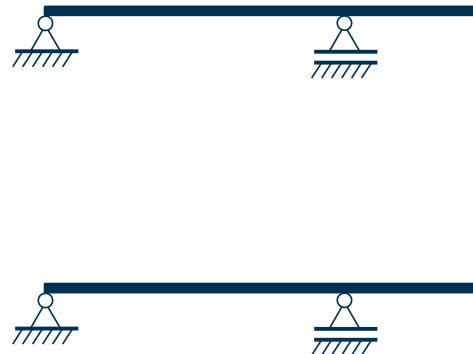
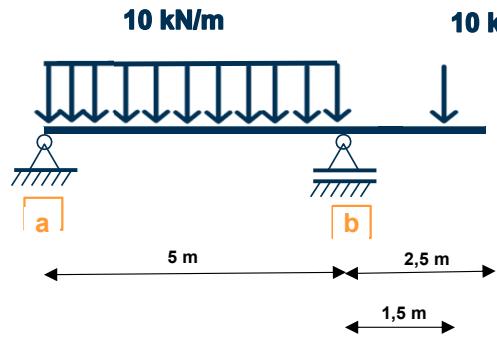
## Geometrische Zusammenhänge

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 $P$ $V_{j, \text{rechts}} = V_{j, \text{links}} + P$	Knick über Lager Verlauf links und rechts vom Lager abhängig von $V$

# Biegung | Schnittkraftlinien



# Biegung | Schnittkraftlinien



# Schnittkräfte | Grenzen der Ermittlung mittels Gleichgewichtsbedingungen

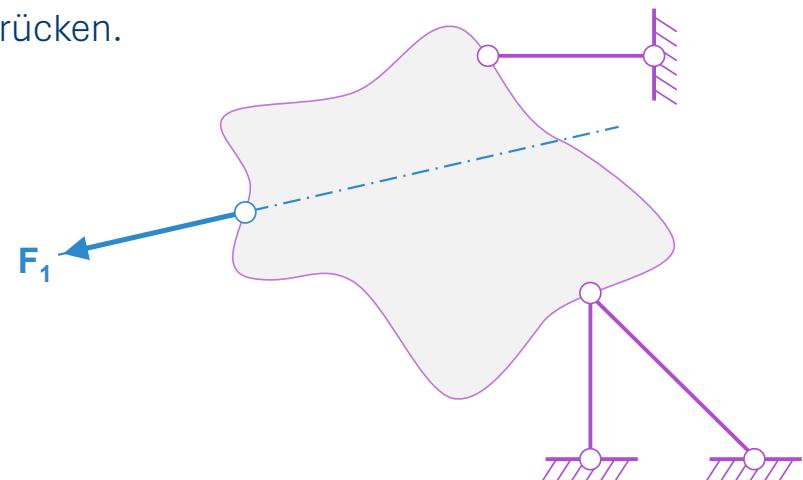


- Statische Bestimmtheit

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

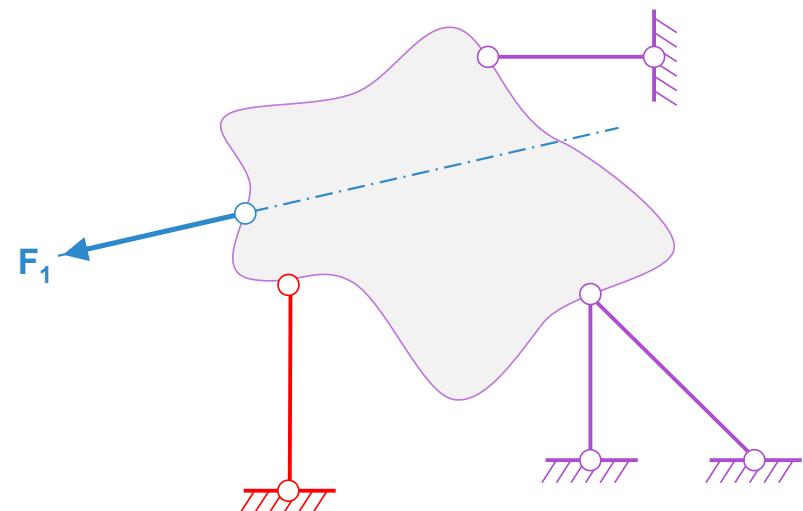
# Schnittkräfte | statische Bestimmtheit

- 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**



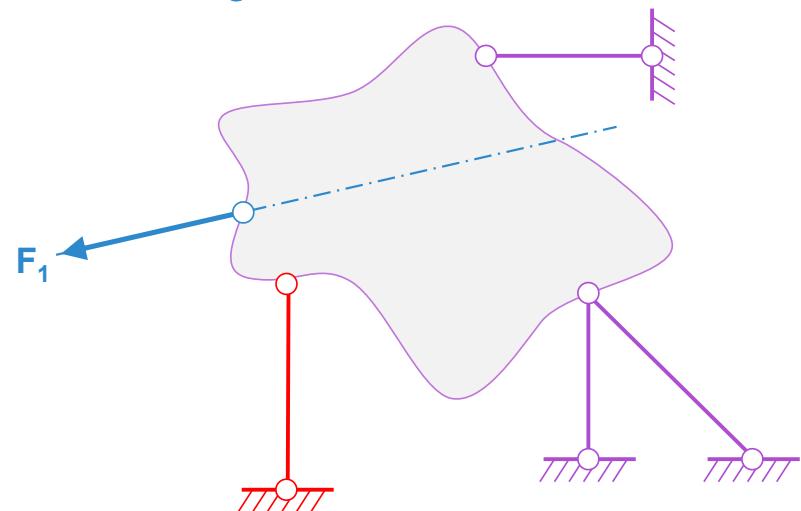
# Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit

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

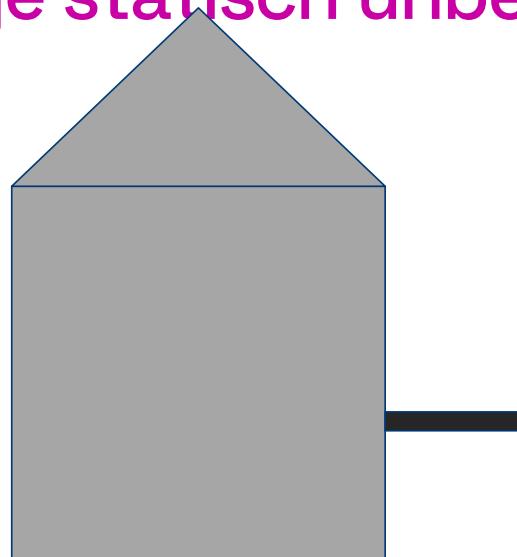


# Schnittkräfte | statische Unbestimmtheit

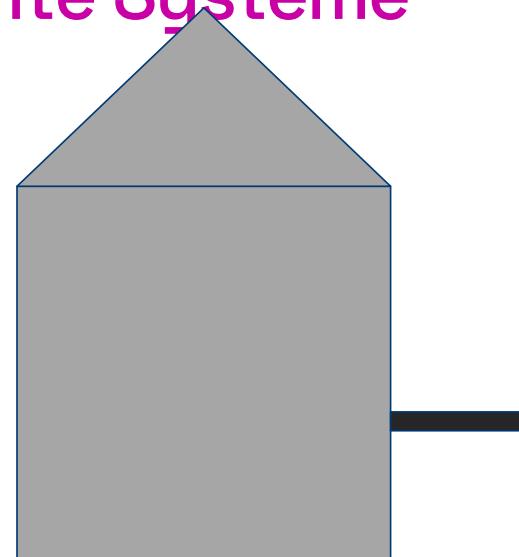
- Gibt es eine weitere Festhaltung, ist das System im Gleichgewicht
- Die Schnittkräfte/Lagerkräfte können jedoch nicht allein mit den Gleichgewicht bestimmt werden
- Steifigkeiten müssen bei der Ermittlung der Schnittkräfte/Lagerkräfte berücksichtigt werden



# Schnittkräfte | gängige statisch unbestimmte Systeme



Kragarm:  
statisch bestimmt



Kragarm mit Stütze:  
statisch unbestimmt

# Schnittkräfte | gängige statisch unbestimmte Systeme

Einfeldträger, auch mit Kragarm:  
statisch bestimmt



Durchlaufträger: **statisch unbestimmt**

Zweifeldträger



Dreifeldträger



N-Feldträger



# Schnittkräfte | gängige statisch unbestimmte Systeme

Einfeldträger, auch mit Kragarm:  
statisch bestimmt



Durchlaufträger: **statisch unbestimmt**

Zweifeldträger



Dreifeldträger

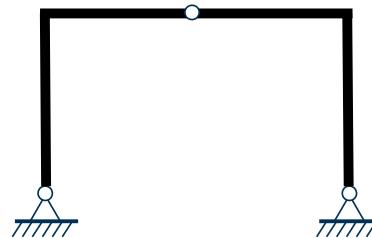


N-Feldträger



# Schnittkräfte | gängige statisch unbestimmte Systeme

Dreigelenk-Rahmen: statisch bestimmt



Zweigelenkrahmen: **einfach statisch unbestimmt**



# Schnittkräfte | Mehrscheibige Systeme



- Statische Bestimmtheit

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

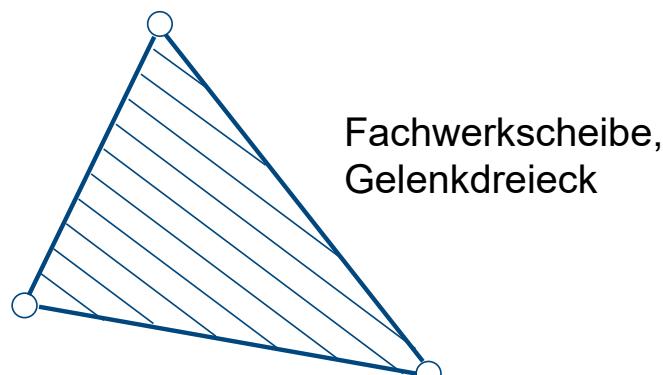
- Mehrscheibige Systeme

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

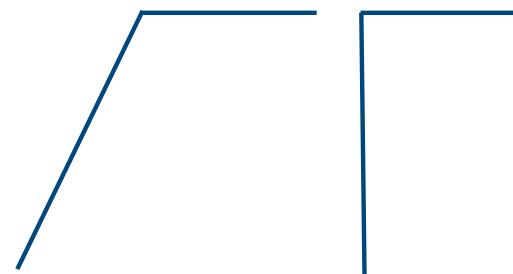
# Schnittkräfte | starre Scheibe



- = in sich unverschiebliches Bauelement



Fachwerkscheibe,  
Gelenkdreieck



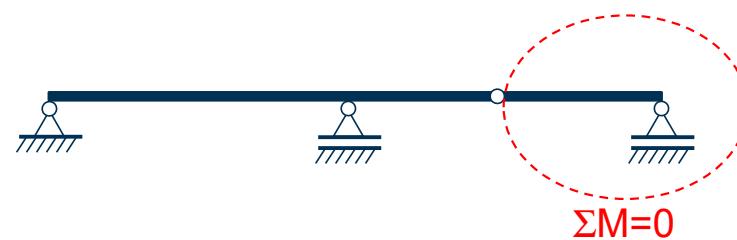
geknickter Balken

# Schnittkräfte | gängige statisch unbestimmte Systeme

Zweifeldträger :  
statisch unbestimmt

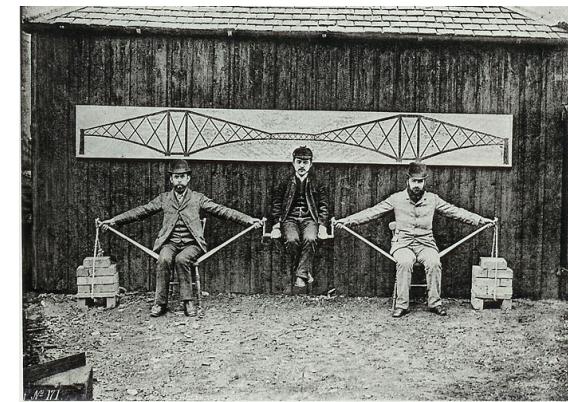


Gerberträger: durch Einbau eines  
Gelenkes wieder statisch bestimmt

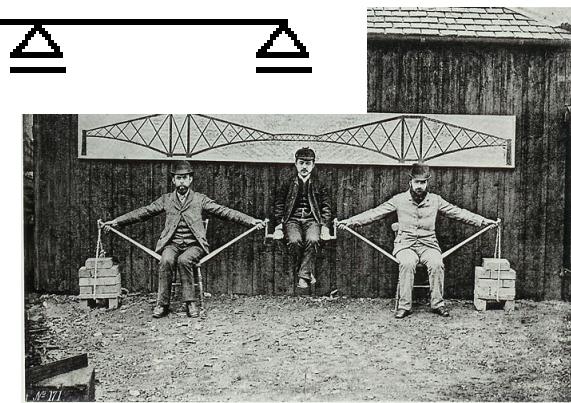
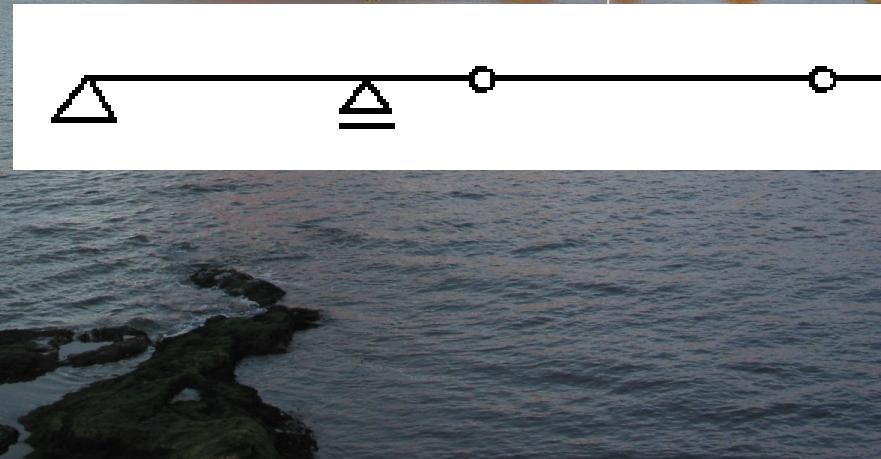


4 unbekannten Auflagerkräften stehen  
3 äußerliche GGB und eine  
Nebenbedingung am Gelenk ( $\Sigma M = 0$ )  
zur Verfügung

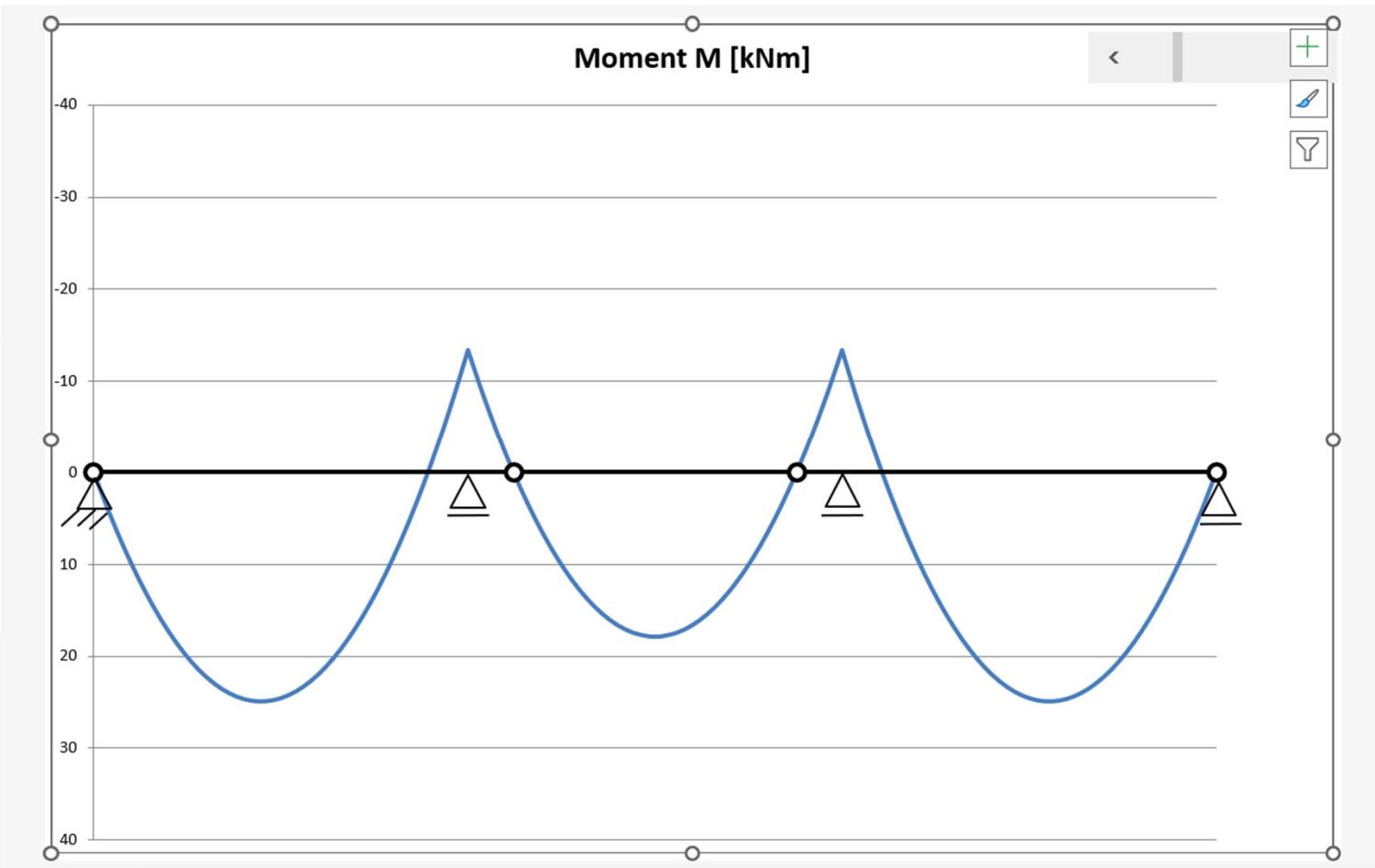
# Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



# Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



# Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



# Schnittkräfte | mehrscheibige Systeme



- Statische Bestimmtheit

Die Schnittkräfte können bei „einscheibigen“ Systemen 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: Lager überträgt nur Vertikalkraft

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

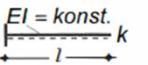
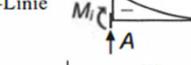
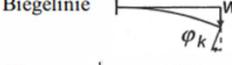
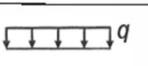
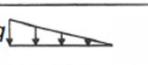
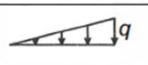
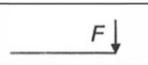
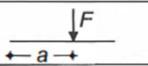
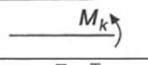
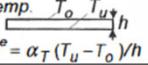
$EI = \text{konst.}$ 	Auflagerkräfte 	M-Linie 	Biegelinie 	
1	$\frac{q l}{2}$ $\frac{q l}{2}$	$\frac{q l^2}{8}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{q l^4}{76,8 EI}$	
2	$\frac{q l}{6}$ $\frac{q l}{3}$	$\frac{q l^2}{15,59}$ bei $\xi_0 = 0,577$	$\frac{q l^4}{153,6 EI}$	
3	$\frac{q l}{3}$ $\frac{q l}{6}$	$\frac{q l^2}{15,59}$ bei $\xi_0 = 0,423$	$\frac{q l^4}{153,6 EI}$	
4	$\frac{2q_i + q_k}{6} l$ $\frac{q_i + 2q_k}{6} l$	$\left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_k - q_i}{3}\right) \xi_0^2 l^2$ bei $\xi_0 = \frac{(2q_i + q_k)\sqrt{3}}{q_i\sqrt{3} + \sqrt{q_i^2 + q_i q_k + q_k^2}}$	$\frac{q_i + q_k}{153,6 EI} l^4$	
5	$\frac{q l}{3}$ $\frac{q l}{3}$	$\frac{q l^2}{9,6}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{61 q l^4}{5760 EI}$	
6	$\frac{F}{2}$ $\frac{F}{2}$	$\frac{Fl}{4}$ bei $\xi_0 = 0,5$	$\frac{Fl^3}{48 EI}$	
7	$\beta F$	$\alpha F$	$\alpha \beta F l$ bei $\xi_0 = \alpha$ $\alpha \leq \frac{1}{2}; \frac{3-4\alpha^2}{48 EI} \alpha F l^3$	
8	$\frac{n-1}{2} F$	$\frac{n-1}{2} F$	n gerade: $\frac{n}{8} Fl$ $\frac{n F l^3}{76,8 EI} \left(1 - \frac{0,8}{n^2}\right)$ n ungerade: $\frac{n}{8} Fl \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ $\frac{n F l^3}{76,8 EI} \left(1 - \frac{0,8}{n^2} - \frac{0,2}{n^4}\right)$	
9	$\frac{n}{2} F$	$\frac{n}{2} F$	n gerade: $\frac{n}{8} Fl$ $\frac{n F l^3}{76,8 EI} \left(1 + \frac{0,4}{n^2}\right)$ n ungerade: $\frac{n}{8} Fl \left(1 + \frac{1}{n^2}\right)$ $\frac{n F l^3}{76,8 EI} \left(1 + \frac{0,4}{n^2} + \frac{0,2}{n^4}\right)$	
9a		$\frac{x_0^2}{l} (F_1 + F_2)$ bei $x_0 = \frac{1}{2} l - \frac{F_2}{F_1 + F_2} c$ 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 $\xi_0 = \alpha$ $\alpha \leq \frac{1}{2}; \frac{1-4\alpha^2}{16 EI} M^e l^2$ $\alpha \geq \frac{1}{2}; \frac{4\beta^2-1}{16 EI} M^e l^2$	
11	$\frac{M_k - M_1}{l}$	$\frac{M_k - M_1}{l}$	$M_1$ oder $M_k$ $\frac{M_1 + M_k}{16 EI} l^2$	
12	0	0	0	$\frac{\kappa^2 l^2}{8}$
13	0	0	0	$\frac{w_l + w_k}{2}$

# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

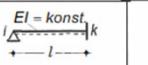
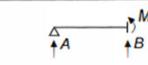
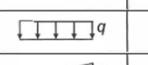
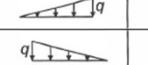
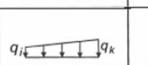
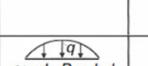
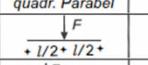
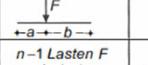
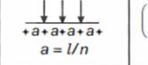
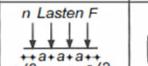
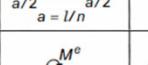
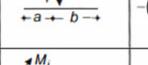
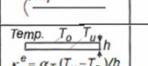
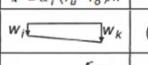
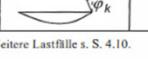
Beispiel:

- Balkon mit zusätzlicher Stütze

## ④ 1.1.7 Kragträger

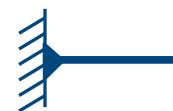
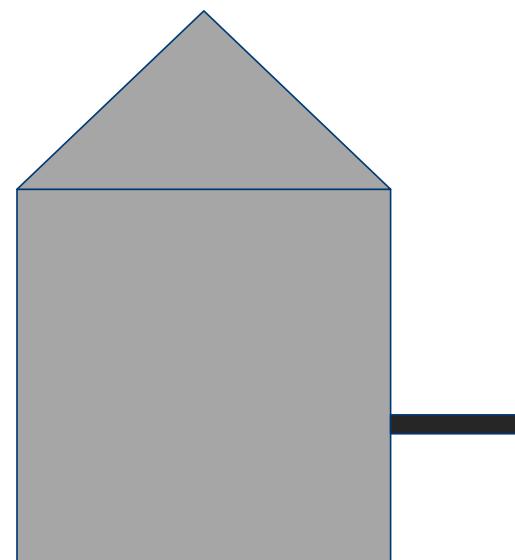
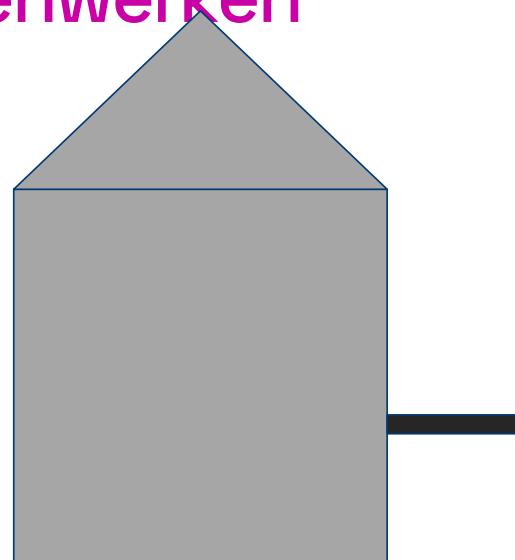
	$EI = \text{konst.}$ 		M-Linie 	Biegelinie 	
	A	$M_i$	$w_k$	$\varphi_k$	
1		$ql$	$-\frac{q l^2}{2}$	$\frac{q l^4}{8EI}$	$\frac{q l^3}{6EI}$
2		$\frac{q l}{2}$	$-\frac{q l^2}{6}$	$\frac{q l^4}{30EI}$	$\frac{q l^3}{24EI}$
3		$\frac{q l}{2}$	$-\frac{q l^2}{3}$	$\frac{11 q l^4}{120EI}$	$\frac{q l^3}{8EI}$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

## ④ 1.1.2 Einseitig eingespannter Träger<sup>1)</sup>, $\alpha = a/l$ , $\beta = b/l$

	$EI = \text{konst.}$ 		$M_k$ 	
	A	B	$M_k$	
1		$\frac{3ql}{8}$	$\frac{5ql}{8}$	$-\frac{q l^2}{8}$
2		$\frac{q l}{10}$	$\frac{2ql}{5}$	$-\frac{q l^2}{15}$
3		$\frac{11ql}{40}$	$\frac{9ql}{40}$	$-\frac{7ql^2}{120}$
4		$\frac{11q_i + 4q_{k,l}}{40}$	$\frac{9q_i + 16q_{k,l}}{40}$	$-\frac{7q_i + 8q_{k,l}l^2}{120}$
5		$\frac{7ql}{30}$	$\frac{13ql}{30}$	$-\frac{q l^2}{10}$
6		$\frac{5F}{16}$	$\frac{11F}{16}$	$-\frac{3Fl}{16}$
7		$\frac{3-\beta}{2} \beta^2 F$	$\frac{3-\alpha^2}{2} \alpha F$	$-\frac{1-\alpha^2}{2} \alpha Fl$
8		$\left(3n - 4 + \frac{1}{n}\right) \frac{F}{8}$	$\left(5n - 4 - \frac{1}{n}\right) \frac{F}{8}$	$-\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{n}{8} Fl$
9		$\left(3n - \frac{0,5}{n}\right) \frac{F}{8}$	$\left(5n + \frac{0,5}{n}\right) \frac{F}{8}$	$-\left(1 + \frac{0,5}{n^2}\right) \frac{n}{8} Fl$
10		$-(1-\alpha^2) 1,5 \frac{M^e}{l}$	$(1-\alpha^2) 1,5 \frac{M^e}{l}$	$\frac{3\alpha^2 - 1}{2} M^e$
11		$-1,5 \frac{M_i}{l}$	$1,5 \frac{M_i}{l}$	$-\frac{1}{2} M_i$
12		$-1,5 \kappa^e \frac{EI}{l}$	$1,5 \kappa^e \frac{EI}{l}$	$-1,5 \kappa^e EI$
13		$(w_k - w_i) 3 \frac{EI}{l^3}$	$-(w_k - w_i) 3 \frac{EI}{l^3}$	$(w_k - w_i) 3 \frac{EI}{l^2}$
14		$3 \frac{EI}{l^2} \varphi_k$	$-3 \frac{EI}{l^2} \varphi_k$	$3 \frac{EI}{l} \varphi_k$

<sup>1)</sup> Weitere Lastfälle s. S. 4.10.

# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken



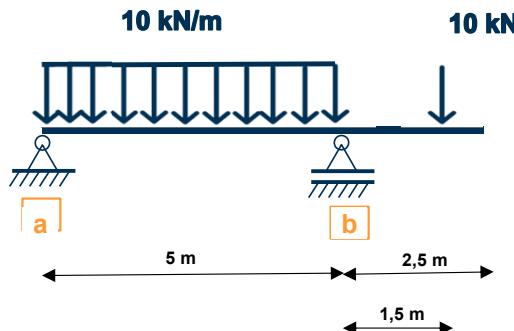
# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken



# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

Beispiel:

- Wiederholung heute

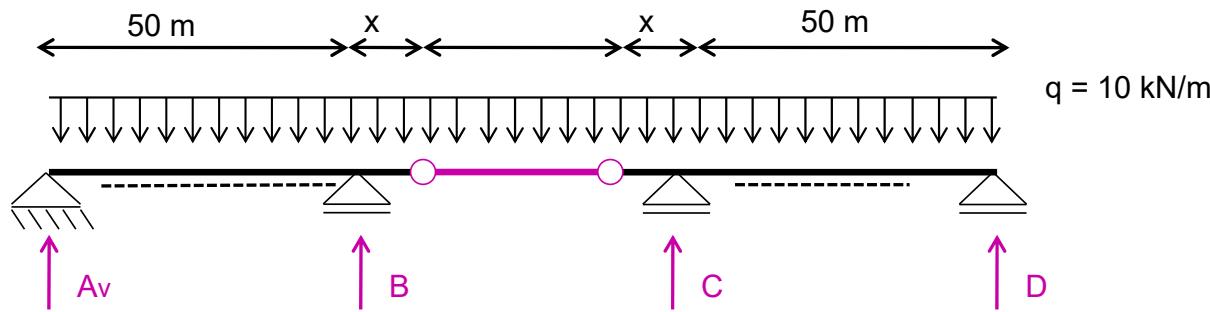


② 1.1.6 Träger auf zwei Stützen mit Kragarm

EI = konst.	M-Linie		max M	M <sub>k</sub>	Biegelinie	
	Auflagerkräfte	max M			W <sub>Mitte</sub>	W <sub>j</sub>
1		$(l^2 - c^2) \frac{q}{2l}$	$(l+c)^2 \frac{q}{2l}$	$\frac{A^2}{2q}$	$-\frac{qc^2}{2}$	$\left( \frac{l^2 - c^2}{2,4} \right) \frac{ql^2}{32EI}$
2		$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$	0	$\frac{ql^4}{76,8EI}$
3		$-\frac{qc^2}{2l}$	$\left( 1 + \frac{c}{2l} \right) qc$	$M_k$	$-\frac{qc^2}{2}$	$-\frac{ql^2 c^2}{32EI}$
4		$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fa}{l}$	$\frac{Fab}{l}$	0	$\left( \frac{l^2 - a^2}{16 - 12} \right) \frac{Fa}{EI}$ wenn $a \leq l/2$
5		$-\frac{Fa}{l}$	$\left( 1 + \frac{a}{l} \right) F$	$M_k$	$-Fa$	$-\frac{Fal^2}{16EI}$
6		$-\frac{M^e}{l}$	$\frac{M^e}{l}$	$-M^e$	$-M^e$	$-\frac{M^e l^2}{16EI}$
7		0	0	0	0	$\kappa^e l^2 / 8$
8		0	0	0	0	$-\kappa^e c^2 / 2$

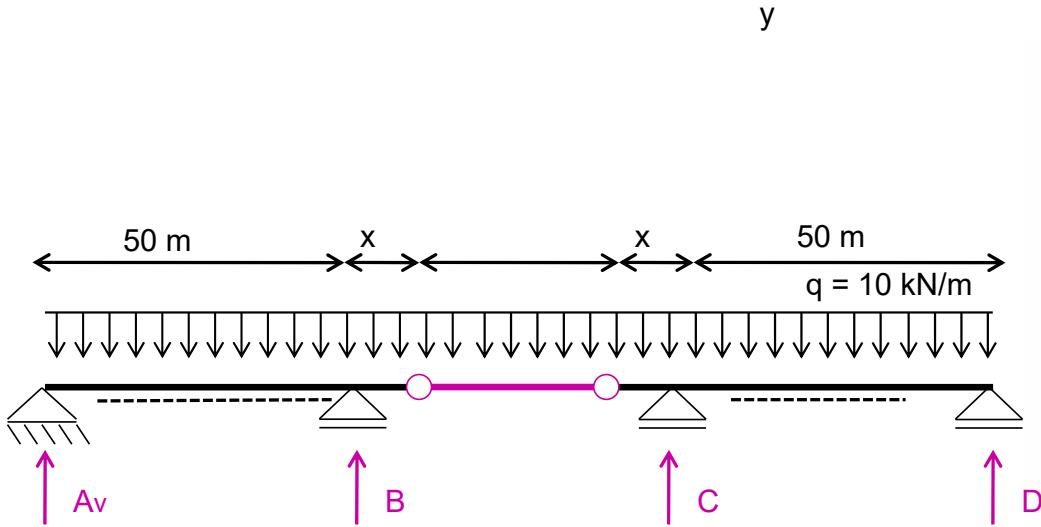
# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Beispiel: Gelenkträger



# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Beispiel: Gelenkträger

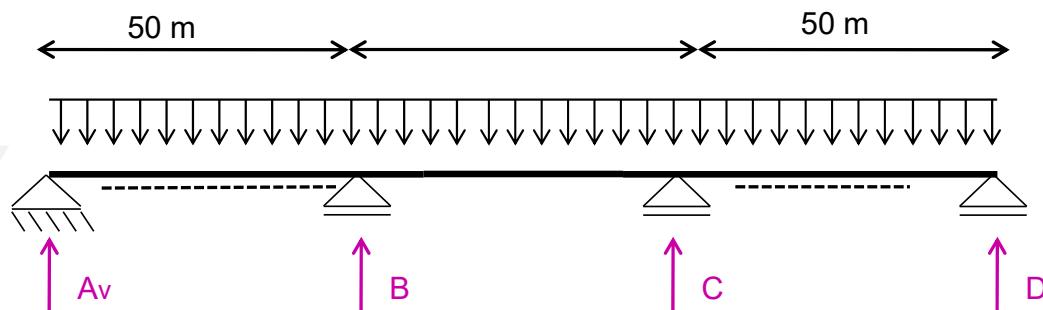


1.3 Gelenkträger (Gerberträger)<sup>1)</sup> mit Streckenlast  $q$

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

# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Beispiel: Durchlaufträger



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

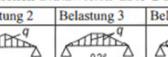
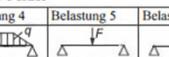


# Schnittkräfte | Ermittlung mit Tabellenwerken

- Beispiel: Durchlaufträger

## 1.4 Durchlaufträger<sup>1)</sup>

### 1.4.1 Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten über 2 bis 5 Felder<sup>2)</sup>

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

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

Lastfall	Kraftgrößen	Belastung 1						Belastung 2						Belastung 3						Belastung 4						Belastung 5						Belastung 6																																						
		Belastung 1			Belastung 2			Belastung 3			Belastung 4			Belastung 5			Belastung 6			Belastung 1			Belastung 2			Belastung 3			Belastung 4			Belastung 5			Belastung 6																																			
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3$ + - t + - t +	$M_1$	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	$M_4$	1,250	0,656	0,786	0,911	1,375	2,667	$M_5$	-0,625	-0,328	-0,393	-0,456	-0,688	-1,333																																			
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3$ + - t + - t +	$M_1$	0,096	0,063	0,076	0,085	0,205	0,278	$M_2$	0,031	-0,039	-0,077	-0,094	-0,167	-0,333	$M_3$	0,438	0,211	0,253	0,297	0,406	0,833	$M_4$	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167	$M_5$	1,100	0,563	0,674	0,785	1,150	2,267	$M_6$	0,500	0,250	0,300	0,350	0,500	1,000																												
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4$ + - t + - t + - t +	$M_1$	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	$M_4$	0,400	0,188	0,226	0,265	0,350	0,733	$M_5$	-0,600	-0,313	-0,374	-0,435	-0,650	-1,267	$M_6$	1,200	0,600	0,711	0,821	1,200	2,400																												
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4$ + - t + - t + - t +	$M_1$	0,101	0,069	0,089	0,099	0,213	0,289	$M_2$	-0,050	-0,032	-0,037	-0,047	-0,15	-0,133	$M_3$	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133	$M_4$	0,450	0,219	0,263	0,307	0,425	0,867	$M_5$	0,500	0,250	0,300	0,350	0,500	1,000	$M_6$	-0,117	-0,073	-0,087	-0,099	-0,175	-0,311																												
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4$ + - t + - t + - t +	$M_1$	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	$M_4$	-0,117	-0,073	-0,087	-0,099	-0,175	-0,311	$M_5$	-0,033	-0,021	-0,025	-0,029	-0,050	-0,089	$M_6$	1,200	0,626	0,749	0,871	1,300	2,533																												
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4$ + - t + - t + - t +	$M_1$	0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044	$M_2$	-0,067	-0,042	-0,050	-0,057	-0,100	-0,178	$M_3$	0,143	0,590	0,707	0,822	1,214	2,381	$M_4$	0,929	0,455	0,546	0,638	0,892	1,810	$M_5$	-0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044	$M_6$	0,929	0,455	0,546	0,638	0,892	1,810	$M_7$	-0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044	$M_8$	-0,083	-0,053	-0,062	-0,071	-0,125	-0,222														
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4 \ \Delta_E \ 5$ + - t + - t + - t + - t +	$M_1$	0,077	0,052	0,062	0,069	0,170	0,238	$M_2$	0,036	0,028	0,032	0,034	0,116	0,111	$M_3$	-0,107	-0,067	-0,080	-0,091	-0,161	-0,286	$M_4$	-0,071	-0,045	-0,053	-0,060	-0,107	-0,190	$M_5$	0,393	0,183	0,220	0,259	0,339	0,714	$M_6$	1,143	0,590	0,707	0,822	1,214	2,381	$M_7$	-0,607	-0,317	-0,380	-0,441	-0,661	-1,286	$M_8$	0,929	0,455	0,546	0,638	0,892	1,810	$M_9$	0,929	0,455	0,546	0,638	0,892	1,810	$M_{10}$	-0,464	-0,228	-0,273	-0,319	-0,446	-0,805
$\Delta_A \ 1 \ \Delta_B \ 2 \ \Delta_C \ 3 \ \Delta_D \ 4 \ \Delta_E \ 5$ + - t + - t + - t + - t +	$M_1$	0,100	0,067	0,079	0,088	0,210	0,286	$M_2$	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	$M_3$	-0,036	-0,023	-0,027	-0,031	-0,054	-0,095	$M_4$	0,446	0,217	0,260	0,298	0,420	0,857	$M_5$	0,080	0,056	0,065	0,071	0,183	0,222	$M_6$	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	$M_7$	-0,034	-0,023	-0,027	-0,031	-0,054	-0,095	$M_8$	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	$M_9$	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	$M_{10}$	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143

<sup>1)</sup> Ungünstige Laststellung siehe S. 4.20.

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