



INGTUTOR

Formelsammlung

TECHNISCHE MECHANIK

3. Auflage
07/2025

1

MIT ALLEN TABELLEN

INGTUTOR.DE

TECHNISCHE MECHANIK FORMELSAMMLUNGEN



AKTUELLE AUFLAGE KOSTENLOS DOWNLOADEN



KLICK MICH

KOSTENLOS DOWNLOADEN

[ingtutor.de](https://www.ingtutor.de)

Inhaltsverzeichnis

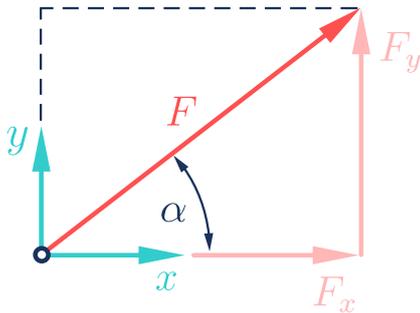
1	Kräfte, Momente und Streckenlasten	3
1.1	Kräftezerlegung	3
1.2	Drehmoment	3
1.3	Streckenlast	4
1.4	Ausgewählte Streckenlasten	4
2	Zentrales Kräftesystem	5
3	Schwerpunkte	6
3.1	Flächenschwerpunkte zusammengesetzter Teilflächen	6
3.2	Tabellenverfahren	7
3.3	Flächenschwerpunkte ausgewählter Flächen	7
3.4	Massen- und Volumenschwerpunkt	9
4	Lagerkräfte und Auflager	11
4.1	Gleichgewichtsbedingungen	11
4.2	Ausgewählte Lager	11
4.3	Statische Bestimmtheit von Lagerungen	12
5	Fachwerke und Stabkräfte	13
5.1	Vorzeichenkonvention und Nomenklatur	13
5.2	Nullstabregeln (offensichtliche Nullstäbe)	13
5.3	Innere statische Bestimmtheit eines Fachwerks	13
5.4	Knotenschnittverfahren, Knotenpunktverfahren	14
5.5	Ritterschnittverfahren	14
6	Schnittgrößen	15
6.1	Vorzeichenkonvention und Schnittufer	15
6.2	Schnittgrößenverläufe für Standardfälle	15
6.3	Schnittgrößen-DGL	16
6.4	Randbedingungen	16
7	Haftung und Reibung	17
7.1	Haftungskraft (Reibungskraft)	17
7.2	Seilhaftung und Seilreibung (Euler-Eytelwein-Gleichung)	17
8	Mathematische Grundlagen	19
	Tabelle zur Schwerpunktberechnung	20



Kräfte, Momente und Streckenlasten

Kräftezerlegung

Kräfte lassen sich in den Richtungen des x-y-Koordinatensystems zerlegen:



$$F_x = F \cdot \cos(\alpha)$$

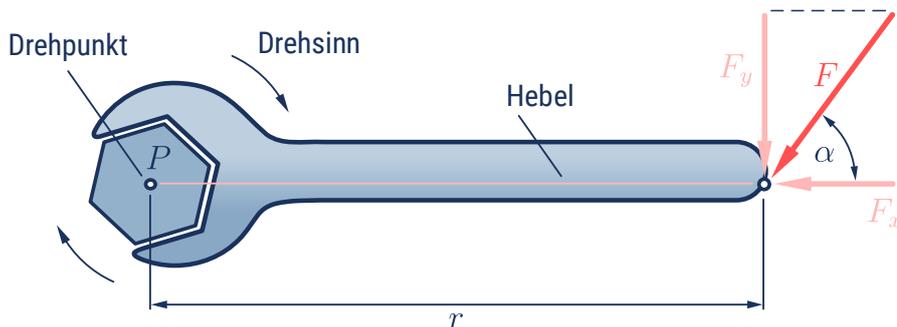
$$F_y = F \cdot \sin(\alpha)$$

Hinweis: In manchen Fällen ist es sinnvoller oder gar notwendig, die Kraft bezüglich eines anderen Koordinatensystems zu zerlegen. In solchen Fällen ist die Kräftezerlegung zwingend mithilfe einer Skizze durchzuführen.

Drehmoment

Kräfte, die auf einen Hebel einwirken, erzeugen ein Drehmoment um den Drehpunkt. Das Moment berechnet sich mit:

$$M = F \cdot r$$



- 1) Die Formel für das Drehmoment gilt nur, wenn F und r senkrecht zueinander stehen. Ist dies nicht der Fall, dann ist die Kraft wie in der Abbildung zu zerlegen. Hier wird dann klar, dass nur der y-Anteil ein Moment erzeugt.
- 2) Zeigt eine Kraft (wie in diesem Fall F_x) auf den Drehpunkt, dann erzeugt sie kein Drehmoment (der Schraubenschlüssel dreht sich nicht).
- 3) Ein Drehmoment hat einen Drehsinn. Eine Drehrichtung gegen den Uhrzeigersinn wird positiv definiert. Das Drehmoment hat dann ein positives Vorzeichen. Drehrichtungen im Uhrzeigersinn sind negativ definiert.

ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Zwischentest (Schnittgrößen)
Zeitlimit: 00:15:39

Fragen: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Schnittgrößen (Teil 6)
Gegeben ist ein fest-losgelagerter Balken, der durch eine konstante Streckenlast und durch eine Einzellast belastet wird. Außerdem sind 4 Momentenverläufe für den gesamten Balken vorgegeben. Kreuzen den richtigen Momentenverlauf an.

1 2
3 4
 Der zugehörige Momentenverlauf ist nicht mit dabei

[zurück](#) [weiter](#)

- ✓ 8 Zwischentests
- ✓ Abschlussklausur
- ✓ Reale Testbedingungen
- ✓ Tests nach jedem Kapitel



LOSLEGEN

ingtutor.de



www.ingtutor.de

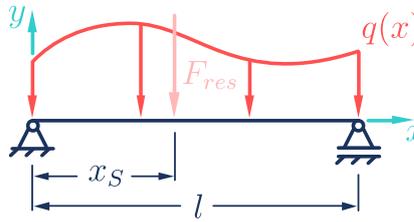
Streckenlast

Strecken- oder Linienlasten sind verteilte Lasten: Anstatt dass eine Last punktuell einwirkt (Einzelkraft), verteilt sie sich über eine bestimmte Länge.

Für Streckenlasten mit beliebiger Funktion $q(x)$ gilt:

$$F_{res} = \int_0^l q(x) dx$$

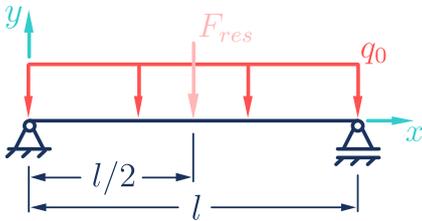
$$x_S = \frac{\int_0^l q(x) x dx}{\int_0^l q(x) dx} = \frac{\int_0^l q(x) x dx}{F_{res}}$$



Hinweis: Die resultierende Kraft entspricht stets dem Flächeninhalt der Streckenlast. Die resultierende Kraft greift dort an, wo sich der „Flächenschwerpunkt“ der Streckenlast befindet.

Ausgewählte Streckenlasten

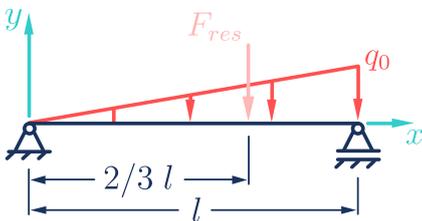
Rechtecklast, konstante Streckenlast



$$F_{res} = q_0 l$$

$$q(x) = q_0$$

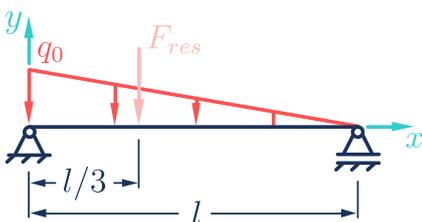
Dreieckslast (steigend)



$$F_{res} = \frac{1}{2} q_0 l$$

$$q(x) = \frac{q_0}{l} x$$

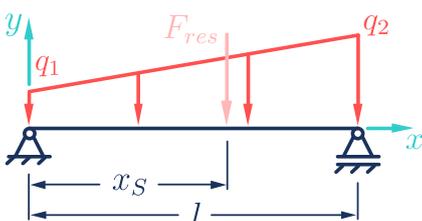
Dreieckslast (fallend)



$$F_{res} = \frac{1}{2} q_0 l$$

$$q(x) = q_0 - \frac{q_0}{l} x$$

Trapezlast, trapezförmige Streckenlast



$$F_{res} = \frac{q_1 + q_2}{2} l$$

$$x_S = \frac{2q_2 + q_1}{3(q_2 + q_1)} l$$

$$q(x) = \frac{q_2 - q_1}{l} x + q_1$$

ONLINEKURS

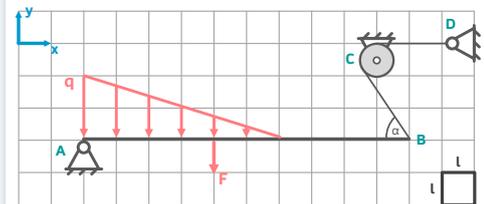
TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 46% IN BEARBEITUNG

Aufgabe 9

Eine kleine Fußgängerbrücke ist in Punkt A drehbar gelagert. In Punkt B wird die Brücke über ein Seil gehalten. Dieses Seil wird über eine Umlenkrolle, die in Punkt C drehbar gelagert ist, geführt und in Punkt D festgehalten. Um die Brücke anzuheben, kann das Seil in Punkt D eingezogen werden. Der Balken sei masselos, das Seil dehntarr und ebenfalls masselos. Die Umlenkrolle ist reibungsfrei gelagert und der Radius der Rolle kann vernachlässigt werden.

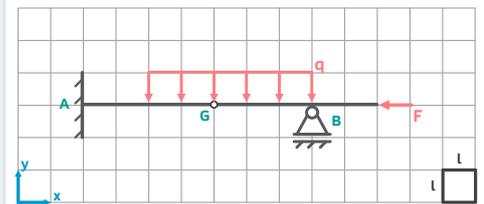
- Ist das System statisch bestimmt?
- Bestimme die Kraft im Seil.
- Bestimme die Lagerkräfte des Lagers A.
- Welche Kräfte wirken im Lager C und welche im Lager D?
- Die maximale Tragfähigkeit des Seils beträgt 2250 kg. Wie groß darf die Kraft F maximal sein, damit das Seil nicht reißt?



+ Lösung einblenden

Aufgabe 10

Das mehrteilige Tragwerk wird axial und quer belastet. Es sind die Auflagerreaktionen und Gelenkkräfte zu ermitteln. Ist das System statisch bestimmt?



+ Lösung einblenden

- ✓ kein Vorwissen nötig
- ✓ einfach erklärt
- ✓ ausführliche Lösungen
- ✓ Erklärungen bis ins Detail



LOSLEGEN

ingtutor.de



Zentrales Kräftesystem

Bei einem zentralen Kräftesystem (=ZKS) zeigen alle Kräfte auf einen gemeinsamen Punkt bzw. die Wirkungslinien aller Kräfte gehen durch einen gemeinsamen Punkt durch. Die Kräfte eines ZKS lassen sich zu einer einzigen Kraft – der sogenannten resultierenden Kraft – zusammenfassen.

Die resultierende Kraft eines ZKS lässt sich wie folgt bestimmen:

Komponenten der resultierenden Kraft:

$$F_{res,x} = \sum F_x = F_{1,x} + F_{2,x} + \dots$$

$$F_{res,y} = \sum F_y = F_{1,y} + F_{2,y} + \dots$$

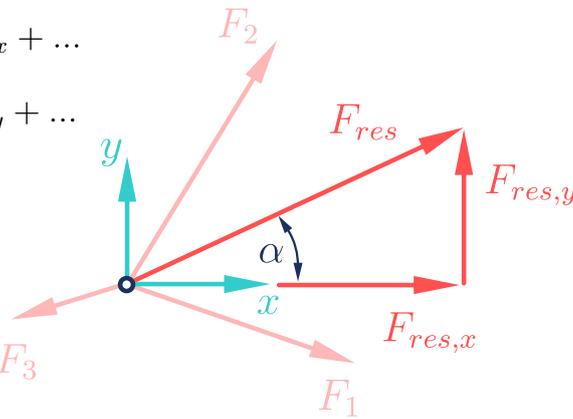
Betrag der resultierenden Kraft:

$$F_{res} = \sqrt{F_{res,x}^2 + F_{res,y}^2}$$

Richtung der resultierenden Kraft:

$$\tan(\alpha) = \frac{F_{res,y}}{F_{res,x}}$$

Hinweis: Ein ZKS kann auch „zentrale Kräftegruppe“ genannt werden.



ONLINEKURS TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 72% Login

Aufgabe2
Für das gegebene Fachwerk sind alle Stabkräfte zu ermitteln.

+ Lösung einblenden

Aufgabe3
Das ebene Fachwerk, bestehend aus 13 Stäben und 8 Knoten, ist festlos-gelagert und wird durch vier Kräfte wie abgebildet belastet.

- Bestimme die Lagerkräfte.
- Prüfe die statische Bestimmtheit des Fachwerks.
- Identifiziere alle offensichtlichen Nullstäbe.
- Bestimme die Stabkräfte des Stabes 9.
- Bestimme die Stabkräfte der Stäbe 1-6.

+ Lösung einblenden

- ✓ 45 Aufgaben
- ✓ Ausführlich vorgerechnet
- ✓ Step-by-step erklärt
- ✓ Wie im Tutorium



KLICK MICH

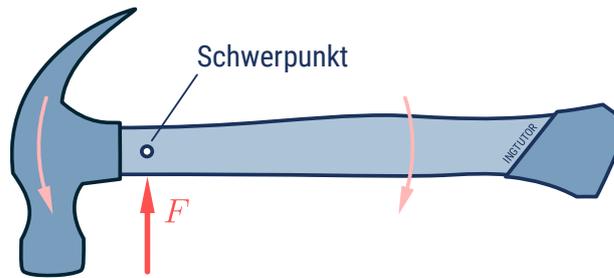
LOSLEGEN

ingtutor.de



Schwerpunkte

Der Schwerpunkt ist der Punkt, an dem man den Finger platzieren muss, um den Körper oder Fläche zu balancieren.



Bei dem abgebildeten Hammer liegt der Schwerpunkt logischerweise in der Nähe des schweren Kopfes. Sobald man den Schwerpunkt mit dem Finger stützt, gleichen sich die Momente auf der linken und rechten Seite aus, sodass der Körper nicht kippt.

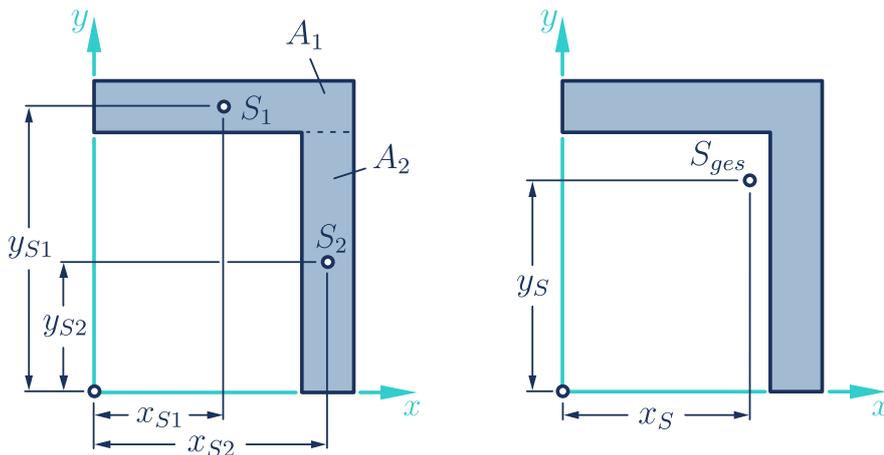
Flächenschwerpunkte zusammengesetzter Teilflächen

Allgemeine Form:

$$x_S = \frac{\sum x_{Si} A_i}{\sum A_i}, \quad y_S = \frac{\sum y_{Si} A_i}{\sum A_i}$$

Für die abgebildete Fläche:

$$x_S = \frac{x_{s1} A_1 + x_{s2} A_2}{A_1 + A_2}, \quad y_S = \frac{y_{s1} A_1 + y_{s2} A_2}{A_1 + A_2}$$



- 1) Der Schwerpunkt kann auch außerhalb des Körpers bzw. der Fläche liegen.
- 2) Schwerpunktkoordinaten können negative Werte annehmen. Verschiebt man z.B. das Koordinatensystem wie in der unteren rechten Abb. dargestellt, dann wird die x-Koordinate der Teilflächen und der Gesamtfläche negativ.
- 3) Teilflächen können je nach Zerlegung negative Werte annehmen. So kann die oben dargestellte Fläche, wie links unten dargestellt, in zwei Rechtecke zerlegt werden. Das kleine Rechteck ist dabei negativ.



ONLINEKURS

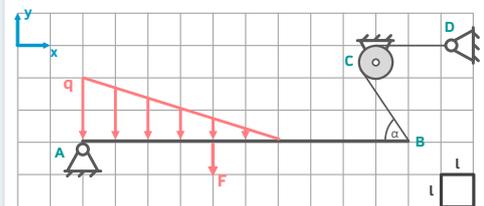
TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 46% IN BEARBEITUNG

Aufgabe 9

Eine kleine Fußgängerbrücke ist in Punkt A drehbar gelagert. In Punkt B wird die Brücke über ein Seil gehalten. Dieses Seil wird über eine Umlenkrolle, die in Punkt C drehbar gelagert ist, geführt und in Punkt D festgehalten. Um die Brücke anzuheben, kann das Seil in Punkt D eingezogen werden. Der Balken sei masselos, das Seil dehnstarr und ebenfalls masselos. Die Umlenkrolle ist reibungsfrei gelagert und der Radius der Rolle kann vernachlässigt werden.

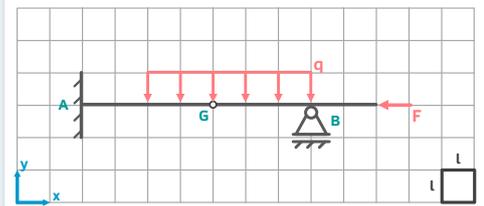
- Ist das System statisch bestimmt?
- Bestimme die Kraft im Seil.
- Bestimme die Lagerkräfte des Lagers A.
- Welche Kräfte wirken im Lager C und welche im Lager D?
- Die maximale Tragfähigkeit des Seils beträgt 2250 kg. Wie groß darf die Kraft F maximal sein, damit das Seil nicht reißt?



+ Lösung einblenden

Aufgabe 10

Das mehrteilige Tragwerk wird axial und quer belastet. Es sind die Auflagerreaktionen und Gelenkkräfte zu ermitteln. Ist das System statisch bestimmt?



+ Lösung einblenden

- ✓ kein Vorwissen nötig
- ✓ einfach erklärt
- ✓ ausführliche Lösungen
- ✓ Erklärungen bis ins Detail



LOSLEGEN

ingtutor.de



Tabellenverfahren

Schwerpunkte von zusammengesetzten Körpern oder Flächen lassen sich mithilfe einer Tabelle systematisch bestimmen:

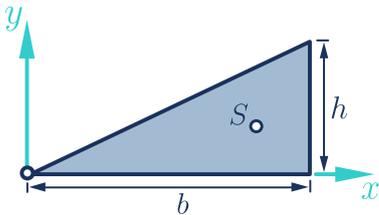
$$x_S = \frac{\sum x_{Si} A_i}{\sum A_i}, \quad y_S = \frac{\sum y_{Si} A_i}{\sum A_i}$$

i	A	x_s	y_s	$x_s \cdot A$	$y_s \cdot A$
1					
2					
...					
Σ	ΣA_i	/	/	$\Sigma x_{si} \cdot A_i$	$\Sigma y_{si} \cdot A_i$

Im [Anhang](#) befindet sich eine Vorlage zum Drucken und Ausfüllen.

Flächenschwerpunkte ausgewählter Flächen

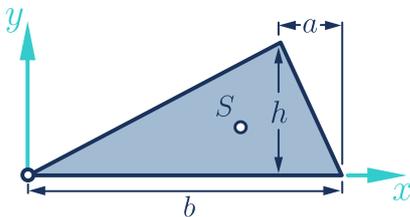
Rechtwinkliges Dreieck



$$x_S = \frac{b}{3}, \quad y_S = \frac{h}{3}$$

$$A = \frac{bh}{2}$$

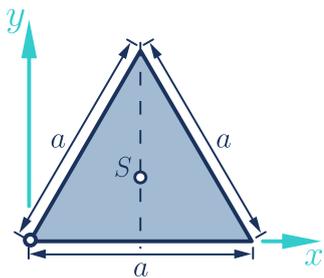
Allgemeines Dreieck



$$x_S = \frac{2b-a}{3}, \quad y_S = \frac{h}{3}$$

$$A = \frac{bh}{2}$$

Gleichseitiges Dreieck

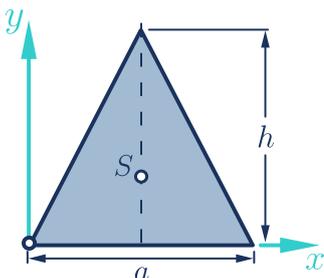


$$x_S = \frac{a}{2}, \quad y_S = \frac{\sqrt{3}}{6} a$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$$

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} a$$

Gleichschenkliges Dreieck



$$x_S = \frac{a}{2}, \quad y_S = \frac{h}{3}$$

$$A = \frac{ah}{2}$$

ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 26% IN BEARBEITUNG

Aufgabe 8

Gegeben ist ein Balken mit Fest-Los-Lagerung, der durch eine Dreieckslast und an seinem rechten Ende durch ein Einzelmoment belastet wird.

- Bestimme die Lagerkräfte
- Bestimme die Schnittgrößen
- Bestimme das maximale Moment und die zugehörige Stelle.
- Zeichne die Schnittgrößenverläufe

$q = 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}, \quad M_B = 30 \text{ kNm}, \quad l = 1 \text{ m}, \quad \alpha = 45^\circ$

— Lösung:

- ✓ 45 Lösungsvideos
- ✓ 23 Theorievideos
- ✓ Erklärt in einfachen Worten
- ✓ Ausführlich vorgerechnet



KLICK MICH

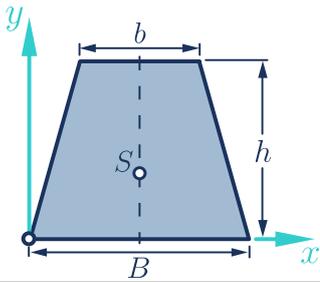
LOSLEGEN

ingtutor.de



Flächenschwerpunkte ausgewählter Flächen (Fortsetzung)

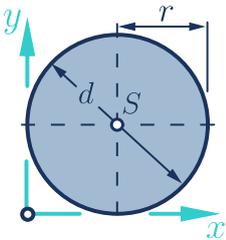
Trapez



$$x_S = \frac{B}{2}, \quad y_S = \frac{h}{3} \frac{B+2b}{B+b}$$

$$A = \frac{B+b}{2} h$$

Vollkreis

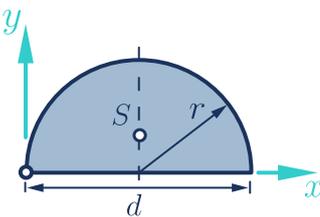


$$x_S = y_S = r = \frac{d}{2}$$

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = 2r, \quad \pi \approx 3,14$$

Halbkreis

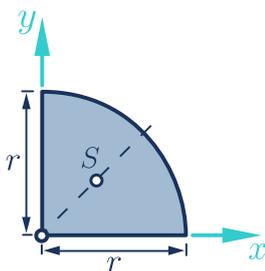


$$x_S = r = \frac{d}{2}, \quad y_S = \frac{4r}{3\pi} = \frac{2d}{3\pi}$$

$$A = \frac{\pi}{2} r^2 = \frac{\pi}{8} d^2$$

$$d = 2r, \quad \pi \approx 3,14$$

Viertelkreis

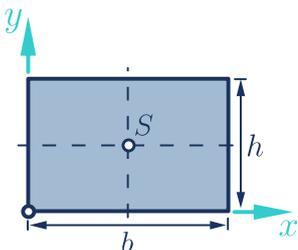


$$x_S = y_S = \frac{4r}{3\pi} = \frac{2d}{3\pi}$$

$$A = \frac{\pi}{4} r^2 = \frac{\pi}{16} d^2$$

$$d = 2r, \quad \pi \approx 3,14$$

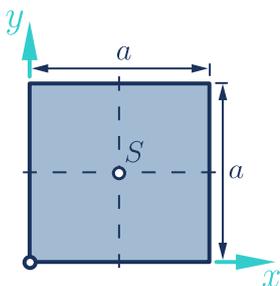
Rechteck



$$x_S = \frac{b}{2}, \quad y_S = \frac{h}{2}$$

$$A = b h$$

Quadrat



$$x_S = y_S = \frac{a}{2}$$

$$A = a^2$$

ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Login

Technische Mechanik 1

Fortschritt 39% IN BEARBEITUNG

v alles ausklappen

- **Grundbegriffe**
6 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Zentrales Kräftesystem**
5 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Allgemeines Kräftesystem**
4 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Schwerpunkte**
4 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Lagerreaktionen**
6 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Fachwerke**
6 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Schnittgrößen**
5 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- **Haftung und Reibung**
2 Themen | 1 Test ✔ ausklappen
- 📄 **Klausur**

- ✔ 8 Kapitel
- ✔ 8 Zwischentests
- ✔ Abschlussklausur
- ✔ Theorie und Übungsaufgaben



LOSLEGEN

ingtutor.de



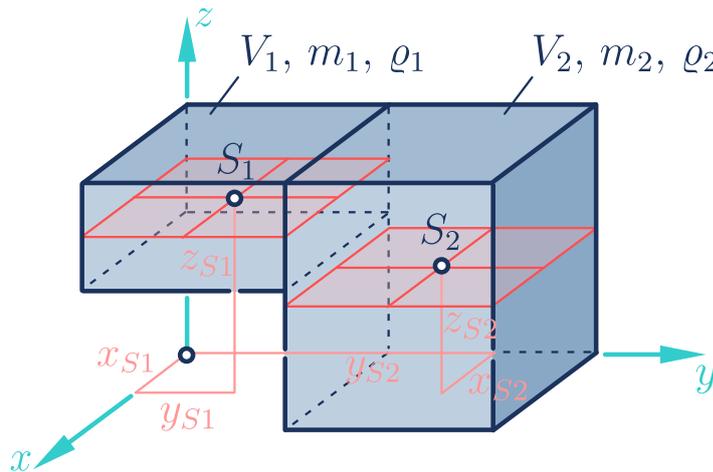
Massen- und Volumenschwerpunkt

Volumenschwerpunkt (allgemeine Form):

$$x_S = \frac{\sum x_{Si} V_i}{\sum V_i}, \quad y_S = \frac{\sum y_{Si} V_i}{\sum V_i}, \quad z_S = \frac{\sum z_{Si} V_i}{\sum V_i}$$

Massenschwerpunkt (allgemeine Form):

$$x_S = \frac{\sum x_{Si} m_i}{\sum m_i}, \quad y_S = \frac{\sum y_{Si} m_i}{\sum m_i}, \quad z_S = \frac{\sum z_{Si} m_i}{\sum m_i}$$



Für den abgebildeten Körper – bestehend aus 2 Teilkörpern – gilt:

Volumenmittelpunkt

$$x_S = \frac{x_{S1} V_1 + x_{S2} V_2}{V_1 + V_2}$$

$$y_S = \frac{y_{S1} V_1 + y_{S2} V_2}{V_1 + V_2}$$

$$z_S = \frac{z_{S1} V_1 + z_{S2} V_2}{V_1 + V_2}$$

Massenmittelpunkt

$$x_S = \frac{x_{S1} m_1 + x_{S2} m_2}{m_1 + m_2}$$

$$y_S = \frac{y_{S1} m_1 + y_{S2} m_2}{m_1 + m_2}$$

$$z_S = \frac{z_{S1} m_1 + z_{S2} m_2}{m_1 + m_2}$$

- 1) Bei gegebener Dichte ρ beträgt die Masse $m = \rho V$
- 2) Volumen- und Massenschwerpunkte lassen sich grundsätzlich genauso berechnen wie Flächenschwerpunkte (Tabelle ebenfalls möglich).
- 3) Bei Körpern, bei denen alle Teilkörper dieselbe Dichte haben, sind Volumen- und Massenmittelpunkt identisch. Liegen unterschiedliche Dichten vor, dann verschiebt sich der Massenmittelpunkt ([siehe Beispiel mit dem Hammer](#)).
- 4) Genauso wie bei Flächenschwerpunkten kann es auch hier je nach Zerlegung zu negativen Koordinaten, Volumina und/oder Massen kommen.



Login

Fortschritt

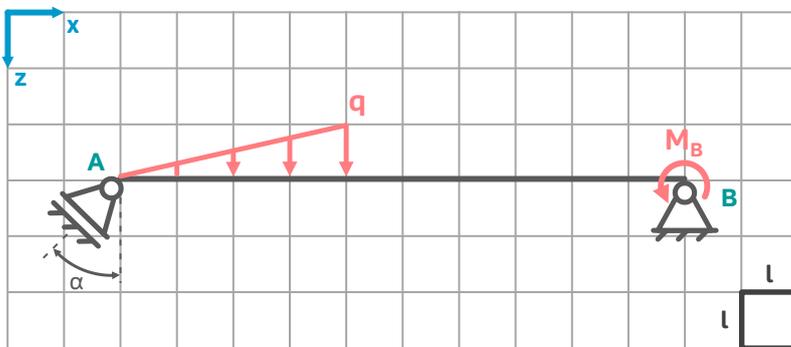
26%

IN BEARBEITUNG

Aufgabe 8

Gegeben ist ein Balken mit Fest-Los-Lagerung, der durch eine Dreieckslast und an seinem rechten Ende durch ein Einzelmoment belastet wird.

- a. Bestimme die Lagerkräfte.
- b. Bestimme die Schnittgrößen
- c. Bestimme das maximale Moment und die zugehörige Stelle.
- d. Zeichne die Schnittgrößenverläufe.



$$q = 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}, \quad M_B = 30 \text{ kNm}, \quad l = 1 \text{ m}, \quad \alpha = 45^\circ$$

— Lösung:

Beispiel $0 < x_1 < 4l$

$$\frac{h}{4l} = \frac{h}{x_1}$$

$$\rightarrow h = \frac{q}{4l} \cdot x_1$$

$$A = \frac{1}{2} x_1 \cdot h = \frac{1}{2} x_1 \cdot \frac{q}{4l} \cdot x_1 = \frac{q}{8} x_1^2 = \frac{q}{8} x_1^2 - x_1^2 = A_1 = \dots$$

-52:33

ONLINEKURS TECHNISCHE MECHANIK I

- ✓ Bis ins Detail vorgerechnet
- ✓ Alle wichtigen Sonderfälle und Fettnäpfchen abgedeckt
- ✓ Lerntempo selbst bestimmen
- ✓ Einfach gehaltene Lösungsvideos und Theorievideos
- ✓ Ohne Vorwissen einsteigen
- ✓ Keine bösen Überraschungen in der Klausur



KLICK MICH

LOSLEGEN

ingtutor.de

Lagerkräfte und Auflager

Gleichgewichtsbedingungen

In der Statik (also in TM1) befindet sich ein Körper grundsätzlich in Ruhe, also im sog. statischen Gleichgewicht. Damit sind nach dem Newtonschen Gesetz die **Summe aller auf den Körper einwirkenden Kräfte und Momente gleich null**. Dieser Umstand wird zur Berechnung der Lagerreaktionen genutzt:

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0, \quad \sum M = 0$$

Ausgewählte Lager

Lager	Wertigkeit r	Symbolbild und Freikörperbild
Festlager	2	
Loslager	1	
Einspannung	3	
Pendelstütze	1	
Parallelführung	2	
Schiebehülse	2	
Gelenk	$v = 2$	

ONLINEKURS TECHNISCHE MECHANIK I

Login

Zwischentest (Schnittgrößen)

Zeitlimit: 00:15:39

Fragen: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Schnittgrößen (Teil 6)

Gegeben ist ein fest-los-gelagerter Balken, der durch eine konstante Streckenlast und durch eine Einzellast belastet wird. Außerdem sind 4 Momentenverläufe für den gesamten Balken vorgegeben. Kreuze den richtigen Momentenverlauf an.

1

2

3

4

1 2
 3 4
 Der zugehörige Momentenverlauf ist nicht mit dabei

- ✓ 8 Zwischentests
- ✓ Abschlussklausur
- ✓ Reale Testbedingungen
- ✓ Tests nach jedem Kapitel



LOSLEGEN
ingtutor.de

Statische Bestimmtheit von Lagerungen

Mit der Abzählformel zur Prüfung der statischen Bestimmtheit der Lagerung lässt sich rechnerisch überprüfen, ob ein Balken oder ein Tragwerk „korrekt“ gelagert wurde:

$$f = 3n - (r + v)$$

n : Anzahl der Teilkörper/Balken

r : Wertigkeit der Lager

v : Wertigkeit der Gelenke

$f = 0$ statisch bestimmt

$f > 0$ kinematisch unbestimmt

$f < 0$ statisch unbestimmt

Hinweis: Das System ist zusätzlich „manuell“ zu prüfen. In einigen Fällen liefert die Formel eine statische Bestimmtheit, obwohl keine vorliegt. Das folgende System ist z.B. gleichzeitig statisch überbestimmt in y-Richtung und beweglich in x-Richtung, obwohl die Abzählformel erfüllt ist:



$$f = 3 \cdot 1 - (3 + 0) = 0$$

ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 26% IN BEARBEITUNG

Aufgabe 8

Gegeben ist ein Balken mit Fest-Los-Lagerung, der durch eine Dreieckslast und an seinem rechten Ende durch ein Einzelmoment belastet wird.

- Bestimme die Lagerkräfte
- Bestimme die Schnittgrößen
- Bestimme das maximale Moment und die zugehörige Stelle.
- Zeichne die Schnittgrößenverläufe

$q = 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}, M_B = 30 \text{ kNm}, l = 1 \text{ m}, \alpha = 45^\circ$

— Lösung:

- ✓ 45 Lösungsvideos
- ✓ 23 Theorievideos
- ✓ Erklärt in einfachen Worten
- ✓ Ausführlich vorgerechnet



KLICK MICH

LOSLEGEN

ingtutor.de

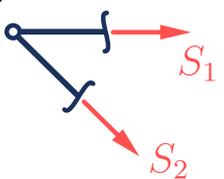
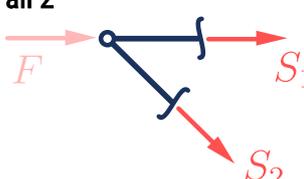
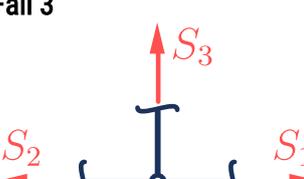


Fachwerke und Stabkräfte

Vorzeichenkonvention und Nomenklatur

- 1) Stabkräfte werden so eingezeichnet, dass sie vom Schnitt wegzeigen.
- 2) Liefert die Berechnung ein positives Vorzeichen, dann ist es ein Zugstab.
- 3) Ist das Vorzeichen negativ, dann ist es ein Druckstab.
- 4) Stäbe werden oft mit arabischen, Knoten mit römischen Ziffern nummeriert.

Nullstabregeln (offensichtliche Nullstäbe)

Fall 1 	$S_1 = 0$ $S_2 = 0$	2 Stäbe an einem unbelasteten Knoten sind Nullstäbe. Wichtig: Die Stäbe dürfen nicht in dieselbe Richtung zeigen.
Fall 2 	$S_1 = -F$ $S_2 = 0$	Zeigt die Last in Richtung eines Stabes, dann ist der andere Stab ein Nullstab. Wichtig: Am Knoten sind genau 2 Stäbe, die nicht in dieselbe Richtung zeigen.
Fall 3 	$S_1 = S_2$ $S_3 = 0$	An einem Knoten mit 3 Stäben zeigen 2 davon in dieselbe Richtung, dann ist der übrige Stab ein Nullstab.

Innere statische Bestimmtheit eines Fachwerks

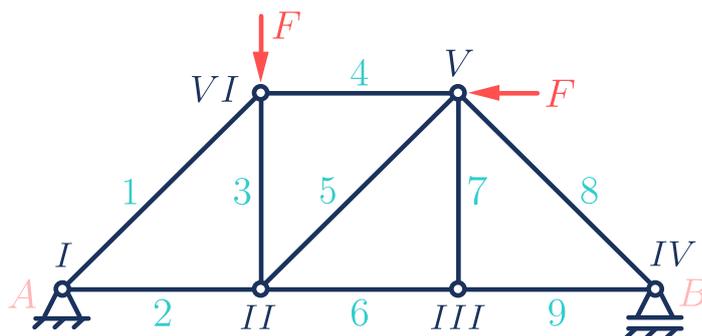
Mit der Abzählformel zur Prüfung der inneren statischen Bestimmtheit von Fachwerken lässt sich prüfen, ob ein Fachwerk (nicht seine Lagerung) „korrekt“ konstruiert wurde.

$$2k = s + r$$

- k : Anzahl der Knoten
- s : Anzahl der Stäbe
- r : Wertigkeit der Lager

Für das abgebildete Fachwerk gilt:

$$2 \cdot 6 = 9 + 2 + 1$$

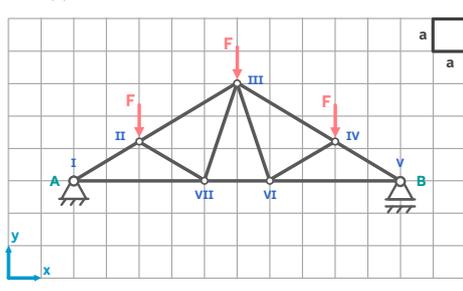


ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Fortschritt 72% IN BEARBEITUNG

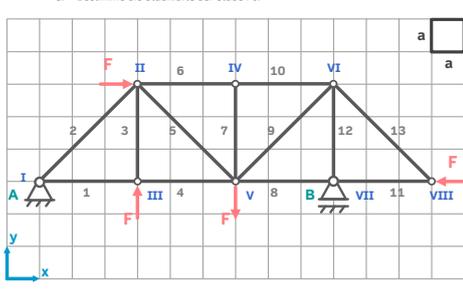
Aufgabe 2
Für das gegebene Fachwerk sind alle Stabkräfte zu ermitteln.



+ Lösung einblenden

Aufgabe 3
Das ebene Fachwerk, bestehend aus 13 Stäben und 8 Knoten, ist festlos-gelagert und wird durch vier Kräfte wie abgebildet belastet.

- Bestimme die Lagerkräfte.
- Prüfe die statische Bestimmtheit des Fachwerks.
- Identifiziere alle offensichtlichen Nullstäbe.
- Bestimme die Stabkräfte des Stabes 9.
- Bestimme die Stabkräfte der Stäbe 1-6.



+ Lösung einblenden

- ✓ 45 Aufgaben
- ✓ Ausführlich vorgerechnet
- ✓ Step-by-step erklärt
- ✓ Wie im Tutorium



KLICK MICH

LOSLEGEN

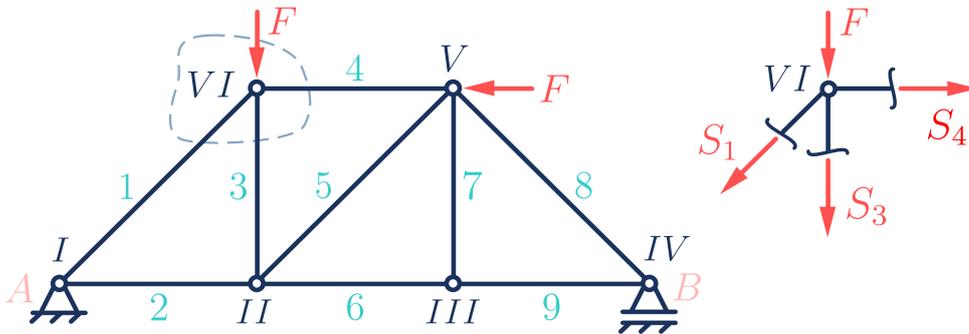
ingtutor.de



Knotenschnittverfahren, Knotenpunktverfahren

Mit dem Knotenschnitt lassen sich allgemein die Stabkräfte eines Fachwerks berechnen. Dieser Schnitt ist dann gut geeignet, wenn z.B. alle Stabkräfte oder die Stabkräfte an den Eck-Knoten des Fachwerks gesucht sind. Für den Knotenschnitt gilt:

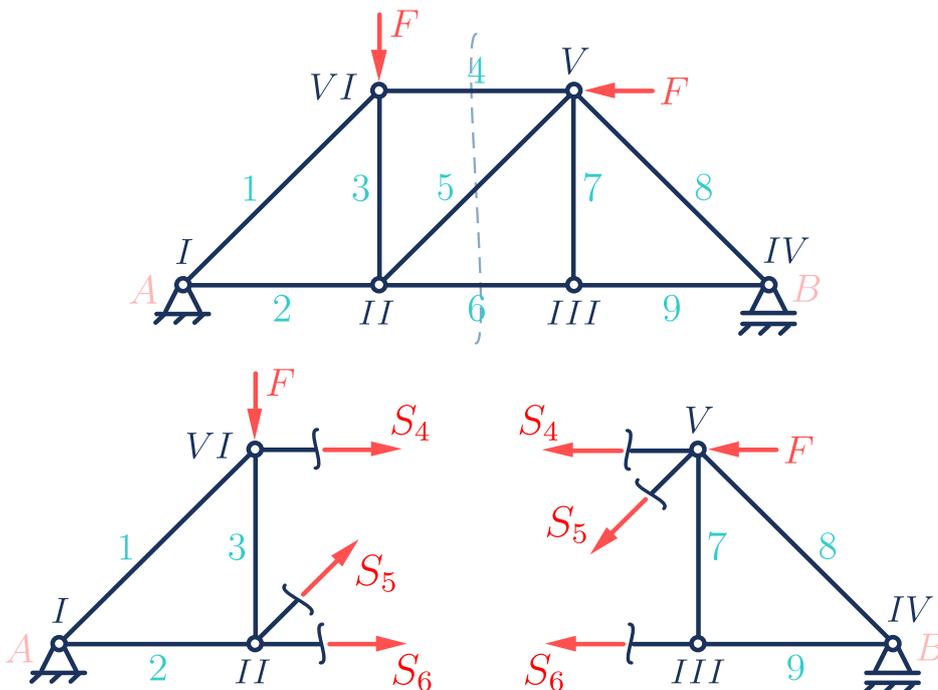
- 1) Für jeden Knoten im Fachwerk ergibt sich genau ein Knotenschnitt – unabhängig davon, ob alle Knotenschnitte benötigt werden.
- 2) Ein geschnittener Knoten soll nicht mehr als 2 unbekannte Stabkräfte enthalten, weil pro Knoten nur 2 Gleichungen zum Lösen zur Verfügung stehen.



Ritterschnittverfahren

Mit dem Ritterschen Schnittverfahren lassen sich gezielte Stabkräfte berechnen. Dieser Schnitt ist dann gut geeignet, wenn Stäbe gesucht sind, die „mittendrin“ liegen und mit dem Knotenschnitt nicht direkt greifbar sind. Für den Ritterschnitt gilt:

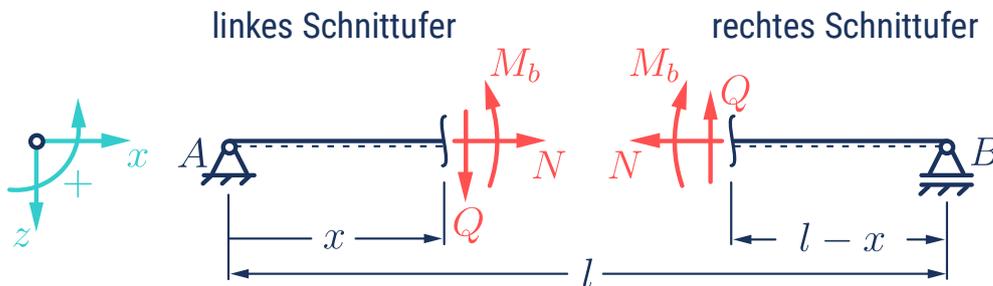
- 1) Der Schnitt geht durch genau 3 Stäbe durch (anderenfalls nicht gültig).
- 2) Die Stäbe dürfen nicht alle gleichzeitig parallel zueinander sein.
- 3) Die Stäbe oder ihre Wirkungslinien dürfen sich nicht alle gleichzeitig in einem Punkt schneiden.



Schnittgrößen

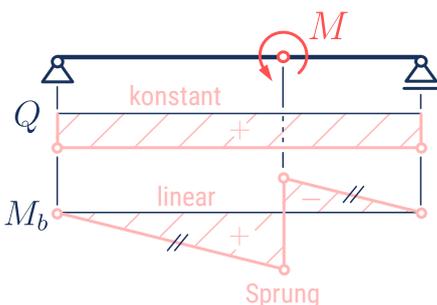
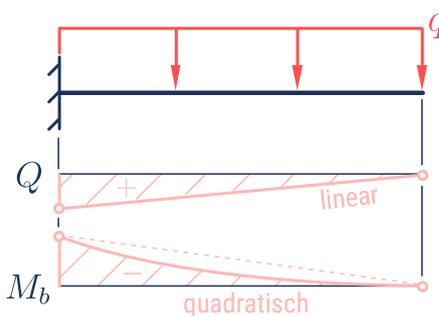
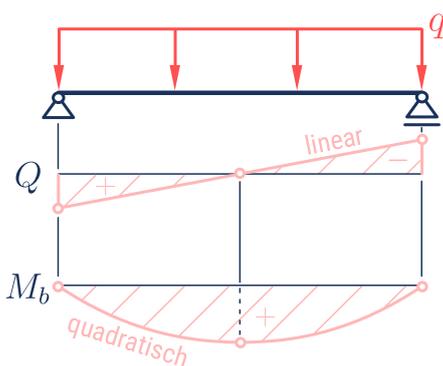
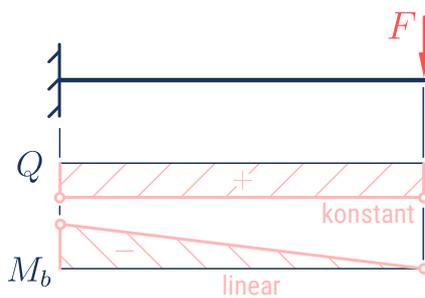
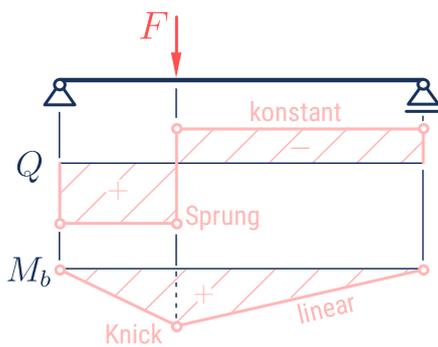
Vorzeichenkonvention und Schnittufer

- 1) Bei Schnittgrößen gilt das x-z-Koordinatensystem.
- 2) Am positiven (linken) Schnittufer zeigen Schnittgrößen in positive Richtungen.
- 3) Am negativen (rechten) Schnittufer zeigen Schnittgrößen in negative Richtungen.
- 4) Zwischen beiden Schnittufern gilt $actio = reactio$ für die Schnittgrößen.



Hinweis: Es ist üblich, eine gestrichelte Linie unter dem Balken einzuzichnen. Sie gibt die positive z-Faser des Balkens an und hilft, das Moment richtig herum zu zeichnen. Unabhängig vom Schnittufer gilt nämlich: Das Moment wird so angetragen, dass die gestrichelte Linie gezogen wird.

Schnittgrößenverläufe für Standardfälle



ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Zwischentest (Schnittgrößen)

Zeitlimit: 00:15:39

Fragen: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Schnittgrößen (Teil 6)

Gegeben ist ein fest-losgelagerter Balken, der durch eine konstante Streckenlast und durch eine Einzellast belastet wird. Außerdem sind 4 Momentenverläufe für den gesamten Balken vorgegeben. Kreuzen den richtigen Momentenverlauf an.

1

2

3

4

1
 2
 3
 4
 Der zugehörige Momentenverlauf ist nicht mit dabei

- ✓ 8 Zwischentests
- ✓ Abschlussklausur
- ✓ Reale Testbedingungen
- ✓ Tests nach jedem Kapitel



LOSLEGEN

ingtutor.de

Schnittgrößen-DGL

Querkraft und Biegemoment hängen differentiell von der Streckenlast ab und können bei bekannter Funktion der Streckenlast $q(x)$ durch Integrieren bestimmt werden:

$$Q'(x) = -q(x), \quad M'(x) = Q(x)$$

bzw. in der Integralschreibweise:

$$Q(x) = - \int q(x) dx, \quad M(x) = \int Q(x) dx$$

- 1) Wenn es keine Streckenlast gibt, dann gilt: $q(x) = 0$
- 2) Jeder Bereich des Balkens muss separat integriert werden.
- 3) Beim Integrieren entstehen Integrationskonstanten, die über Rand- und/oder Übergangsbedingungen zu bestimmen sind.
- 4) Randbedingungen können der folgenden Tabelle entnommen werden, solange der Rand exakt der jeweiligen Abbildung entspricht.
- 5) Übergangsbedingungen müssen in der Regel per Freischnitt ermittelt werden.

Randbedingungen

Rand	N	Q	M
Festlager 	$\neq 0$	$\neq 0$	$= 0$
Loslager 	$= 0$	$\neq 0$	$= 0$
Einspannung 	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
Parallelführung 	$\neq 0$	$= 0$	$\neq 0$
Schiebehülse 	$= 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
Freies Ende (unbelastet) 	$= 0$	$= 0$	$= 0$

ONLINEKURS

TECHNISCHE MECHANIK I

Login

Lagerreaktionen
6 Themen | 1 Test
zuklappen

Kapitelinhalt
55% abgeschlossen

- Lagerarten + Theorie
- Statische Bestimmtheit
- Lagerkräfte berechnen
- Zusammenfassung
- Übungsaufgaben
- Zwischentest (Lagerkräfte)

Fachwerke
5 Themen | 1 Test
zuklappen

Kapitelinhalt
32% abgeschlossen

- Statische Bestimmtheit eines Fachwerks
- Nullstäbe erkennen
- Ritterschnitt
- Knotenschnitt
- Übungsaufgaben
- Zwischentest (Fachwerke)

Schnittgrößen
5 Themen | 1 Test
zuklappen

Kapitelinhalt
24% abgeschlossen

- Grundbegriffe der Schnittgrößen
- Schnittgrößen berechnen
- Schnittgrößenverläufe zeichnen
- Zusammenfassung
- Übungsaufgaben
- Zwischentest (Lagerkräfte)

- ✓ Gut strukturiert
- ✓ Alle wichtigen Themen
- ✓ Individuelles Lerntempo
- ✓ Ersetzt Übung + Tutorium



LOSLEGEN

ingtutor.de



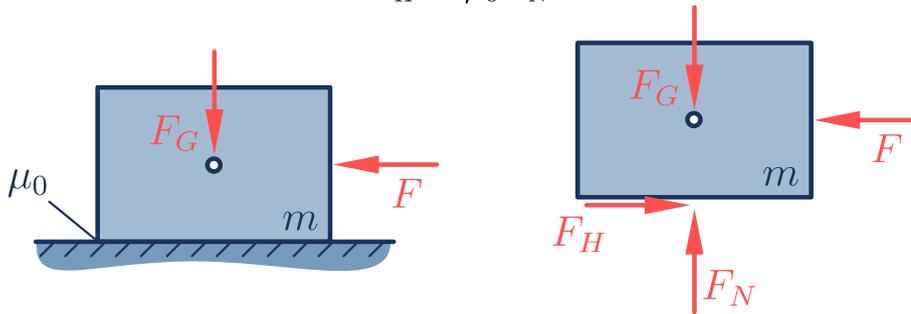
Haftung und Reibung

Unterschied zwischen Haftung und Reibung: Ein Körper haftet auf einer rauen Oberfläche, solange er sich nicht auf diese bewegt. Ist er aber in Bewegung, so liegt Reibung vor. Haftungsbeiwert und Reibungsbeiwert sind in der Regel unterschiedlich. Trotz der Unterschiede wird in der Lehre vielerorts Reibung mit Haftung gleichgestellt.

Haftungskraft (Reibungskraft)

Versucht eine Kraft einen Körper auf einer rauen Oberfläche zu bewegen, dann verhindert die Haftung eine Verschiebung des Körpers. Die Haftungskraft beträgt:

$$F_H = \mu_0 F_N$$



- 1) Für $F > F_H$ versagt die Haftung und der Körper wird in Bewegung versetzt.
- 2) Die Haftung hängt von der Normalkraft F_N ab. Sie fungiert als Anpresskraft auf die Kontaktfläche. Je größer sie ist, desto größer die Haftung.
- 3) Die Haftung hängt vom Haftungsbeiwert μ_0 ab. Je rauer die Kontaktflächen, desto größer μ_0 und desto größer die Haftung.
- 4) Die Haftungskraft zeigt stets entgegen der provozierten Bewegungsrichtung.

Seilhaftung und Seilreibung (Euler-Eytelwein-Gleichung)

Seilhaftung (kein Rutschen):

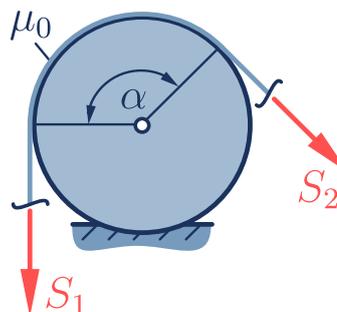
Für ein gegebenes S_1 kann S_2 durch die Seilhaftung etwas kleiner oder etwas größer werden, ohne dass es zum Rutschen kommt. Dazu muss S_2 in diesem Bereich liegen:

$$S_1 e^{-\mu_0 \alpha} \leq S_2 \leq S_1 e^{\mu_0 \alpha}$$

Verlässt S_2 diesen Bereich, kommt es zum Rutschen.

$S_2 > S_1 e^{\mu_0 \alpha}$: Rutschen nach rechts

$S_2 < S_1 e^{-\mu_0 \alpha}$: Rutschen nach links



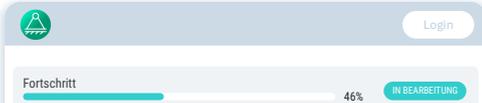
Seilreibung (bei Rutschen):

Hier muss zunächst die größere Seilkraft ermittelt werden. Das ist die Kraft, die entgegen der Richtung der Reibung am Seil wirkt.

$$S_1 > S_2 : S_1 = S_2 e^{\mu \alpha}$$

$$S_2 > S_1 : S_2 = S_1 e^{\mu \alpha}$$

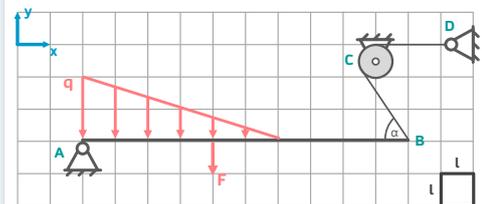
Hinweis: Der Umschlingungswinkel α wird stets in *RAD* angegeben. Bei Seilhaftung gilt der Haftungskoeffizient μ_0 und bei Seilreibung der Reibungskoeffizient μ .



Aufgabe 9

Eine kleine Fußgängerbrücke ist in Punkt A drehbar gelagert. In Punkt B wird die Brücke über ein Seil gehalten. Dieses Seil wird über eine Umlenkrolle, die in Punkt C drehbar gelagert ist, geführt und in Punkt D festgehalten. Um die Brücke anzuheben, kann das Seil in Punkt D eingezogen werden. Der Balken sei masselos, das Seil dehnstarr und ebenfalls masselos. Die Umlenkrolle ist reibungsfrei gelagert und der Radius der Rolle kann vernachlässigt werden.

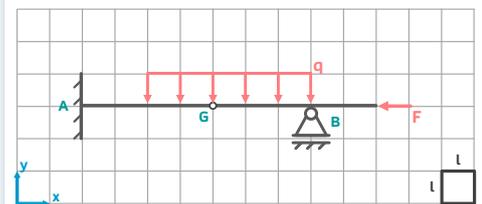
- a. Ist das System statisch bestimmt?
- b. Bestimme die Kraft im Seil.
- c. Bestimme die Lagerkräfte des Lagers A.
- d. Welche Kräfte wirken im Lager C und welche im Lager D?
- e. Die maximale Tragfähigkeit des Seils beträgt 2250 kg. Wie groß darf die Kraft F maximal sein, damit das Seil nicht reißt?



+ Lösung einblenden

Aufgabe 10

Das mehrteilige Tragwerk wird axial und quer belastet. Es sind die Auflagerreaktionen und Gelenkkräfte zu ermitteln. Ist das System statisch bestimmt?



+ Lösung einblenden

- ✓ kein Vorwissen nötig
- ✓ einfach erklärt
- ✓ ausführliche Lösungen
- ✓ Erklärungen bis ins Detail



KLICK MICH

LOSLEGEN

ingtutor.de





Login

Fortschritt

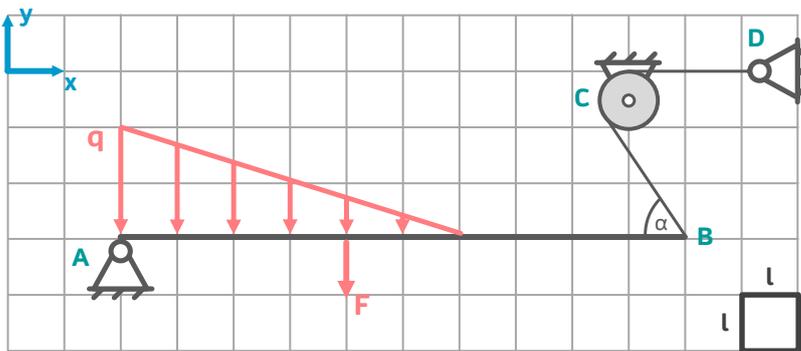
46%

IN BEARBEITUNG

Aufgabe 9

Eine kleine Fußgängerbrücke ist in Punkt A drehbar gelagert. In Punkt B wird die Brücke über ein Seil gehalten. Dieses Seil wird über eine Umlenkrolle, die in Punkt C drehbar gelagert ist, geführt und in Punkt D festgehalten. Um die Brücke anzuheben, kann das Seil in Punkt D eingezogen werden. Der Balken sei masselos, das Seil dehnstarr und ebenfalls masselos. Die Umlenkrolle ist reibungsfrei gelagert und der Radius der Rolle kann vernachlässigt werden.

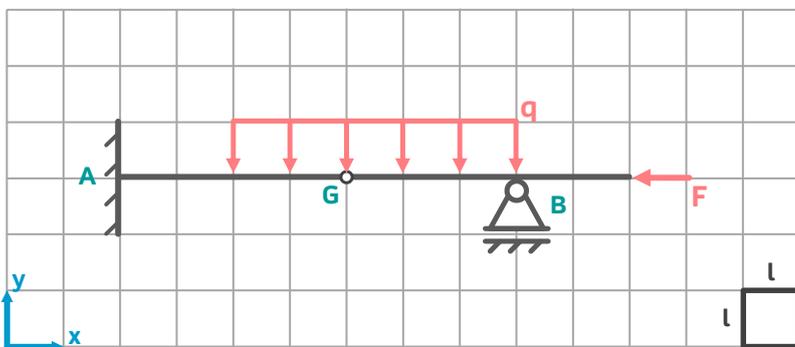
- Ist das System statisch bestimmt?
- Bestimme die Kraft im Seil.
- Bestimme die Lagerkräfte des Lagers A.
- Welche Kräfte wirken im Lager C und welche im Lager D?
- Die maximale Tragfähigkeit des Seils beträgt 2250 kg. Wie groß darf die Kraft F maximal sein, damit das Seil nicht reißt?



+ Lösung einblenden

Aufgabe 10

Das mehrteilige Tragwerk wird axial und quer belastet. Es sind die Auflagerreaktionen und Gelenkkräfte zu ermitteln. Ist das System statisch bestimmt?



+ Lösung einblenden

ONLINEKURS TECHNISCHE MECHANIK I

- ✓ gut strukturiert und aufgeteilt
- ✓ 45 Aufgaben zu allen TM1-Themen
- ✓ einfach vorgerechnet
- ✓ ausführliche step-by-step Lösungen
- ✓ 8 Zwischentests zu allen Kapiteln
- ✓ Abschlussklausur
- ✓ Theoriewissen
- ✓ kein Vorwissen nötig



KLICK MICH

LOSLEGEN

ingtutor.de

Mathematische Grundlagen

Beziehungen im rechtwinkligen Dreieck

Winkelbeziehungen

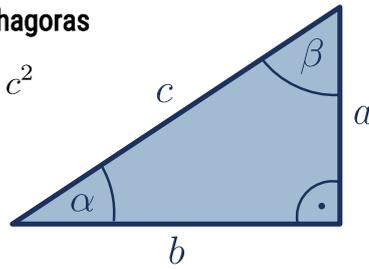
$$\sin(\alpha) = \frac{a}{c}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{b}{c}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \frac{a}{b}$$

Satz des Pythagoras

$$a^2 + b^2 = c^2$$



Die beiden kurzen Seiten werden Katheten, die lange Seite wird Hypotenuse genannt.

Rechengesetze

Wurzeln

$$\sqrt{a} = a^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{a}} = \frac{\sqrt{a}}{a}$$

$$\sqrt{a} \cdot \sqrt{b} = \sqrt{a \cdot b}$$

$$\sqrt{a} + \sqrt{b} \neq \sqrt{a + b}$$

$$\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$$

Ausklammern und Ausmultiplizieren

$$a \cdot c + b \cdot c = c \cdot (a + b)$$

$$\frac{a}{b} \cdot \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} + \frac{a \cdot e}{b \cdot f}$$

Brüche

$$\frac{a}{\frac{b}{c}} = \frac{a \cdot c}{b}$$

$$\frac{\frac{a}{b}}{c} = \frac{a}{b \cdot c}$$

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$$

$$\frac{a}{c} + \frac{b}{c} = \frac{a + b}{c}$$

$$\frac{c}{a} + \frac{c}{b} \neq \frac{c}{a + b}$$

Ableitungen und Integrale

Faktoren $(ax)' = a(x)'$ $\int ax \, dx = a \int x \, dx$

Summen $(x^2 + x)' = (x^2)' + x'$ $\int x^2 + x \, dx = \int x^2 \, dx + \int x \, dx$

Potenzen $(x^n)' = n x^{n-1}$ $\int x^n \, dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$

Konstanten $a' = 0$ $\int a \, dx = ax + C$



Tabelle zur Schwerpunktberechnung

i	A	x_S	y_S	$x_S \cdot A$	$y_S \cdot A$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Σ		/	/		

Notizen



Login

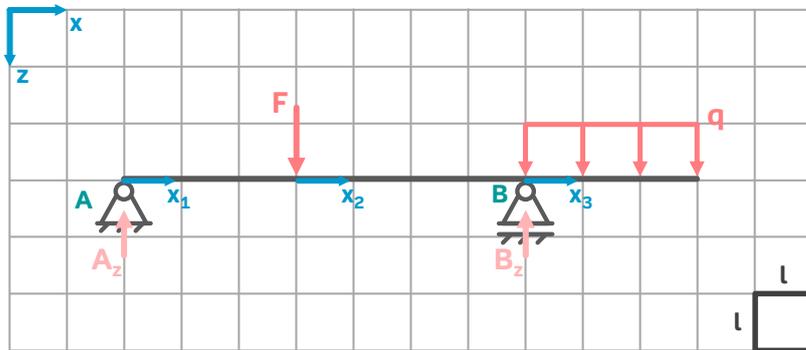
Zwischentest (Schnittgrößen)

Zeitlimit: 00:15:39

Fragen: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

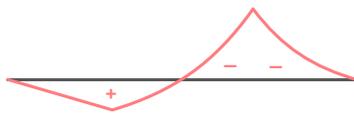
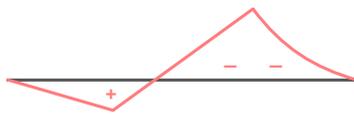
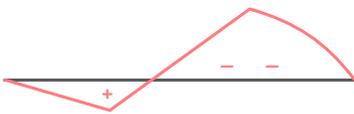
Schnittgrößen (Teil 6)

Gegeben ist ein fest-los-gelagerter Balken, der durch eine konstante Streckenlast und durch eine Einzellast belastet wird. Außerdem sind 4 Momentenverläufe für den gesamten Balken vorgegeben. Kreuze den richtigen Momentenverlauf an.



1

2



3

4

1

2

3

4

Der zugehörige Momentenverlauf ist nicht mit dabei.

< zurück

> weiter

ONLINEKURS TECHNISCHE MECHANIK I

- ✓ Tests nach jedem Kapitel
- ✓ Zeitlimit und reale Bedingungen
- ✓ Rechenaufgaben und Theoriefragen
- ✓ Automatisierte Auswertung
- ✓ Lösungshinweise und Ergebnisse nach Abgabe
- ✓ Abschließende Klausur nach Fertigstellung aller Kapitel



KLICK MICH

LOSLEGEN

ingtutor.de