

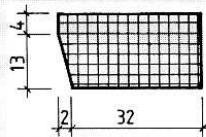
## Einheiten der Kraft

Die Kraft, mit der ein Körper zum Erdmittelpunkt hingezogen wird, heißt **Gewichtskraft**. Ihre gesetzliche Einheit ist **Newton N**. Gebräuchliche Vielfache von Newton sind **Kilonewton kN** und **Meganewton MN**. Nach Vorschlag des Fachnormenausschusses Bau soll Kilonewton verwendet werden, jedoch bei Zahlenwerten unter 0,1 sind Newton und über 1000 Meganewton einzusetzen.

$$\begin{aligned} 1 \text{ N} &= 0,001 \text{ kN} = 0,000001 \text{ MN} \\ 1 \text{ kN} &= 1000 \text{ N} = 0,001 \text{ MN} \\ 1 \text{ MN} &= 1000000 \text{ N} = 1000 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Beispiel:

Die dargestellte Blockstufe wird aus Stahlbeton mit einer Rohdichte von  $2400 \text{ kg/m}^3$  gefertigt. Ihre Länge misst  $1,10 \text{ m}$ . Es ist die Gewichtskraft in  $\text{kN}$  einer Stufe zu ermitteln.



Die Masse von Bauteilen und Baustoffen kann in Gewichtskräfte  $F_G$  umgerechnet werden. Die Umrechnung erfolgt, indem die Masse  $m$  in  $\text{kg}$  mit dem Faktor 10 multipliziert wird. Der neue Wert erhält die Einheit Newton. Der Faktor 10 ergibt sich aus der Fallbeschleunigung; sie beträgt aufgerundet  $10 \text{ m/s}^2$ .

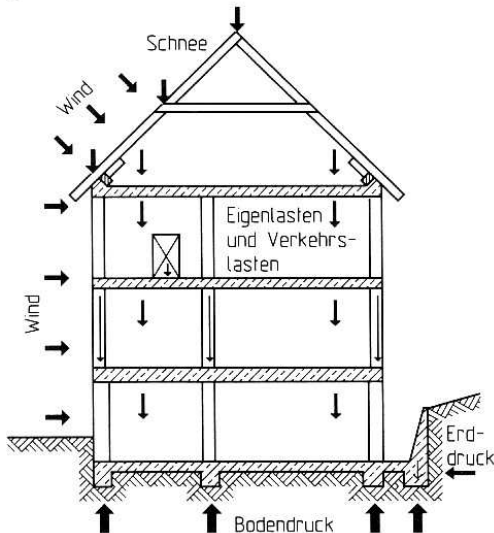
$$\begin{aligned} \text{Gewichtskraft in N} &= \text{Masse in kg} \cdot \text{Fallbeschleunigung in } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ F [\text{N}] &= m [\text{kg}] \cdot g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \\ \text{N} &\hat{=} \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

### Lösung:

$$\begin{aligned} A &= 4 \text{ cm} \cdot 34 \text{ cm} + \frac{32 \text{ cm} + 34 \text{ cm}}{2} \cdot 13 \text{ cm} \\ &= 565 \text{ cm}^2 \approx 0,057 \text{ m}^2 \\ V &= A \cdot h = 0,057 \text{ m}^2 \cdot 1,10 \text{ m} = 0,063 \text{ m}^3 \\ m &= V \cdot \rho = 0,063 \text{ m}^3 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 150,5 \text{ kg} \\ F_G &= 150,5 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1505 \text{ N} = \underline{1,505 \text{ kN}} \end{aligned}$$

## Lasten und Kräfte am Bau

Lasten sind Kräfte, die auf ein Bauwerk einwirken. Nach der Dauer der Lasteneinwirkung auf Bauwerke werden **ständige Lasten** und **Verkehrslasten** unterschieden.



**Ständige Lasten** sind unveränderlich, sie wirken ständig am Bau. Dazu gehören Eigenlasten der tragenden Bauteile wie Fundament, Wände, Pfeiler, Träger, De-

cken, Dächer, Treppen und die von ihnen aufzunehmenden Lasten wie Estriche, Fußbodenbeläge, Putze.

Die Eigenlast wird mit dem Buchstaben „ $g$ “ gekennzeichnet.

**Verkehrslasten** sind veränderliche oder bewegliche Lasten des Bauwerks. Sie können lotrecht, waagrecht oder schräg gerichtet sein. Lotrecht wirken Eigenlasten von Personen, Einrichtungen, Lagerstoffen, Fahrzeugen, Schnee. Waagrecht wirken Windlasten, Seitenkräfte an Geländern, Brüstungen und Gerüsten.

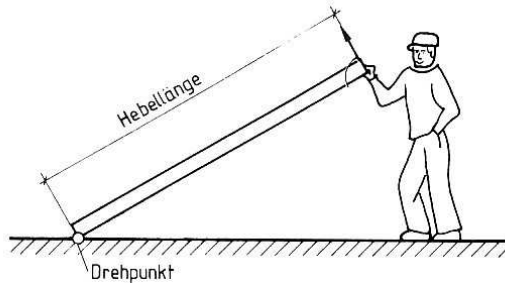
Verkehrslasten werden mit dem Buchstaben „ $p$ “ gekennzeichnet.

Die **Gesamtlast**, mit dem Buchstaben „ $q$ “ gekennzeichnet, ist gleich der Summe, aus Eigenlast und Verkehrslast.

$$\begin{aligned} \text{Gesamtlast} &= \text{Eigenlast} + \text{Verkehrslast} \\ \text{in } \text{kN/m}^2 & \quad \text{in } \text{kN/m}^2 \quad \text{in } \text{kN/m}^2 \\ q &= g + p \end{aligned}$$

Wirkt auf einen festen Körper eine Kraft, so kann eine Drehwirkung hervorgerufen werden. Wird z.B. ein Holzbalken an einem Ende hochgehoben, so entsteht eine Drehung um das andere Balkenende.

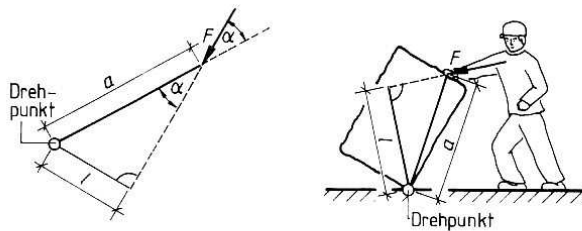
Der Balken kann in diesem Fall als **Hebel** bezeichnet werden, wobei die Balkenlänge der Hebellänge entspricht. Der **Drehpunkt** befindet sich am Balkenende, das am Boden verbleibt.



Das Produkt aus der Hebellänge und der **rechtwinklig** dazu angreifenden Kraft wird als **Drehmoment** (kurz: Moment) bezeichnet.

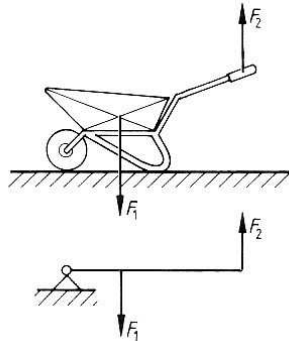
$$\text{Moment (kN m)} = \text{Kraft (kN)} \cdot \text{Hebellänge (m)}$$

Greift eine Kraft schräg an einem Hebel an, so entspricht die Hebellänge nicht der wahren Länge  $a$  des Hebels, sondern dem senkrechten Abstand  $l$  der Kraft-richtung vom Drehpunkt.

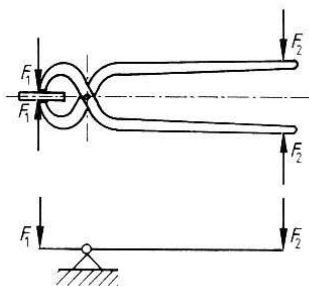


In der Technik wird der Hebel sehr häufig als Hilfsmittel verwendet.

Beispiel eines **einseitigen** Hebels



Beispiel eines **zwei-seitigen** Hebels

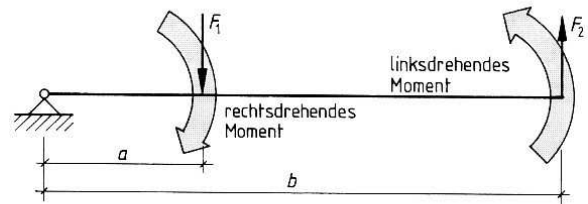


Befindet sich der Hebel im Gleichgewicht, so ist die Summe aller Momente um einen Drehpunkt gleich null ( $\Sigma M = 0$ ).

Die Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma M = 0$  wird auch als **Hebelgesetz** bezeichnet.

Dafür muss aber eine Vorzeichenregelung getroffen werden: Da die rechtsdrehenden (im Uhrzeigersinn drehenden) Momente entgegengesetzt zu den linksdrehenden wirken, müssen sie auch entgegengesetzte Vorzeichen erhalten.

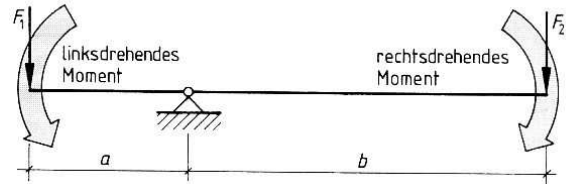
Sollen zum Beispiel die rechtsdrehenden Momente ein positives (+) Vorzeichen erhalten, so müssen die linksdrehenden Momente mit negativem (-) Vorzeichen in die Gleichung eingesetzt werden.



$$\text{rechtsdrehendes Moment} = F_1 \cdot a$$

$$\text{linksdrehendes Moment} = F_2 \cdot b$$

$$\Sigma M = 0; F_1 \cdot a - F_2 \cdot b = 0$$



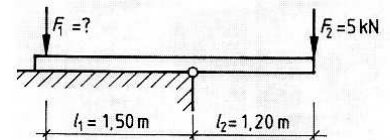
$$\text{rechtsdrehendes Moment} = F_2 \cdot b$$

$$\text{linksdrehendes Moment} = F_1 \cdot a$$

$$\Sigma M = 0; F_2 \cdot b - F_1 \cdot a = 0$$

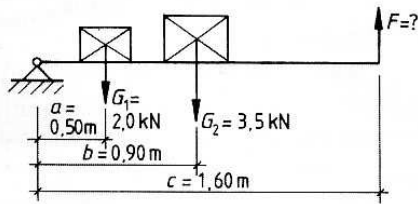
**Beispiel 1:**

Berechnen Sie die Befestigungskraft  $F_1$  am dargestellten Auslegergerüst.



**Beispiel 2:**

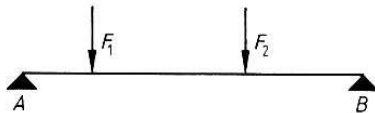
Welche Kraft  $F$  ist erforderlich, um den dargestellten Hebel im Gleichgewicht zu halten?



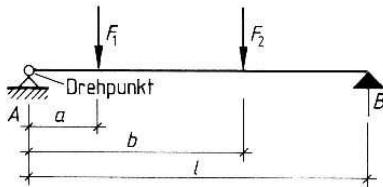
**Auflagerkräfte**

Sollen bei einem Träger auf zwei Stützen die Auflagerkräfte berechnet werden, so betrachtet man den Träger als Hebel, wobei eines der beiden Auflager als Drehpunkt angenommen wird.

Nach der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma M = 0$  muss die Summe der Momente aus den auf den Träger wirkenden Kräften und ihren dazugehörigen Hebellängen sowie dem Moment aus der Auflagerkraft und der Stützweite gleich null sein.



Wird der Drehpunkt A angenommen, so kann mit der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma M = 0$  die Auflagerkraft B berechnet werden.

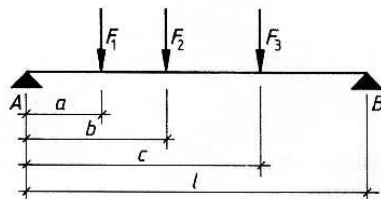


$$\Sigma M_{(A)} = 0; \quad F_1 \cdot a + F_2 \cdot b - B \cdot l = 0 \quad B = \frac{F_1 \cdot a + F_2 \cdot b}{l}$$

**Beispiel:**

Berechnen Sie die Auflagerkräfte A und B.

- $F_1 = 2,0 \text{ kN}$
- $F_2 = 3,0 \text{ kN}$
- $F_3 = 4,0 \text{ kN}$
- $a = 0,50 \text{ m}$
- $b = 0,90 \text{ m}$
- $c = 1,50 \text{ m}$
- $l = 2,10 \text{ m}$



**Lösung:**

Die Auflagerkraft A kann berechnet werden, indem man den Drehpunkt B annimmt.

Wird eine Auflagerkraft mit der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma M = 0$  ermittelt, so kann die zweite Auflagerkraft mit der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma V = 0$  errechnet werden.

Auch hier muss eine Vorzeichenregelung getroffen werden; die von oben nach unten wirkenden Kräfte müssen umgekehrte Vorzeichen erhalten als die von unten nach oben wirkenden Kräfte.

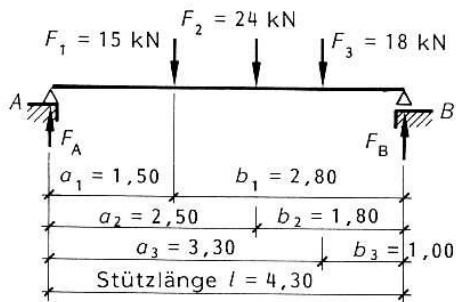
$$\Sigma V = 0; \quad F_1 + F_2 - A - B = 0$$

$$A = F_1 + F_2 - B$$

$$B = F_1 + F_2 - A$$

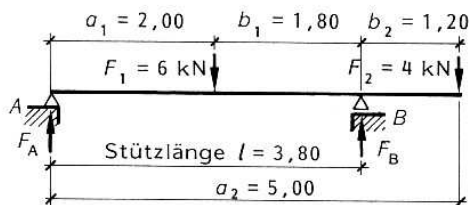
Die Kräfte A und B sind die Auflagerreaktionen, also jene Kräfte, die den Auflagerkräften (Aktionen) an den Auflagern gleich groß entgegenwirken.

Beispiel 1:  
Für den Balken sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  zu berechnen.



Lösung:

Beispiel 2:  
Für den Balken mit Kragarm sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  zu berechnen.



Lösung:

### Gleichstreckenlast

In der Praxis sind Träger (Balken) nicht gewichtslos, und sie werden auch nicht nur von Einzellasten beansprucht. Die Lasten sind vielfach gleichmäßig über die ganze Länge verteilt.

Bei der Berechnung der Auflagerkräfte muß deshalb mit der Gesamtbelastung  $q$  gerechnet werden, die sich aus der Eigenlast  $g$  des Bauteils und der Verkehrslast  $p$  (Möbel, Personen) zusammensetzt.  $q$ ,  $g$  und  $p$  sind hier längenbezogene Kräfte mit der Einheit kN/m. Die Gesamtbelastung wird auch Gleichstreckenlast genannt.

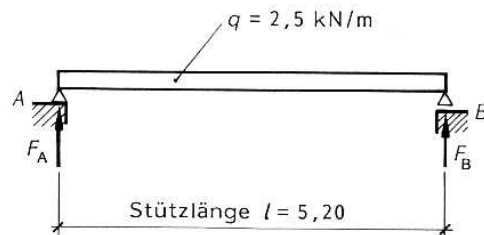
$$q = g + p$$

$$F = q \cdot l$$

Für die Berechnung wird die Gesamtbelastung  $q$  durch Multiplikation mit der Bauteillänge zu einer Einzellast  $F$  in kN zusammengefaßt, die im Schwerpunkt des Bauteils angreift.

Beispiel:

Die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  für den Balken sind zu berechnen.



Lösung:

### Berechnung von Auflagerkräften am Träger

Die Belastung eines Trägers kann durch Einzellasten  $F$ , z. B. durch Stützen, oder durch gleichmäßig verteilte Lasten, z. B. durch Decken, erfolgen. Gleichmäßig verteilte Lasten bezeichnet man als Streckenlasten. Eine Streckenlast  $q$  wird in  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ , ihre Länge  $c$  in m angegeben.

Streckenlasten werden für die Berechnung der Auflagerkräfte durch Einzellasten ersetzt. Die Einzellast, auch als Ersatzlast  $F_Q$  bezeichnet, ergibt sich aus dem Produkt der Streckenlast  $q$  und der Länge  $c$  der Streckenlast. Der Angriffspunkt der Ersatzlast wird in der Mitte der Länge  $c$  der Streckenlast angenommen (Schwerpunkt).

Auflagerkräfte werden berechnet, in dem man die äußeren Kräfte (Lasten), die auf den Träger wirken, mit den Auflagerkräften ins Gleichgewicht bringt.

#### Berechnung der Auflagerkraft $F_A$

Zur Berechnung der Auflagerkraft  $F_A$  stellt man sich den Träger als Hebel vor, dessen Drehpunkt im Auflager B liegt und ersetzt das Auflager A durch die Auflagerkraft  $F_A$  (**Bild 179/1**). Durch Anwendung der Gleichgewichtsbedingung erhält man die Größe der Auflagerkraft  $F_A$ .

#### Berechnung der Auflagerkraft $F_B$

Zur Berechnung der Auflagerkraft  $F_B$  stellt man sich den Drehpunkt im Auflager A vor und errechnet die Auflagerkraft  $F_B$  in gleicher Weise wie bei  $F_A$  (**Bild 179/2**).

#### Kontrollrechnung

Die Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma F_V = 0$  kann zur Kontrolle der Ergebnisse benutzt werden.

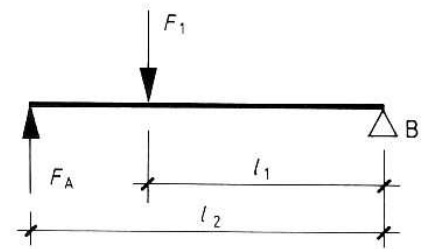
**Beispiel:** Ein Träger wird durch die Einzellast  $F_1 = 3 \text{ kN}$  belastet (**Bild 179/3**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

**Lösung:** Ermittlung der Auflagerkraft  $F_A$

$$\begin{aligned} (\Sigma M)_B &= 0 \\ F_A \cdot 6,00 \text{ m} - 3 \text{ kN} \cdot 2,00 \text{ m} &= 0 \\ F_A &= \frac{3 \text{ kN} \cdot 2,00 \text{ m}}{6,00 \text{ m}} \\ F_A &= 1 \text{ kN} \end{aligned}$$

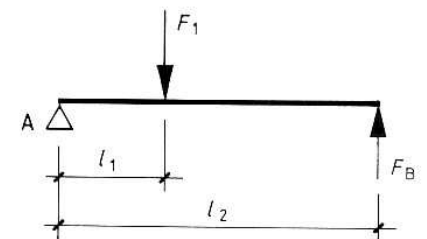
Ermittlung der Auflagerkraft  $F_B$

Kontrollrechnung



$$\begin{aligned} (\Sigma M)_B &= 0 \\ F_A \cdot l_2 - F_1 \cdot l_1 &= 0 \\ F_A &= \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} \end{aligned}$$

**Bild 179/1: Berechnung der Auflagerkraft  $F_A$**



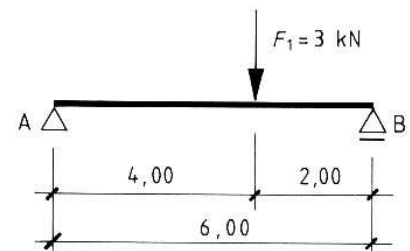
$$\begin{aligned} (\Sigma M)_A &= 0 \\ -F_B \cdot l_2 + F_1 \cdot l_1 &= 0 \\ F_B &= \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} \end{aligned}$$

**Bild 179/2: Berechnung der Auflagerkraft  $F_B$**

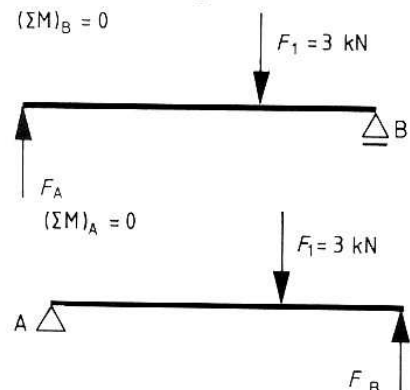
Kontrollrechnung

$$\Sigma F_V = 0$$

$$F_A + F_B - F_1 = 0$$



**Bild 179/3: Träger mit Einzellast**



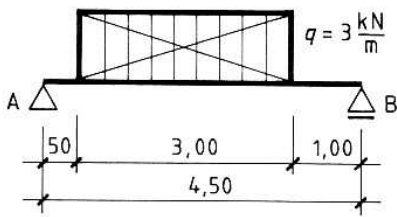


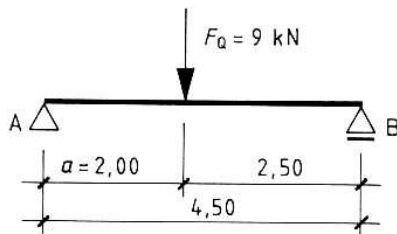
Bild 180/1: Träger mit Streckenlast

**Beispiel:** Ein Träger wird durch die Streckenlast  $q$  von  $3 \text{ kN/m}$  belastet (**Bild 180/1**).

- Wie groß ist die Ersatzlast  $F_Q$ ?
- Wie groß ist der Abstand  $a$  zwischen der Ersatzlast  $F_Q$  und dem Auflager  $A$ ?
- Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

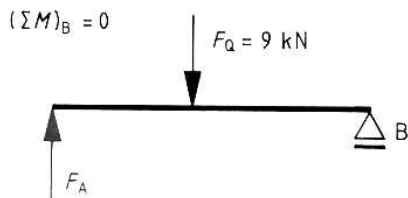
**Lösung:** a) Ermittlung der Ersatzlast  $F_Q$

$$F_Q = q \cdot c$$



b) Ermittlung des Abstandes  $a$

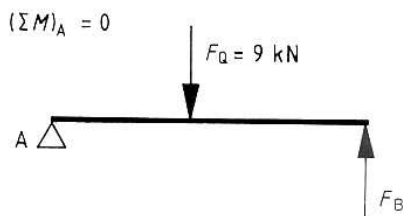
$$a = 0,50 \text{ m} + \frac{c}{2}$$



c) Ermittlung der Auflagerkraft  $F_A$

$$(\sum M)_B = 0$$

$$F_A \cdot 4,50 \text{ m} - 9 \text{ kN} \cdot 2,50 \text{ m} = 0$$



Ermittlung der Auflagerkraft  $F_B$

**Kontrollrechnung**

$$\sum F_V = 0$$

$$F_A + F_B - 9 \text{ kN} = 0$$

$$5 \text{ kN} + 4 \text{ kN} - 9 \text{ kN} = 0$$

**Beispiel:** Ein Träger mit Kragarm wird durch die Streckenlast  $q$  von  $2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  und der Einzellast  $F$  von  $10 \text{ kN}$  belastet (**Bild 180/2**).

- Wie groß ist die Ersatzlast  $F_Q$ ?
- Wie groß ist der Abstand  $a$  zwischen der Ersatzlast  $F_Q$  und dem Auflager  $A$ ?
- Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

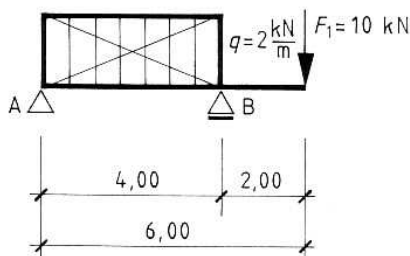


Bild 180/2: Träger mit Streckenlast und Einzellast

**Lösung:** a) Ermittlung der Ersatzlast  $F_Q$

$$F_Q = q \cdot c$$

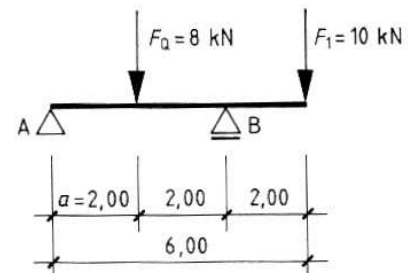
b) Ermittlung des Abstandes  $a$

$$a = \frac{c}{2}$$

c) Ermittlung der Auflagerkraft  $F_A$

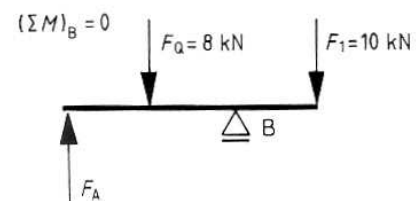
$$(\Sigma M)_B = 0$$

$$F_A \cdot 4,00\text{m} - 8\text{ kN} \cdot 2,00\text{m}$$



Das negative Vorzeichen bedeutet, dass die Auflagerkraft  $F_A$  von oben nach unten wirkt.

Ermittlung der Auflagerkraft  $F_B$

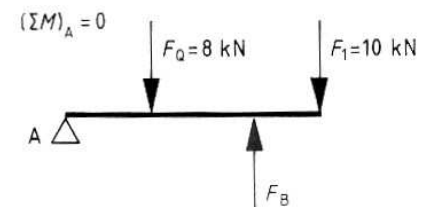


**Kontrollrechnung**

$$\Sigma F_V = 0$$

$$-F_Q - F_1 + F_A + F_B = 0$$

$$-8\text{ kN} - 10\text{ kN} - 1\text{ kN} + 19\text{ kN} = 0$$



**Beispiel:** Ein Träger mit Kragarm wird durch die Streckenlasten  $q_1$  und  $q_2$  sowie durch die horizontale Last  $F$  belastet (**Bild 181/1**). Das Auflager A kann horizontale Lasten aufnehmen.

a) Wie groß sind die Ersatzlasten  $F_{Q1}$  und  $F_{Q2}$ ?

b) Wie groß sind die Abstände  $a_1$  und  $a_2$  zwischen dem Auflager A und den Ersatzlasten?

c) Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_{AV}$ ,  $F_B$  und  $F_{AH}$ ?

**Lösung:** a) Ermittlung der Ersatzlasten

$$F_{Q1} = q_1 \cdot c_1$$

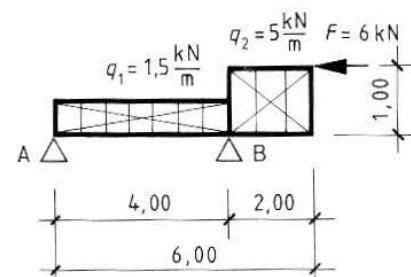
$$F_{Q2} = q_2 \cdot c_2$$

$$F_{Q1} = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4,00\text{m}$$

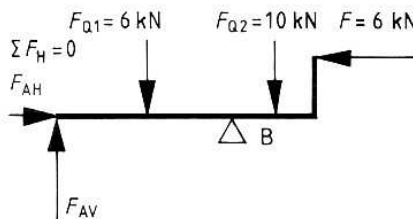
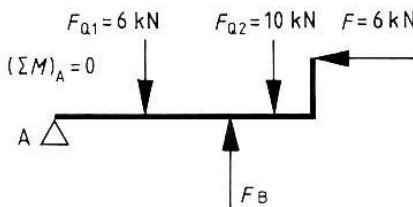
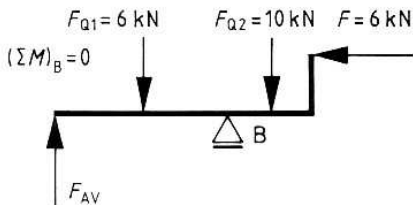
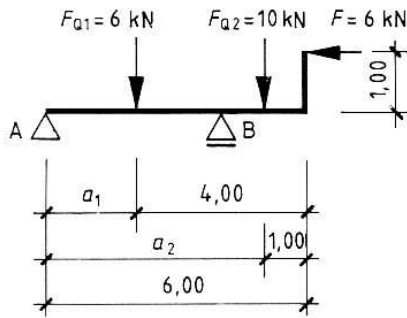
$$F_{Q2} = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2,00\text{m}$$

$$F_{Q1} = 6\text{ kN}$$

$$F_{Q2} = 10\text{ kN}$$



**Bild 181/1:** Träger mit zwei Strecklasten und Einzellast



b) Ermittlung der Abstände

$$a_1 = \frac{c_1}{2}$$

$$a_2 = c_1 + \frac{c_2}{2}$$

c) Ermittlung der Auflagerkraft  $F_{AV}$

$$(\Sigma M)_B = 0$$

$$0 = F_{AV} \cdot 4,00\text{m} - 6\text{ kN} \cdot 2,00\text{m} + 10\text{ kN} \cdot 1,00\text{m} - 6\text{ kN} \cdot 1,00\text{m}$$

Ermittlung der Auflagerkraft  $F_B$

$$(\Sigma M)_A = 0$$

$$0 = 6\text{ kN} \cdot 2,00\text{m} - F_B \cdot 4,00\text{m} + 10\text{ kN} \cdot 5,00\text{m} - 6\text{ kN} \cdot 1,00\text{m}$$

**Kontrollrechnung**

$$\Sigma F_V = 0$$

$$F_{AV} + F_B - F_{Q1} - F_{Q2} = 0$$

$$2\text{ kN} + 14\text{ kN} - 6\text{ kN} - 10\text{ kN} = 0$$

Ermittlung der Auflagerkraft  $F_{AH}$

$$\Sigma F_H = 0$$

$$F_{AH} - 6\text{ kN} = 0$$

$$F_{AH} = 6\text{ kN}$$

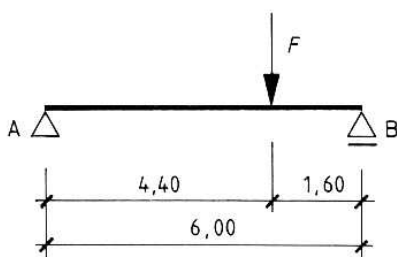


Bild 182/1: Träger mit Einzellast

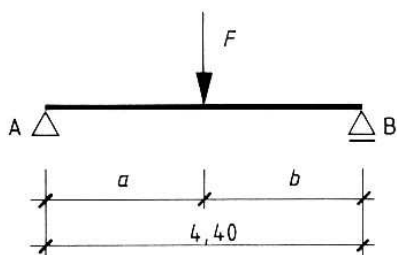


Bild 182/2: Träger mit Einzellast

### Aufgaben zu 8.5 Auflagerkräfte am Träger

- Die Last  $F$  von 8,5 kN wirkt mittig auf einen 4,20 m langen Träger. Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?
- Ein Träger auf zwei Stützen wird durch die Einzellast  $F$  von 15 kN (22 kN) belastet (**Bild 182/1**).
  - Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?  
Das Ergebnis ist durch Kontrollrechnung zu prüfen.
  - Wie groß kann die Einzellast  $F$  höchstens sein, wenn diese die Auflagerkraft  $F_A$  16,50 kN nicht überschreiten soll?
- Auf einen 4,40 m langen Träger wirkt die Last  $F$  von 5 kN (**Bild 182/2**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?
 

a) $a = 2,20\text{ m}$	b) $a = 2,20\text{ m}$	e) $a = 1,38\text{ m}$	b) $a = 3,02\text{ m}$
b) $a = 2,15\text{ m}$	b) $a = 2,25\text{ m}$	f) $a = 2,32\text{ m}$	b) $a = 2,08\text{ m}$
c) $a = 2,85\text{ m}$	b) $a = 1,55\text{ m}$	g) $a = 0,80\text{ m}$	b) $a = 3,60\text{ m}$
d) $a = 2,40\text{ m}$	b) $a = 2,00\text{ m}$	h) $a = 2,65\text{ m}$	b) $a = 1,75\text{ m}$

- 4 Ein Träger wird durch zwei Einzellasten  $F_1$  und  $F_2$  belastet (**Bild 183/1**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?
- a)  $a = 1,50$  m     $b = 2,50$  m    c)  $a = 1,75$  m     $b = 2,55$  m  
b)  $a = 1,20$  m     $b = 3,30$  m    d)  $a = 1,30$  m     $b = 3,20$  m
- 5 Die drei Einzellasten  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  belasten einen Träger (**Bild 183/2**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
$F_1$	2,5 kN	3,5 kN	4,2 kN	1,9 kN	8,6 kN	5,0 kN
$F_2$	11,0 kN	4,8 kN	6,2 kN	2,3 kN	4,9 kN	7,6 kN
$F_3$	4,0 kN	12,1 kN	9,7 kN	10,8 kN	12,0 kN	15,1 kN

- 6 Ein Träger wird durch vier Einzellasten  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  und  $F_4$  belastet (**Bild 183/3**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?
- 7 Ein Träger wird durch die Lasten  $F_1$  und  $F_2$  belastet (**Bild 183/4**). Die Kraft  $F_A$  am Auflager A beträgt 4 kN und die Kraft  $F_B$  am Auflager B 3,7 kN. Wie groß ist der Abstand  $a$  zwischen der Last  $F_1$  und dem Auflager A?

- 8 Auf einen Träger wirkt die Streckenlast  $q$  von  $2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  ( $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ ) (**Bild 183/5**).
- a) Wie groß ist die Ersatzlast  $F_Q$ ?
- b) Wie groß ist der Abstand  $a$  zwischen der Ersatzlast  $F_Q$  und dem Auflager A?
- c) Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?
- 9 Ein Träger wird durch die Streckenlasten  $q_1$  von  $8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  und  $q_2 = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  ( $4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ ) belastet (**Bild 183/6**). Wie groß sind die Auflagerkräfte bei A und B?

- 10 Die Streckenlasten  $q_1$ ,  $q_2$  und  $q_3$  wirken auf einen Träger (**Bild 183/7**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

	a)	b)	c)	d)	e)
$q_1$	4,0 kN/m	6,8 kN/m	5,2 kN/m	8,9 kN/m	4,5 kN/m
$q_2$	2,5 kN/m	4,7 kN/m	3,6 kN/m	5,4 kN/m	7,2 kN/m
$q_3$	5,5 kN/m	7,5 kN/m	2,8 kN/m	3,8 kN/m	8,5 kN/m

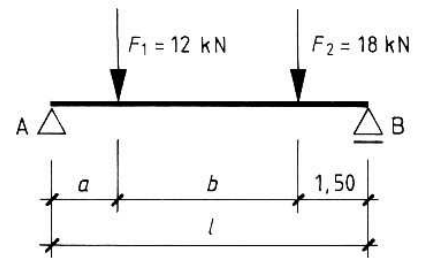


Bild 183/1: Träger mit zwei Einzellasten

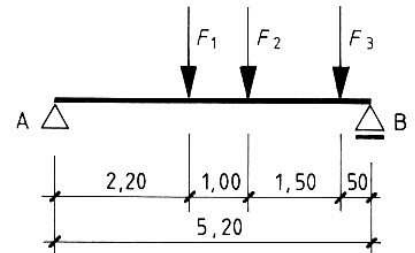


Bild 183/2: Träger mit drei Einzellasten

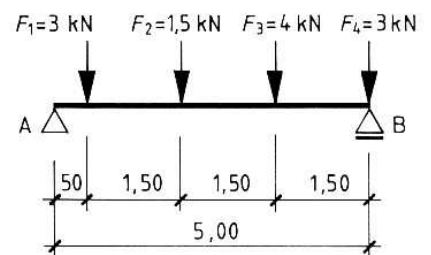


Bild 183/3: Träger mit vier Einzellasten

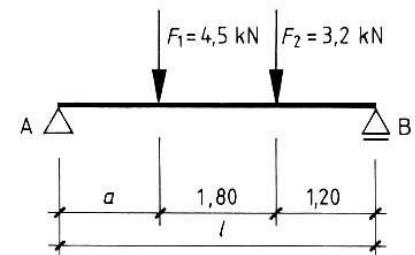


Bild 183/4: Träger mit zwei Einzellasten

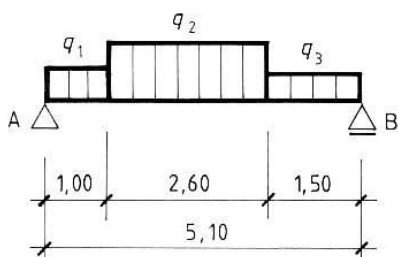


Bild 183/7: Träger mit drei Streckenlasten

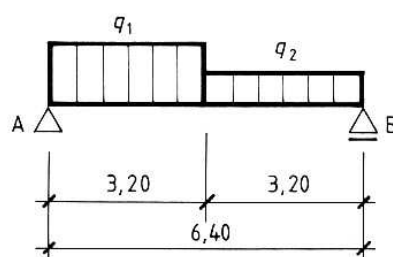


Bild 183/6: Träger mit zwei Streckenlasten

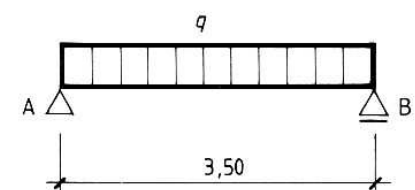


Bild 183/5: Träger mit Streckenlast

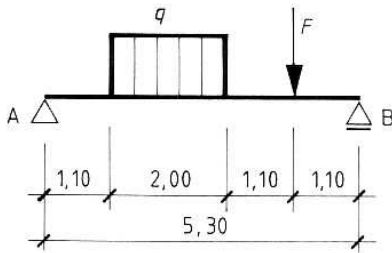


Bild 184/1: Träger mit Einzel- und Streckenlast

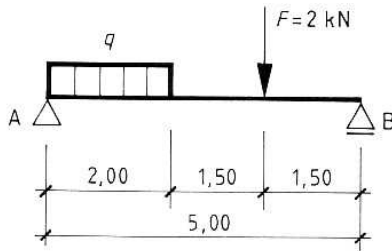


Bild 184/2: Träger mit Einzel- und Streckenlast

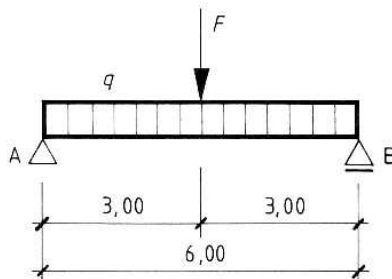


Bild 184/3: Träger mit Einzel- und Streckenlast

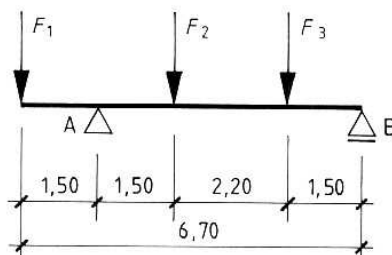


Bild 184/4: Träger mit Kragarm und 3 Einzellasten

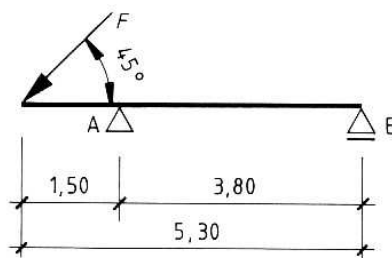


Bild 184/5: Kragträger mit schräg angreifender Einzellast

- 11 Die Einzellast  $F$  und die Streckenlast  $q$  belasten einen Träger (**Bild 184/1**). Welche Kräfte treten bei den Auflagern A und B auf?

	a)	b)	c)	d)	e)
$q$	4,0 kN/m	2,5 kN/m	6,0 kN/m	5,5 kN/m	8,0 kN/m
$F$	12,0 kN	8,0 kN	12,0 kN	10,4 kN	15,0 kN

- 12 Ein Träger wird durch die Streckenlast  $q$  und die Einzellast  $F$  belastet (**Bild 184/2**). Wie groß darf die Streckenlast  $q$  höchstens werden, wenn die Kraft  $F_A = 6$  kN nicht überschritten werden darf?

- 13 Ein Träger wird durch die Streckenlast  $q$  von  $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  ( $2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ ) und die Einzellast  $F$  belastet (**Bild 184/3**). Wie groß ist die Einzellast  $F_1$ , wenn die Auflager A und B jeweils durch 10,5 kN belastet werden?

- 14 Die drei Einzelkräfte  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  wirken auf einen Träger mit Kragarm (**Bild 184/4**). Wie groß sind die Kräfte bei den Auflagern A und B?

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
$F_1$	2,0 kN	4,5 kN	3,5 kN	12,0 kN	7,5 kN	9,8 kN
$F_2$	8,6 kN	11,0 kN	4,5 kN	9,0 kN	12,0 kN	15,0 kN
$F_3$	5,5 kN	6,5 kN	4,8 kN	11,2 kN	7,6 kN	13,3 kN

- 15 Ein Träger mit Kragarm wird durch die Einzellast  $F$  von 8 kN (12 kN) mit schrägem Lastangriff belastet (**Bild 184/5**). Das Auflager A kann horizontale und vertikale Lasten, das Auflager B nur vertikale Lasten aufnehmen. Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_{AH}$ ,  $F_{AV}$  und  $F_B$ ?

- 16 Ein Träger mit Kragarm wird durch die Streckenlast  $q$  von  $3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$  ( $4,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ ) und die Einzellasten  $F_1$  und  $F_2$  belastet (**Bild 184/6**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

- 17 Die beiden Einzellasten  $F_1$  und  $F_2$  sowie die beiden Streckenlasten  $q_1$  und  $q_2$  wirken auf einen Träger mit beidseitigem Kragarm (**Bild 184/7**). Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ ?

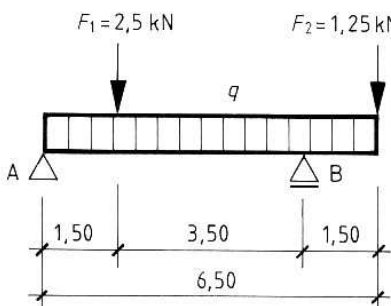


Bild 184/6: Kragträger mit Streckenlast und 2 Einzellasten

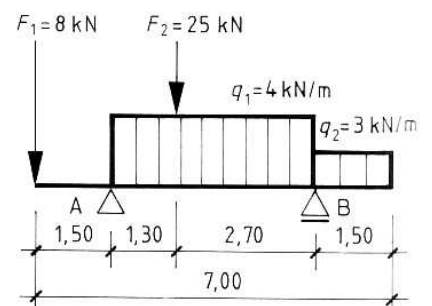
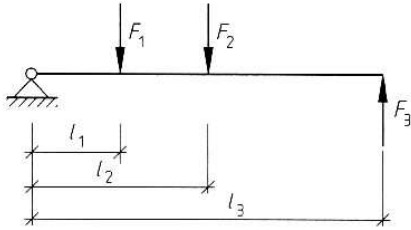


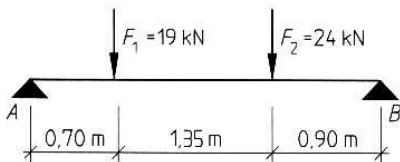
Bild 184/7: Kragträger mit 2 Strecken- und 2 Einzellasten

35.11 Berechnen Sie die fehlenden Größen.

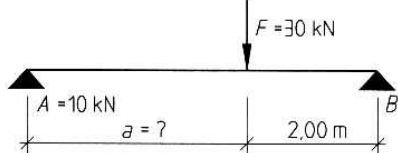


	a)	b)	c)	d)	e)	f)
$F_1$	?	10 N	1,8 MN	120 kN	8 N	0,7 MN
$l_1$	1,20 m	?	2,15 m	60 cm	20 cm	1,35 m
$F_2$	75 kN	35 N	?	60 kN	14 N	1,70 kN
$l_2$	1,40 m	35 cm	3,40 m	?	25 cm	180 cm
$F_3$	85 kN	20 N	2,4 MN	70 kN	?	0,4 MN
$l_3$	1,90 m	75 cm	4,15 m	1,80 m	35 cm	?

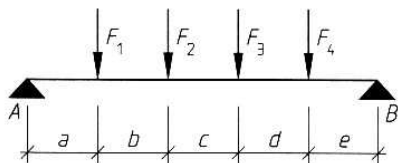
35.12 Für den dargestellten Träger sollen die Auflagerkräfte berechnet werden.



35.13 Berechnen Sie die Länge a.



35.14 Berechnen Sie die Auflagerkräfte bei A und B.



	a)	b)	c)	d)	e)
$F_1$	10 kN	2 kN	50 kN	5 N	1,5 MN
$F_2$	2 kN	1 kN	80 kN	9 N	5,5 MN
$F_3$	17 kN	6 kN	90 kN	3 N	7,9 MN
$F_4$	56 kN	6 kN	67 kN	3 N	6,1 MN
a	1 m	2,5 m	2 m	20 cm	5,7 m
b	0,7 m	1 m	1,5 m	15 cm	2,0 m
c	1,4 m	2,0 m	1,8 m	80 cm	2,8 m
d	2,2 m	3,7 m	2,9 m	1 m	4,3 m

35.15 Berechnen Sie die Auflagerkräfte.

