

Mechanik und Tragkonstruktion

Zentrales Kraftsystem

Inhalt Mechanik und Tragkonstruktion

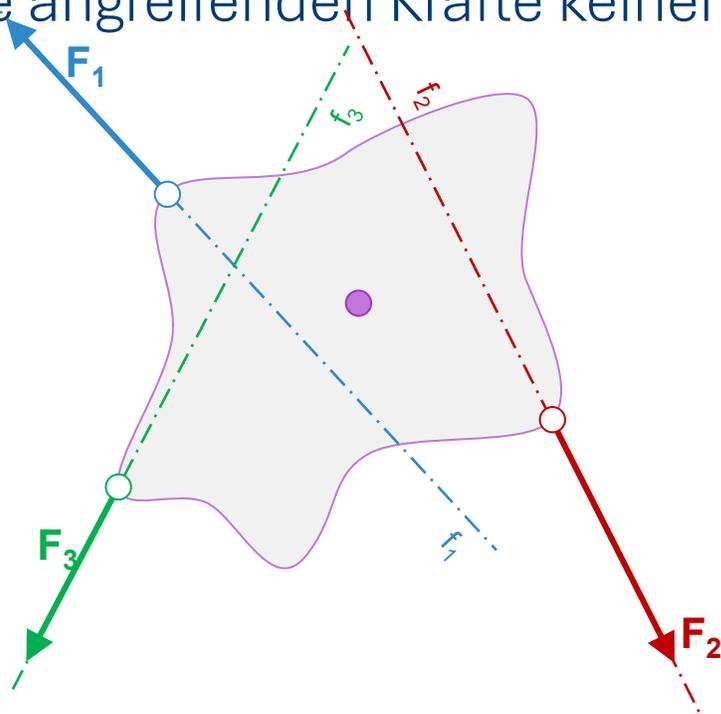
1. Grundbegriffe/Herangehensweise an eine Planungsaufgabe/Beanspruchungen
2. Zentrales Kraftsystem
3. Allgemeines Kraftsystem
4. Auflager / Tragwerke
5. Biegeträger – Schnittkräfte
6. Festigkeitslehre – Querschnittskennwerte, Berechnung von Spannungen, Verformungen
7. Stabilität

Allgemeines Kraftsystem | Inhalt heute

- Definition allgemeines Kraftsystem
- Das Moment
- Resultierendes Moment
- Gleichgewicht im allgemeinen Kraftsystem

Allgemeines Kraftsystem | Definition

Das allgemeine Kraftsystem umfasst alle die Belastungszustände eines Körpers, bei denen die angreifenden Kräfte keinen gemeinsamen Angriffspunkt besitzen.

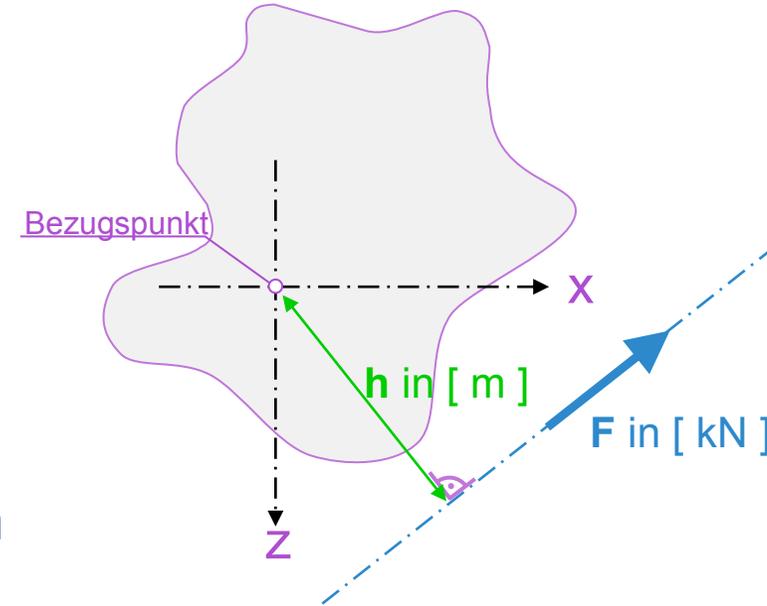


Allgemeines Kraftsystem | Das Moment

- Allgemeines
 - Physikalische Größe zur Beschreibung der Drehwirkung von Kräften auf Körper
 - Beispiel: Drehmoment
 - Nur die Wirkung des Moments ist sichtbar, das Moment selbst nicht
 - Physikalische Einheit (SI-Einheit)
Newtonmeter Nm $1000Nm = 1kNm$

Allgemeines Kraftsystem | Das Moment

- Darstellung / Bestimmungsgrößen
 - Darstellung als
 - gebogener Pfeil in der Ebene 
 - Pfeil mit Doppelspitze im Raum 
- Bezeichnung mit Großbuchstaben (z.B. M_a = „Moment um den Punkt a“) Momente sind in der Ebene definiert durch
 - Betrag / Größe in [Nm] oder [kNm]
 - Drehrichtung (mit / gegen Uhrzeigersinn)
 - Bezugspunkt



Allgemeines Kraftsystem | Das Moment

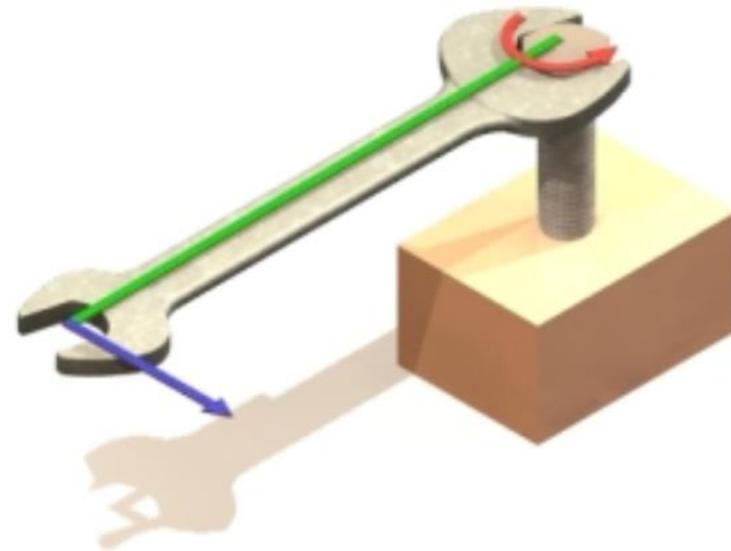
- Berechnung

$$\mathbf{M} = \mathbf{Kraft} \cdot \mathbf{Hebelarm} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{h}$$

mit: $F = \text{Kraft in kN}$

$h = \text{Hebelarm in m}$

Beispiel:
 $F = 2\text{kN}$
 $h = 0,2\text{m}$

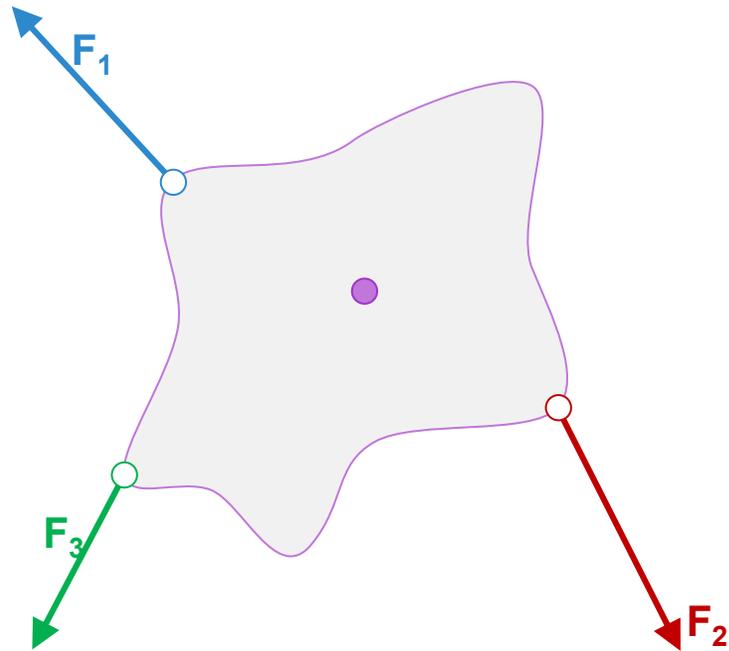


$$\overset{\curvearrowright}{\mathbf{M}} = 2\text{kN} \cdot 0,2\text{m} = 0,4\text{kNm} = 400\text{Nm}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

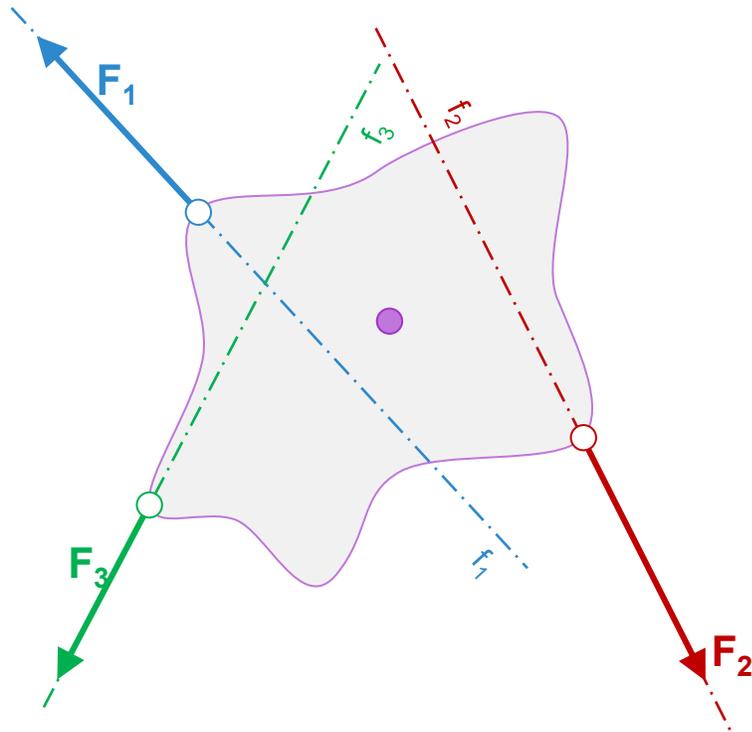
Mittels Hebelarmen der Wirkungslinien



Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

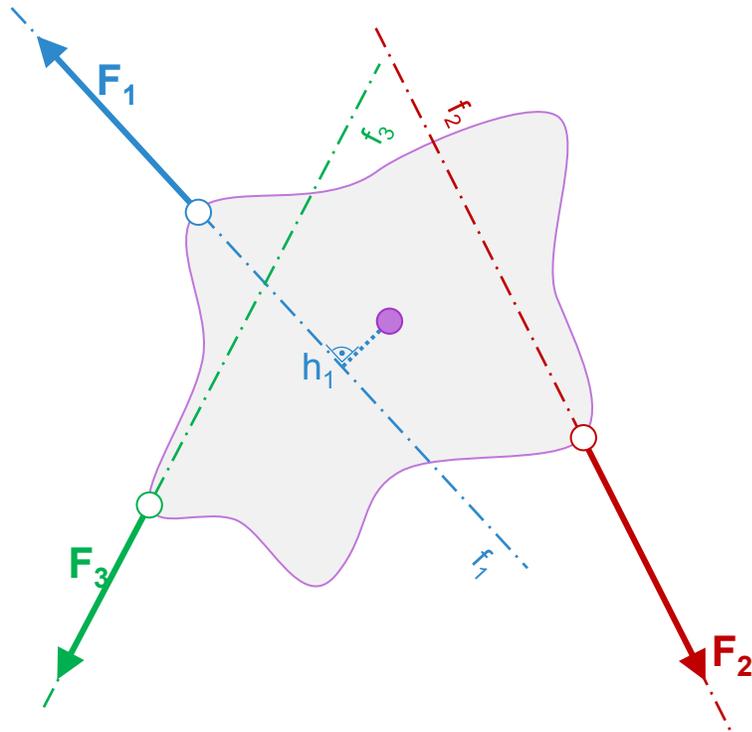
Mittels Hebelarmen der Wirkungslinien



Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Hebelarmen der Wirkungslinien

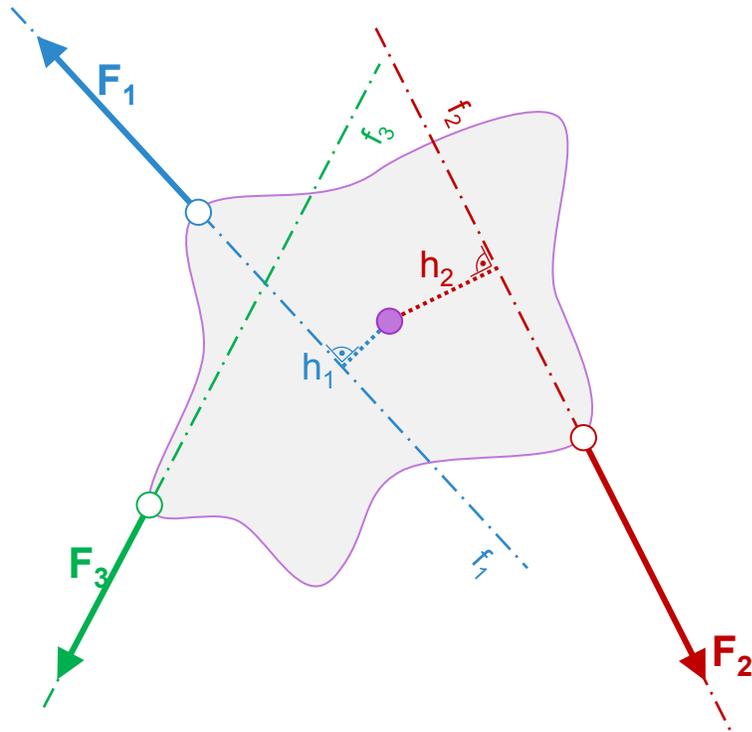


$$\overset{\curvearrowleft}{M}_R = -F_1 \cdot h_1$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Hebelarmen der Wirkungslinien

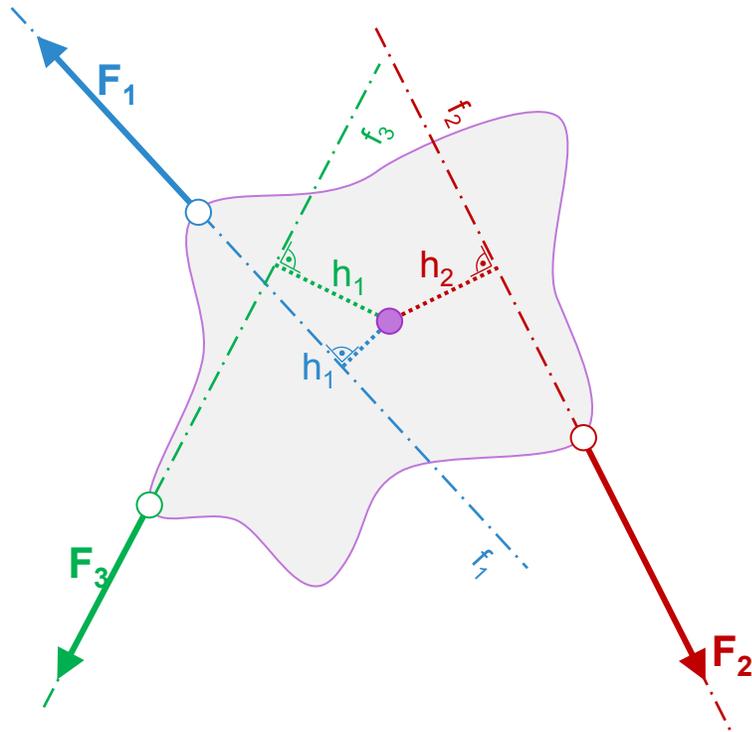


$$\overset{\curvearrowleft}{M}_R = -F_1 \cdot h_1 - F_2 \cdot h_2$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

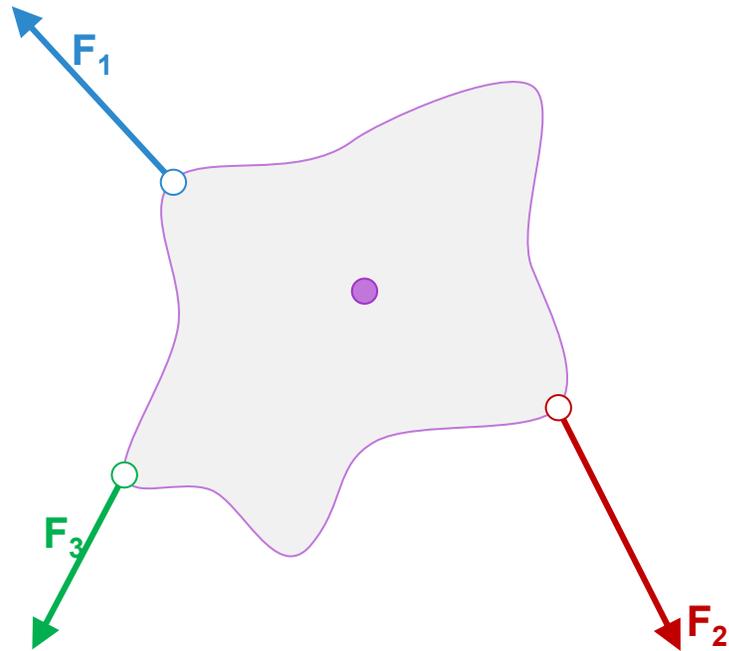
Mittels Hebelarmen der Wirkungslinien



$$\overset{\curvearrowleft}{M}_R = -F_1 \cdot h_1 - F_2 \cdot h_2 + F_3 \cdot h_3$$

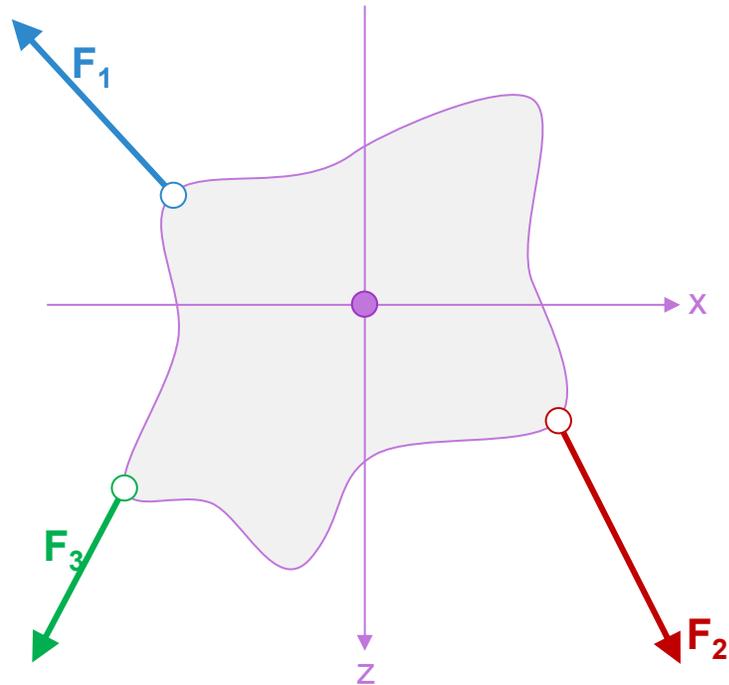
Allgemeines Kraftsystem | Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



Allgemeines Kraftsystem | Resultierendes Moment

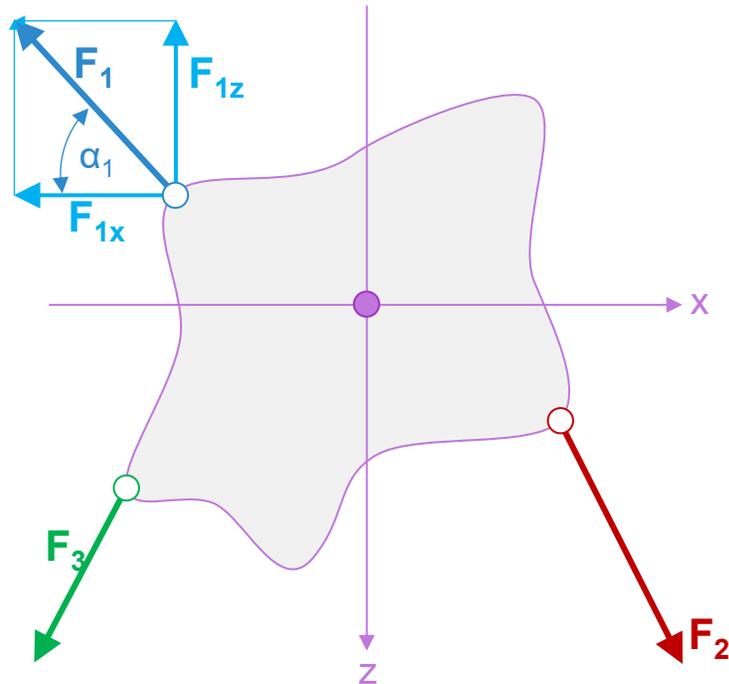
Mittels Komponenten in x und z



Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned}\overrightarrow{R_x} &= -F_{1x} \\ \overrightarrow{R_x} &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

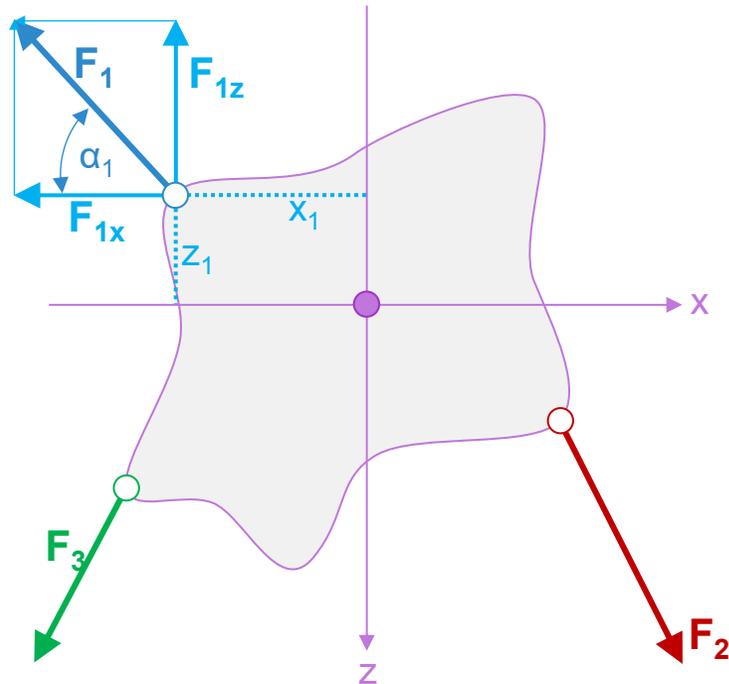
$$\begin{aligned}\downarrow R_z &= -F_{1z} \\ \downarrow R_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned}\overrightarrow{R_x} &= -F_{1x} \\ \overrightarrow{R_x} &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\downarrow R_z &= -F_{1z} \\ \downarrow R_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

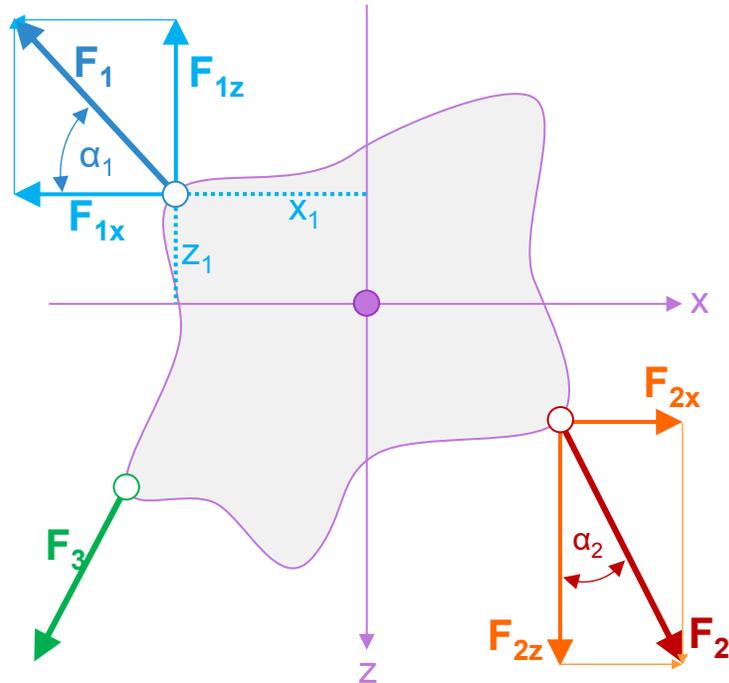
$$\curvearrowright M_R = +F_{1x} \cdot z_1 - F_{1z} \cdot x_1$$

$$\begin{aligned}F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1\end{aligned}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned}\vec{R}_x &= -F_{1x} + F_{2x} \\ \overline{R}_x &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1 + \sin \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\downarrow R_z &= -F_{1z} + F_{2z} \\ \downarrow \overline{R}_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1 + \cos \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

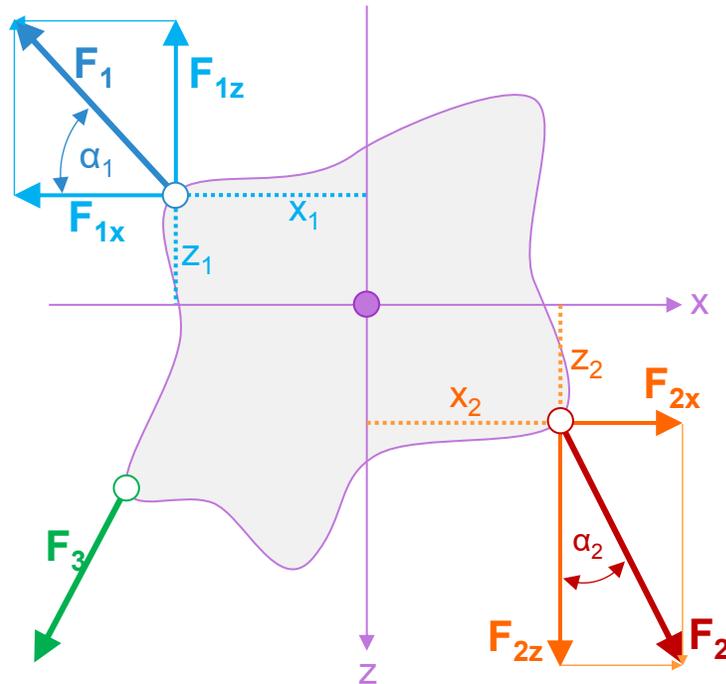
$$\curvearrowright M_R = +F_{1x} \cdot z_1 - F_{1z} \cdot x_1$$

$$\begin{aligned}F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2x} &= \sin \alpha_2 \cdot F_2 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2z} &= \cos \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned}\vec{R}_x &= -F_{1x} + F_{2x} \\ \overline{R}_x &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1 + \sin \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\downarrow R_z &= -F_{1z} + F_{2z} \\ \downarrow \overline{R}_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1 + \cos \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

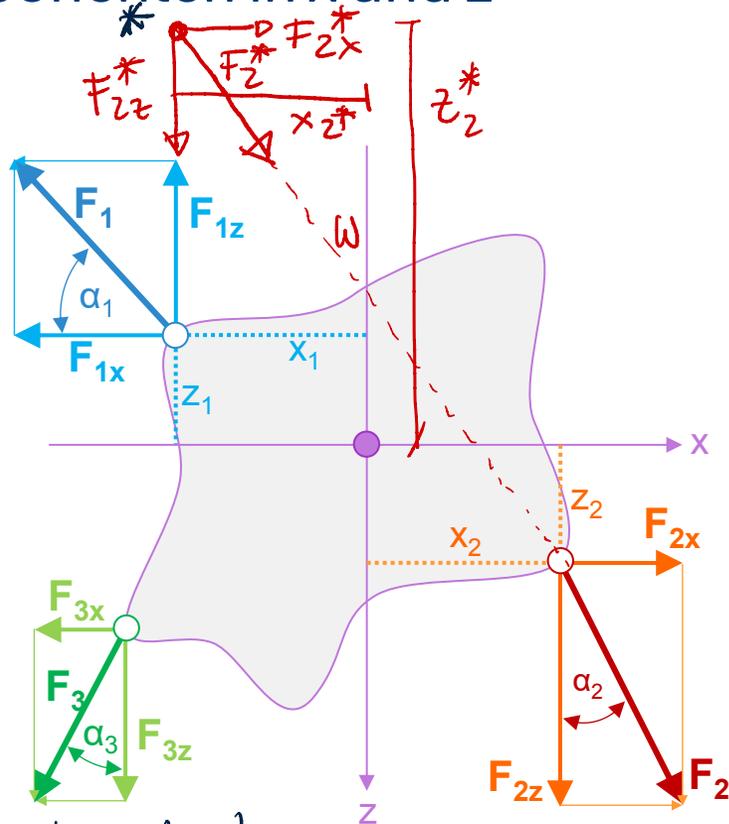
$$\curvearrowright M_R = +F_{1x} \cdot z_1 - F_{1z} \cdot x_1 + F_{2x} \cdot z_2 - F_{2z} \cdot x_2$$

$$\begin{aligned}F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2x} &= \sin \alpha_2 \cdot F_2 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2z} &= \cos \alpha_2 \cdot F_2\end{aligned}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned} \vec{R}_x &= -F_{1x} + F_{2x} - F_{3x} \\ R_x &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1 + \sin \alpha_2 \cdot F_2 - \sin \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \downarrow R_z &= -F_{1z} + F_{2z} + F_{3z} \\ \downarrow R_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1 + \cos \alpha_2 \cdot F_2 + \cos \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

$$\curvearrowright M_R = +F_{1x} \cdot z_1 - F_{1z} \cdot x_1 + F_{2x} \cdot z_2 - F_{2z} \cdot x_2$$

$$\begin{aligned} F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{2x} &= \sin \alpha_2 \cdot F_2 \\ F_{2z} &= \cos \alpha_2 \cdot F_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{3x} &= \sin \alpha_3 \cdot F_3 \\ F_{3z} &= \cos \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

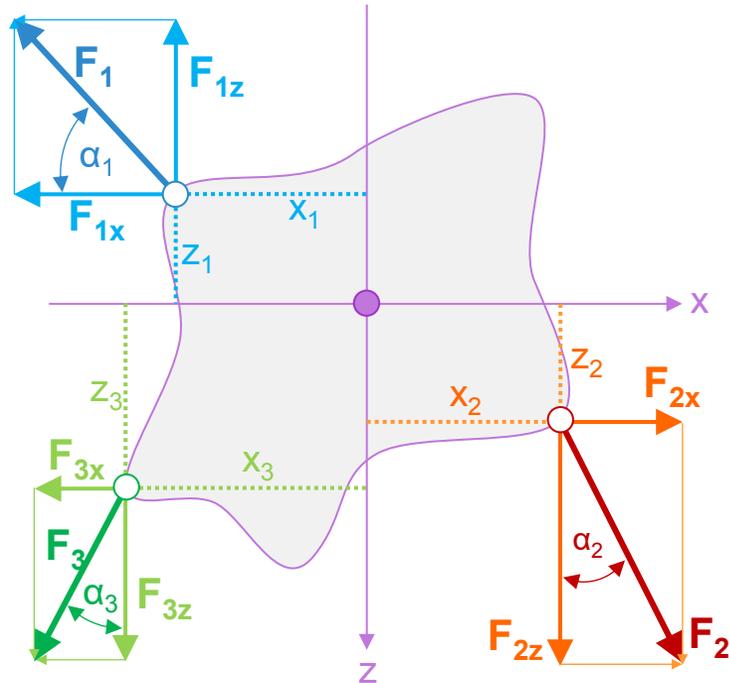
* Der Angriffspunkt der Lasten kann beliebig auf der Wirkungslinie der Last festgelegt werden

$$M_R = F_{2x} \cdot z_2 - F_{2z} \cdot x_2 = -F_{2z}^* \cdot z_2^* + F_{2x}^* \cdot x_2^*$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



$$\begin{aligned} \vec{R}_x &= -F_{1x} + F_{2x} - F_{3x} \\ R_x &= -\cos \alpha_1 \cdot F_1 + \sin \alpha_2 \cdot F_2 - \sin \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

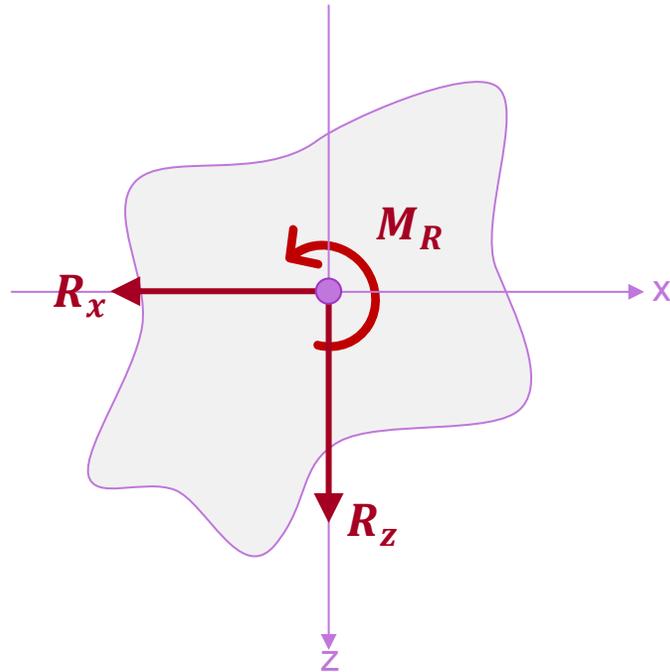
$$\begin{aligned} \downarrow R_z &= -F_{1z} + F_{2z} + F_{3z} \\ \downarrow R_z &= -\sin \alpha_1 \cdot F_1 + \cos \alpha_2 \cdot F_2 + \cos \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \curvearrowright M_R &= +F_{1x} \cdot z_1 - F_{1z} \cdot x_1 + F_{2x} \cdot z_2 - F_{2z} \cdot x_2 \\ &\quad - F_{3x} \cdot z_3 + F_{3z} \cdot x_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{1x} &= \cos \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2x} &= \sin \alpha_2 \cdot F_2 & F_{3x} &= \sin \alpha_3 \cdot F_3 \\ F_{1z} &= \sin \alpha_1 \cdot F_1 & F_{2z} &= \cos \alpha_2 \cdot F_2 & F_{3z} &= \cos \alpha_3 \cdot F_3 \end{aligned}$$

Allgemeines Kraftsystem | Resultierendes Moment

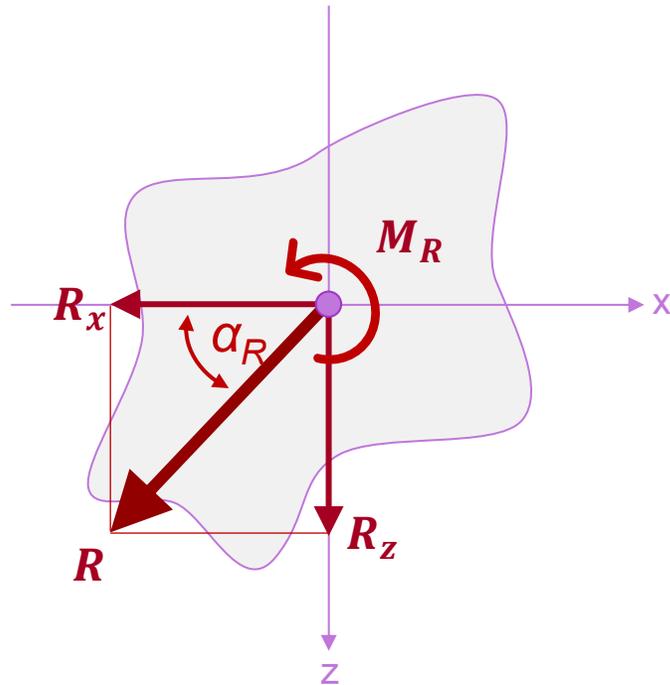
Mittels Komponenten in x und z



Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



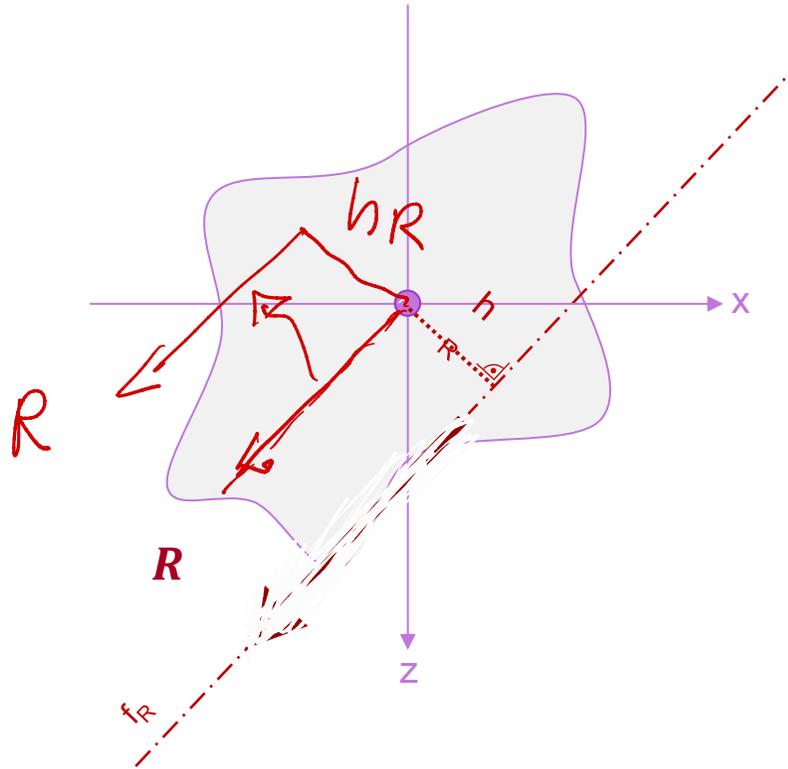
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$$

$$\alpha_R = \arctan \frac{|R_z|}{|R_x|}$$

Allgemeines Kraftsystem

Resultierendes Moment

Mittels Komponenten in x und z



bei $M_R > 0$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$$

$$\alpha_R = \arctan \frac{|R_z|}{|R_x|}$$

$$|h_R| = \frac{|M_R|}{|R|}$$

Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.1 – KRANFUNDAMENT

Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

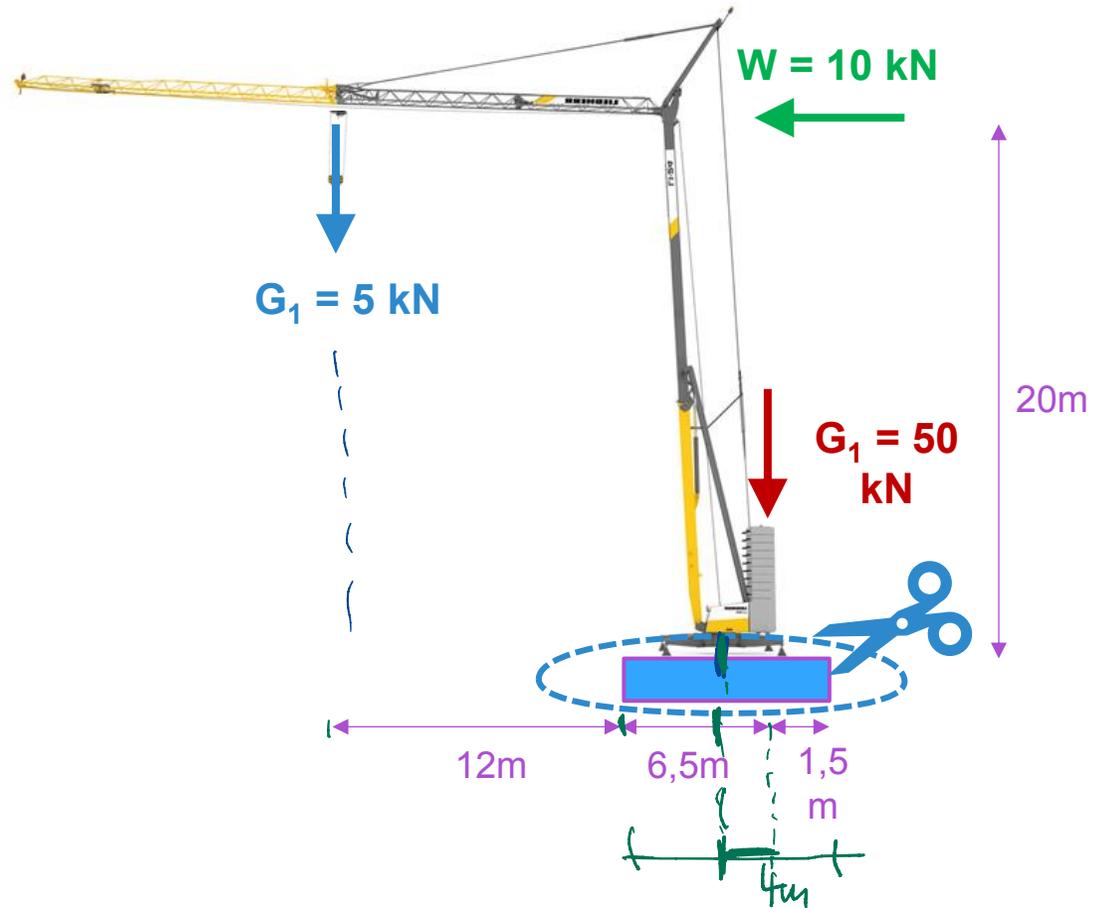
BEISPIEL 3.1 – KRANFUNDAMENT

Gesucht:

Resultierende in Bezug auf die

Mitte der Oberkante des

Kranfundaments



Allgemeines Kraftsystem

Resultierende

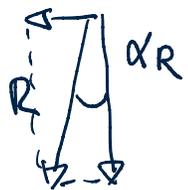
BEISPIEL 3.1 – KRANFUNDAMENT

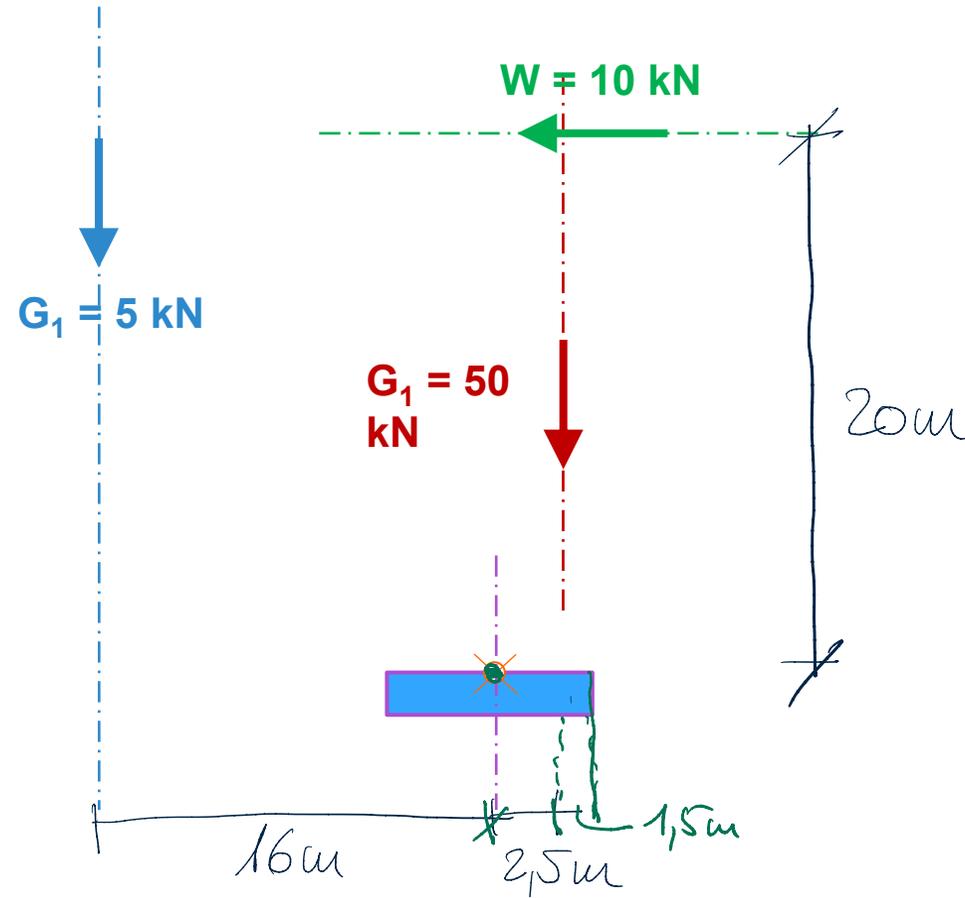
$$R_z \downarrow = 5 \text{ kN} + 50 \text{ kN} = 55 \text{ kN}$$

$$R_x \leftarrow = 10 \text{ kN}$$

$$M_R = +5 \text{ kN} \cdot 16 \text{ m} - 50 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} + 10 \text{ kN} \cdot 20 \text{ m} = 155 \text{ kNm}$$

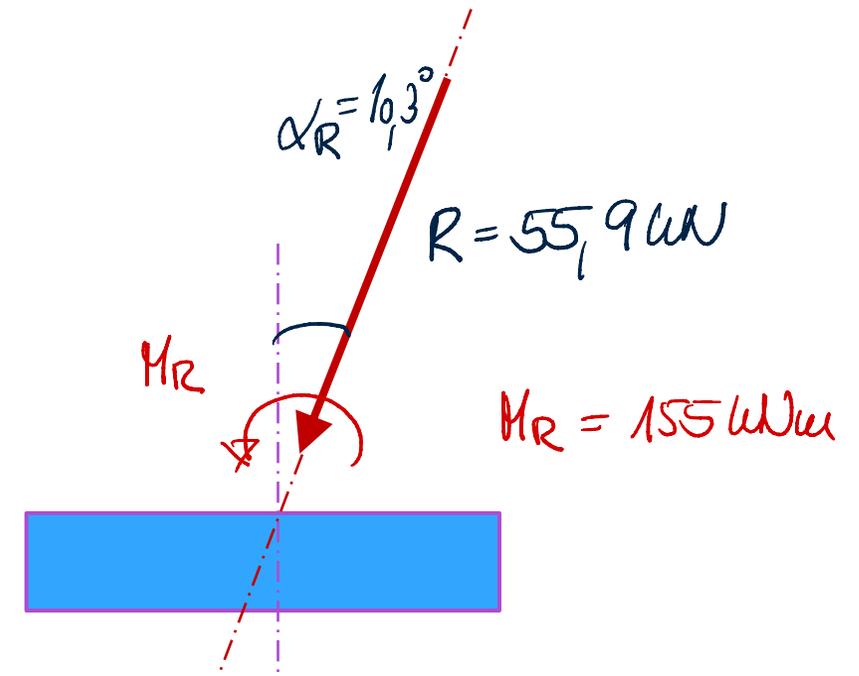
$$R = \sqrt{55^2 + 10^2} = 55,9 \text{ kN}$$

$$\alpha_R = \arctan\left(\frac{10}{55}\right) = 10,3^\circ$$




Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.1 – KRANFUNDAMENT

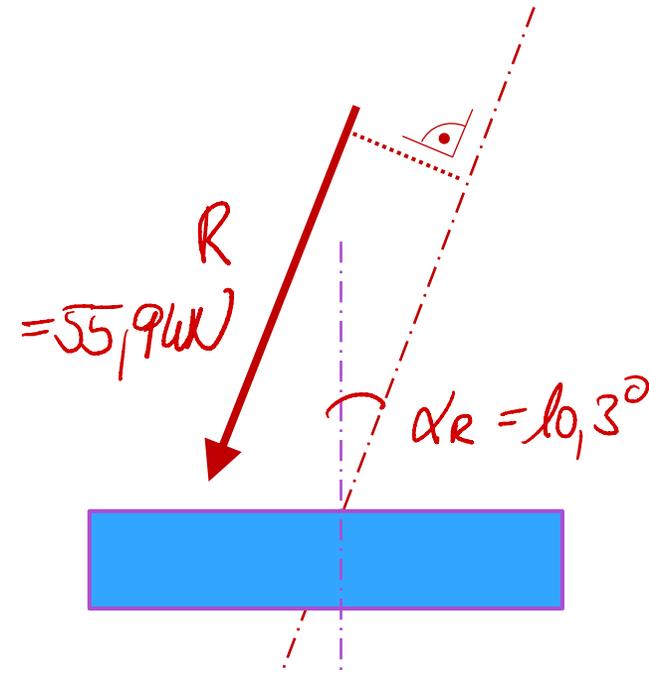


Allgemeines Kraftsystem

Resultierende

BEISPIEL 3.1 – KRANFUNDAMENT

$$h_R = \frac{M_R}{R} = \frac{155 \text{ Nm}}{55,9 \text{ kN}} = 2,77 \text{ m}$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

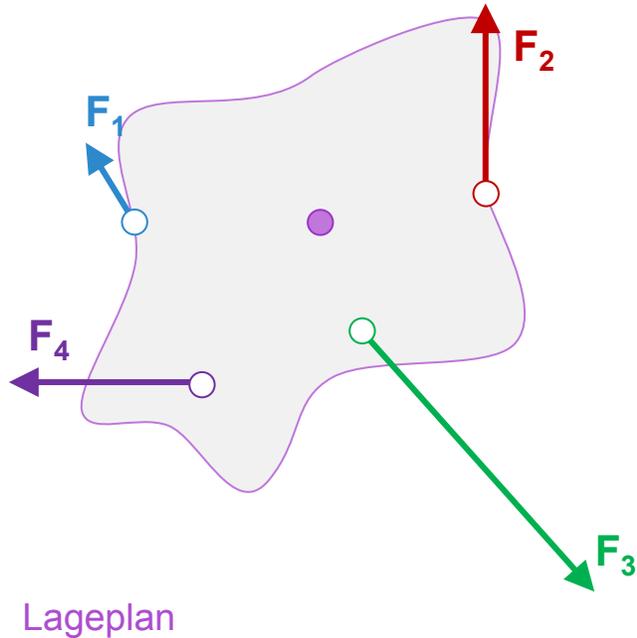
ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

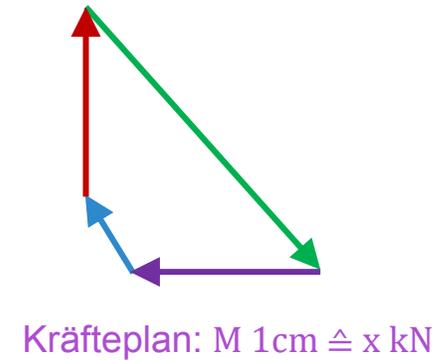
ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



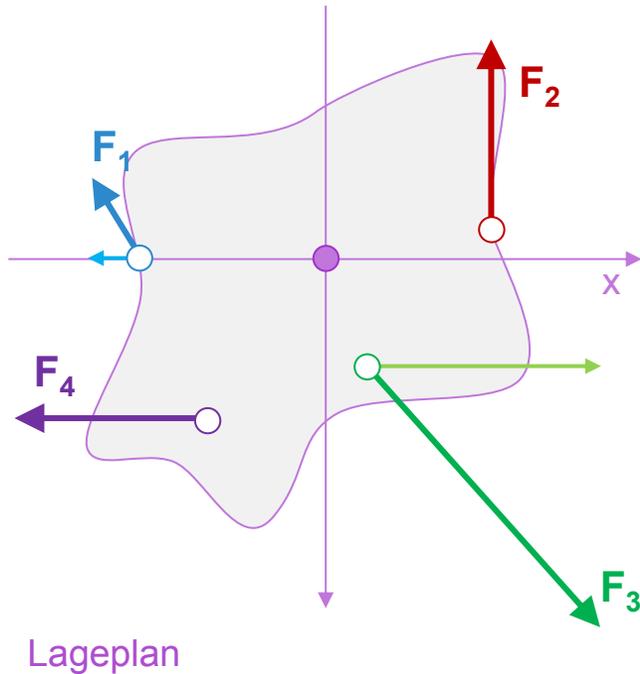
Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

- ALLGEMEINES
- Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.

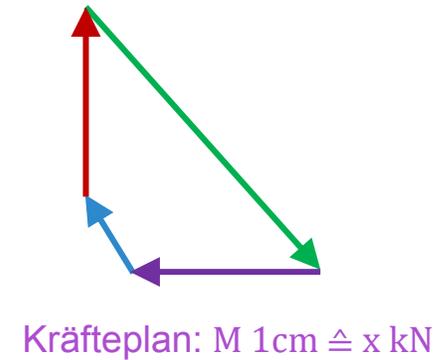


Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

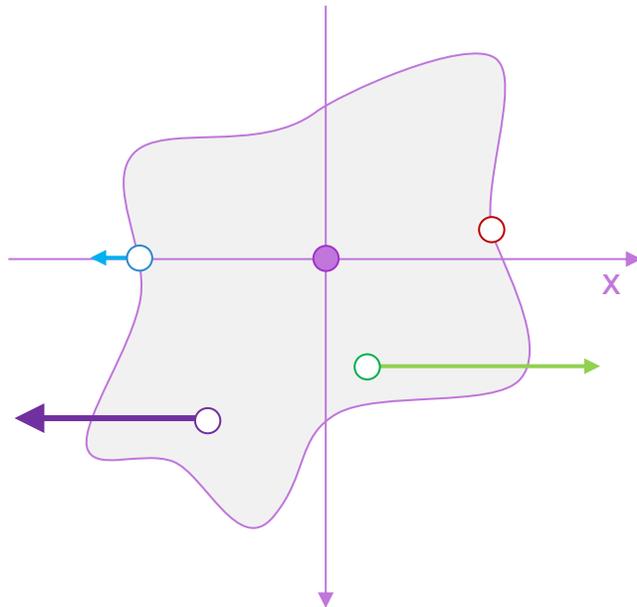
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



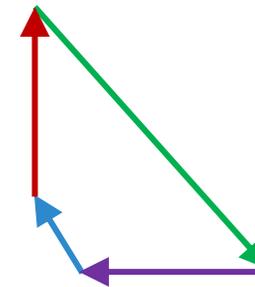
Lageplan

Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$

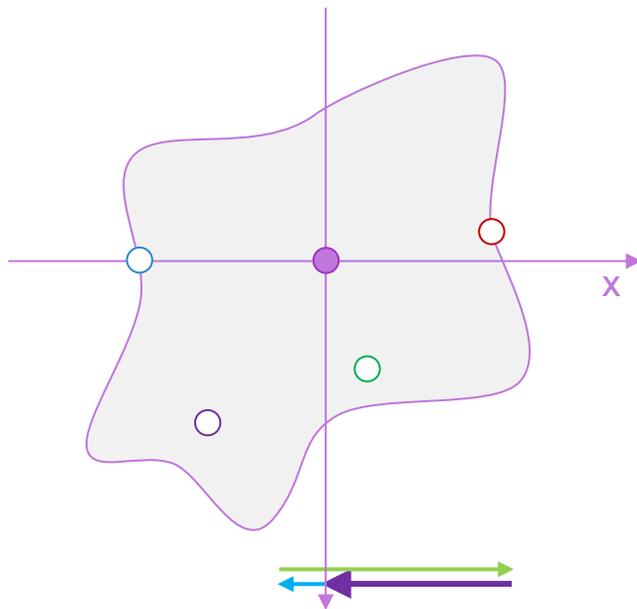


Kräfteplan: M 1cm $\hat{=}$ x kN

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



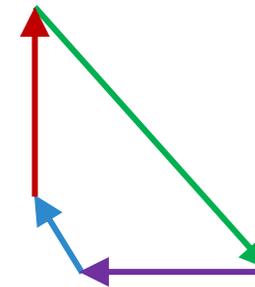
Lageplan

Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$

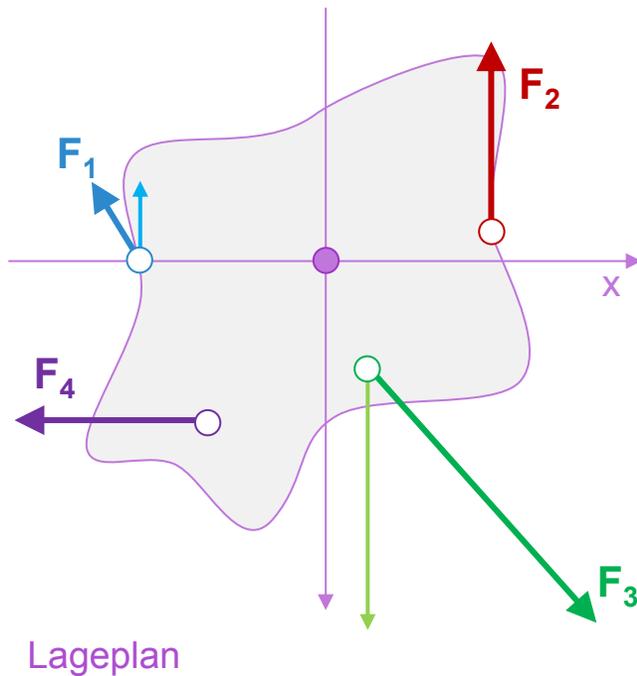


Kräfteplan: M 1cm $\hat{=}$ x kN

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.

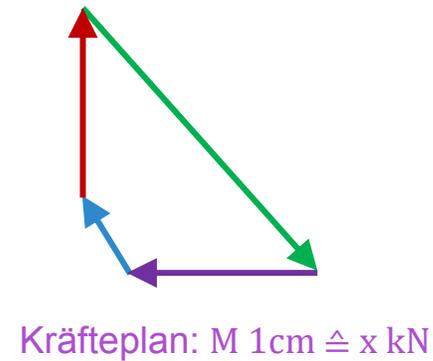


Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

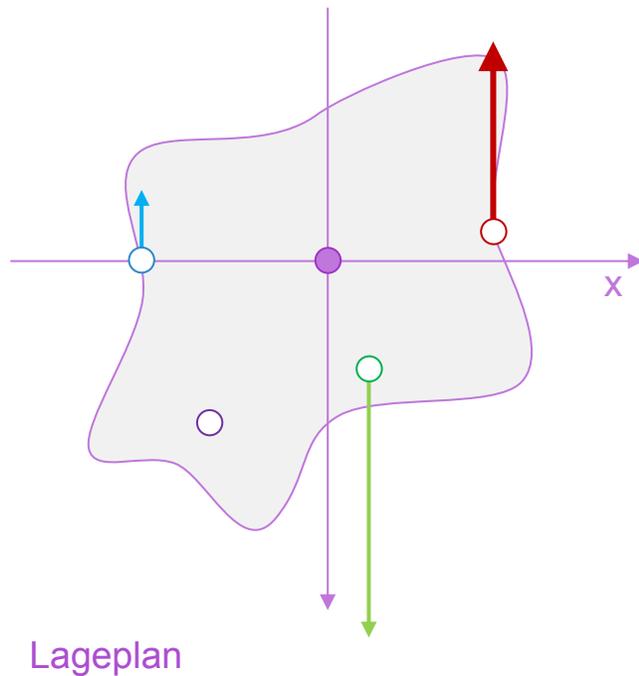
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.

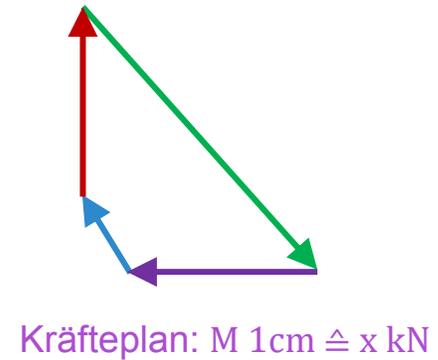


Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

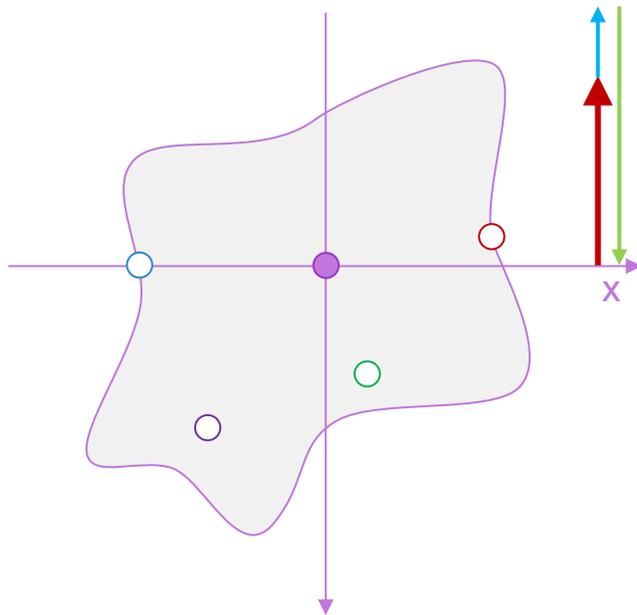
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



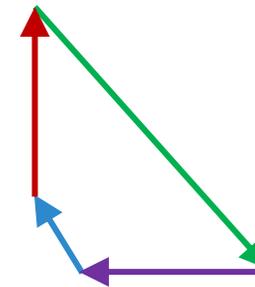
Lageplan

Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$

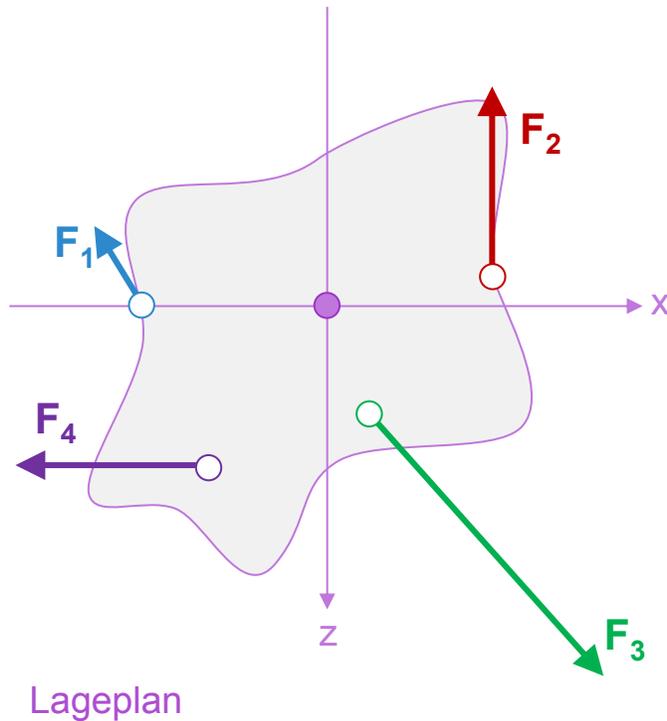


Kräfteplan: M 1cm $\hat{=}$ x kN

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

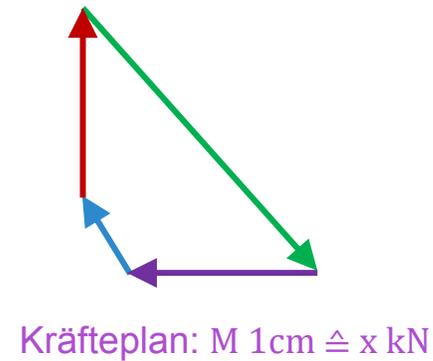
$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

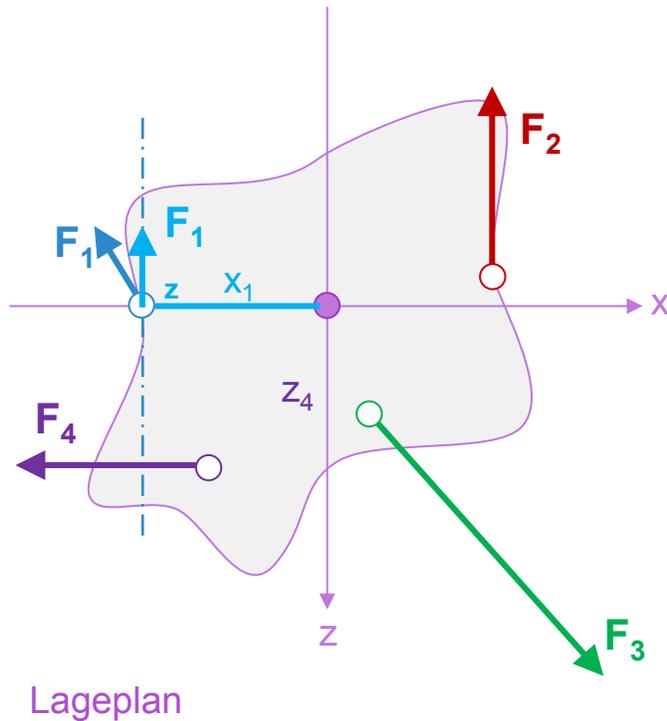
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

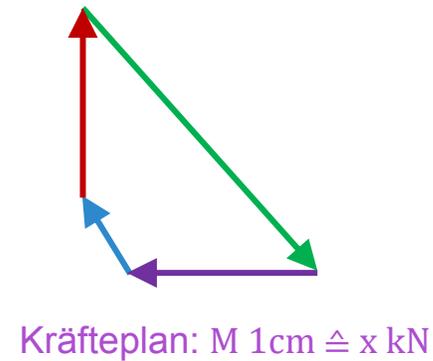
$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$
$$= -F_{1,z} \cdot x_1$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

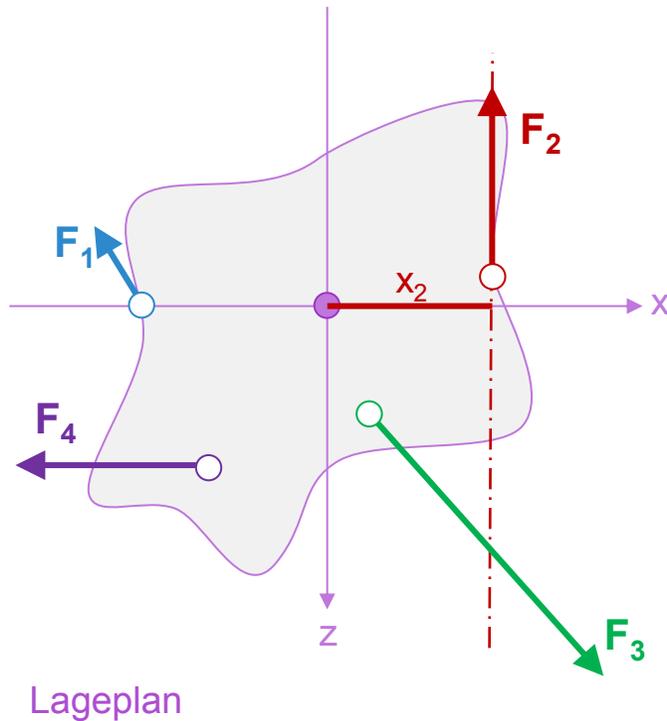
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

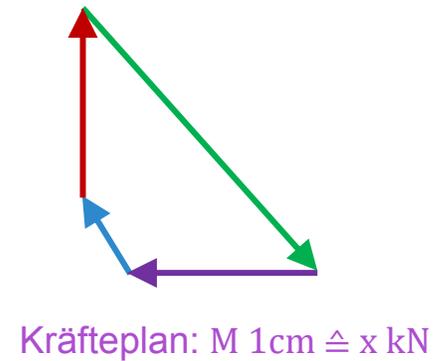
Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$

$$= -F_{1,z} \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

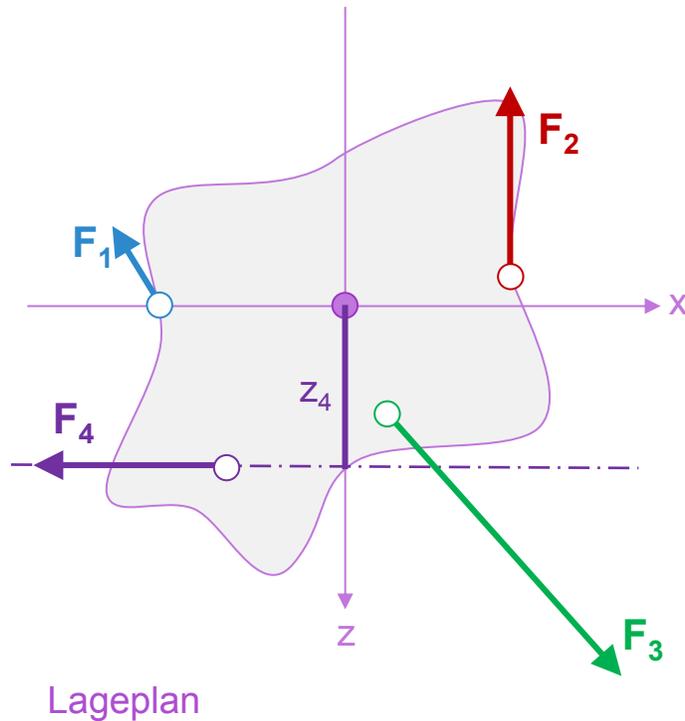
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

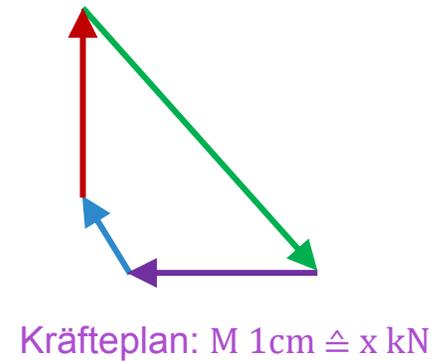
Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$

$$= -F_{1,z} \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 - F_4 \cdot z_4$$

Der Kräfteplan ist geschlossen.
Die Resultierende ist Null:

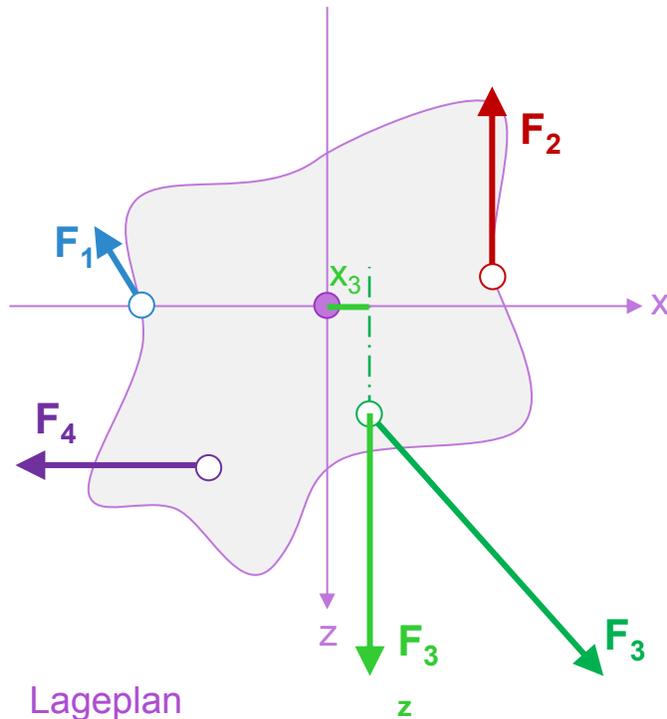
$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

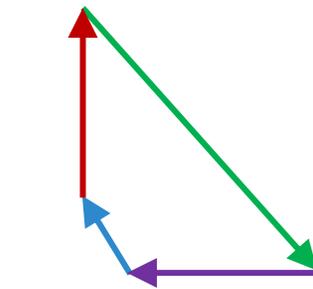
Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$

$$= -F_{1,z} \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 - F_4 \cdot z_4 - F_{3,z} \cdot x_3$$

Der Kräfteplan ist geschlossen. Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$

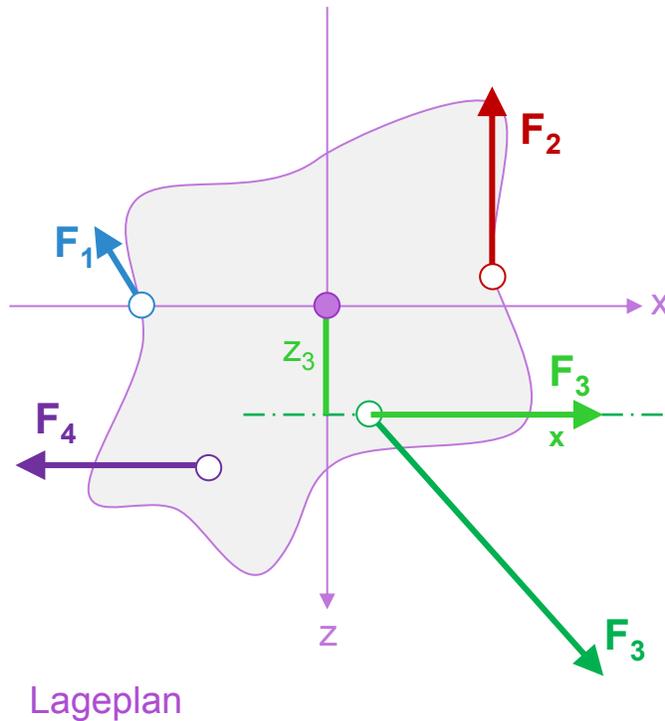


Kräfteplan: $M \ 1\text{cm} \hat{=} x \ \text{kN}$

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

ALLGEMEINES

Ein Körper im zentralen Kraftsystem befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Resultierende R und das resultierende Moment M_R aller Kräfte F_i auf diesen Körper null wird.



Die Summe der x- und z-Komponenten sind jeweils Null:

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

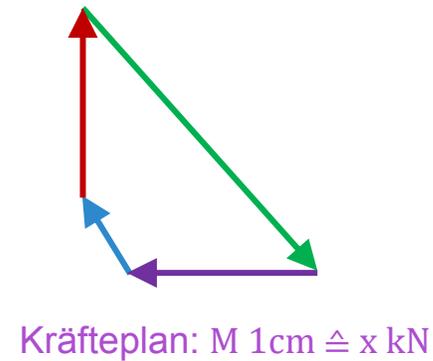
Die Summe aller Momente ist Null:

$$\sum M_i = 0$$

$$= -F_{1,z} \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 - F_4 \cdot z_4 - F_{3,z} \cdot x_3 + F_{3,x} \cdot z_3$$

Der Kräfteplan ist geschlossen. Die Resultierende ist Null:

$$R = \sum F_i = 0$$



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

GLEICHGEWICHTSBEDINGUNGEN (GGB)

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

$$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_i = 0$$

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

GLEICHGEWICHTSBEDINGUNGEN (GGB)

In geschlossenen ebenen Systemen stehen uns 3 Gleichgewichtsgleichungen zur Verfügung.

→ Mittels dieser Gleichungen können 3 Unbekannte Kräfte berechnet werden

→ In der Regel sind dies 3 Reaktionskräfte

$$\sum F_{i,x} = 0 \quad \sum F_{i,z} = 0$$

$$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_i = 0$$

Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.2 - TRIBÜNENDACH



Tribünendach Landgestüt Moritzburg

© Schulz & Uhlmann Architekten GmbH, Dresden

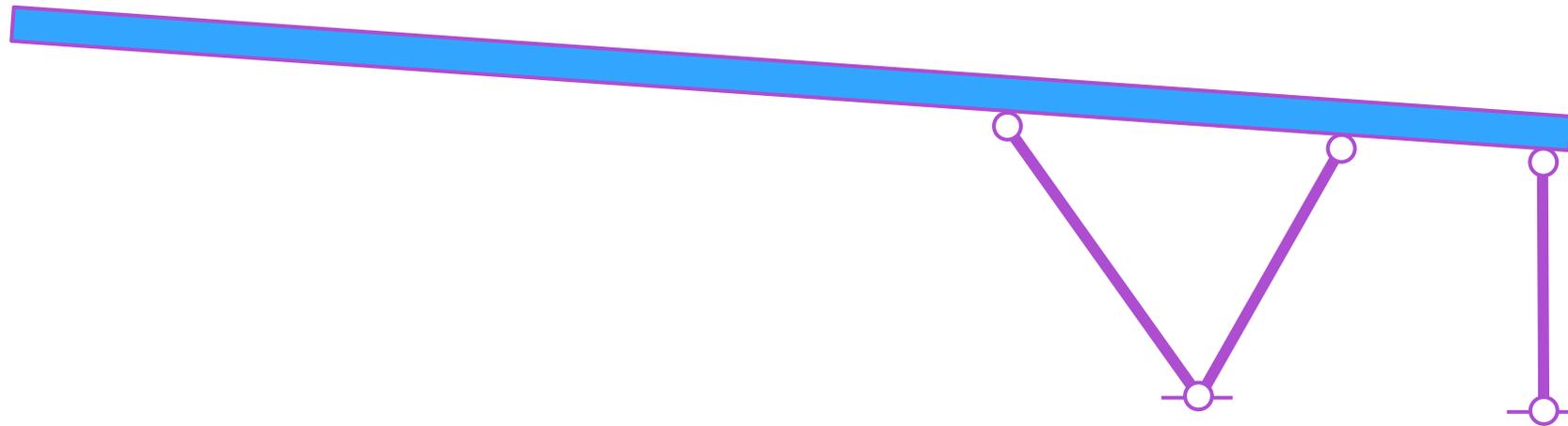
Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.2 - TRIBÜNENDACH



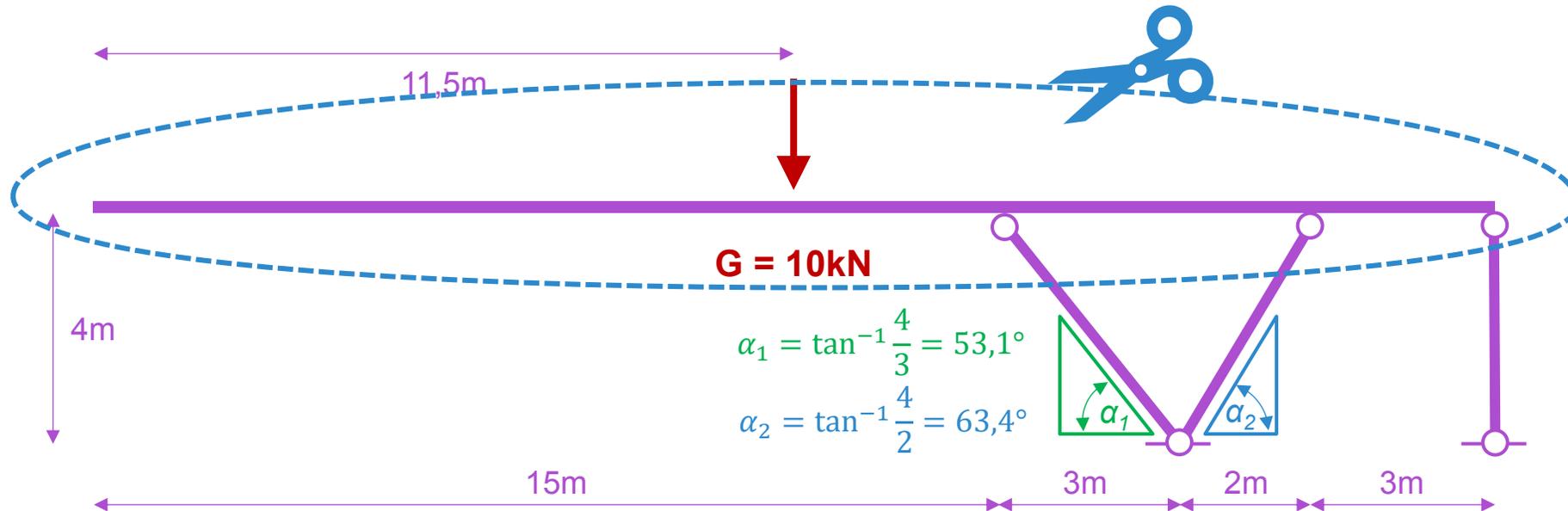
Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.2 - TRIBÜNENDACH



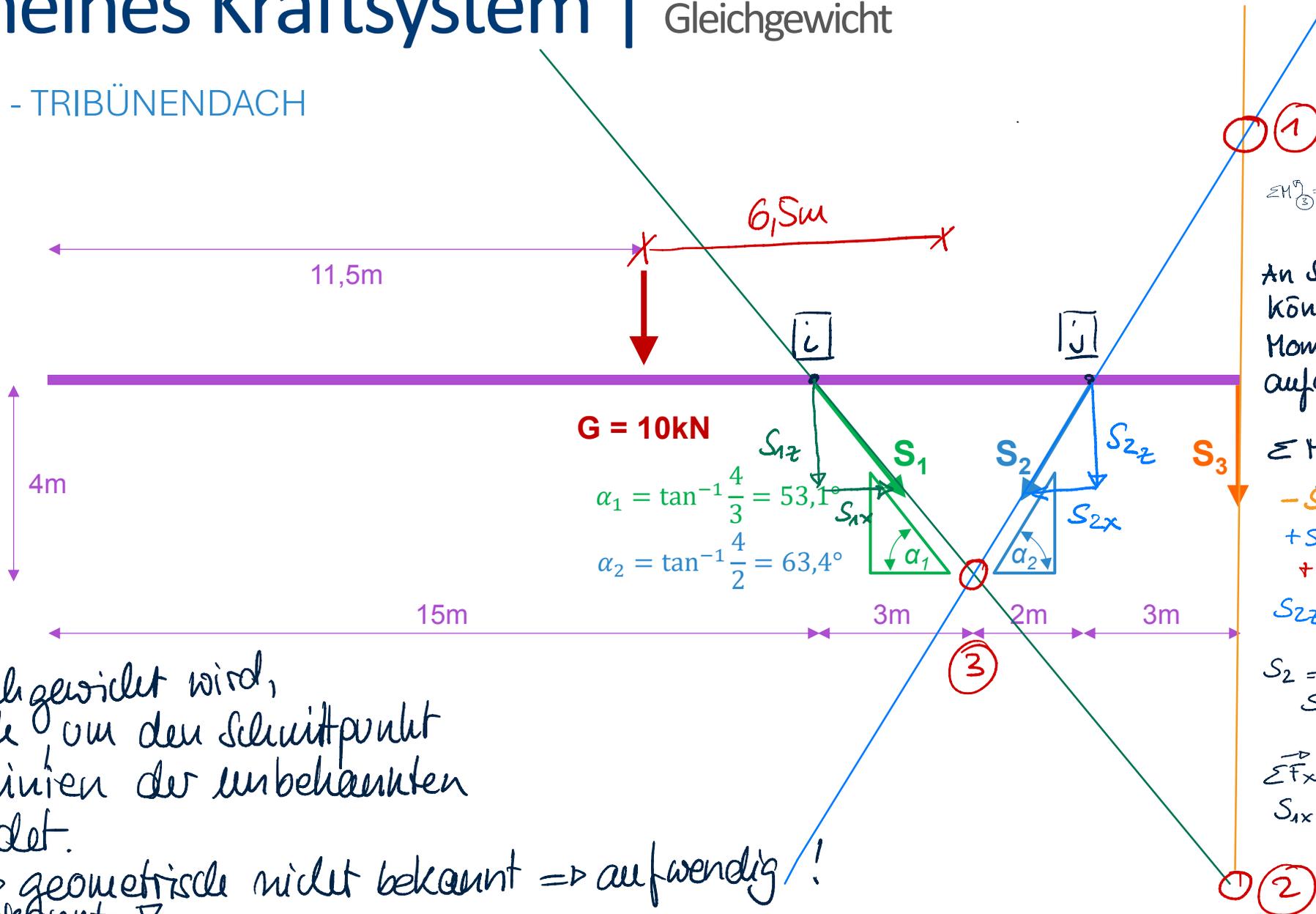
Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.2 - TRIBÜNENDACH



Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.2 - TRIBÜNENDACH



$$\sum H_{(3)}^{\circ} = 0: -S_3 \cdot 5m + S_1 \cdot 0 + S_2 \cdot 0 + 10kN \cdot 6,5m = 0$$

$$S_3 = 13kN$$

An Stelle der $\sum F_z$ | $\sum F_x$ können auch weitere Momentengleichgewichte aufgestellt werden

$$\sum M_i^{\circ} = 0:$$

$$-S_3 \cdot 8m + S_1 \cdot 0 + S_{2x} \cdot 0 - S_{2z} \cdot 5m + 10kN \cdot 3,5m = 0$$

$$S_{2z} \cdot 5m = -69kN$$

$$S_{2z} = -13,8kN$$

$$S_2 = S_{2z} / \sin \alpha_2 = -15,4kN$$

$$S_{2x} = \cos \alpha_2 \cdot S_2 = -6,91kN$$

$$\sum F_x = 0: S_{1x} - S_{2x} = 0$$

$$S_{1x} = S_{2x} = -6,91kN$$

$$S_1 = \frac{S_{1x}}{\sin \alpha_1} = -8,6kN$$

Das Momentengleichgewicht wird, wenn möglich um den Schnittpunkt der Wirkungslinien der unbekannt Kräfte gebildet.

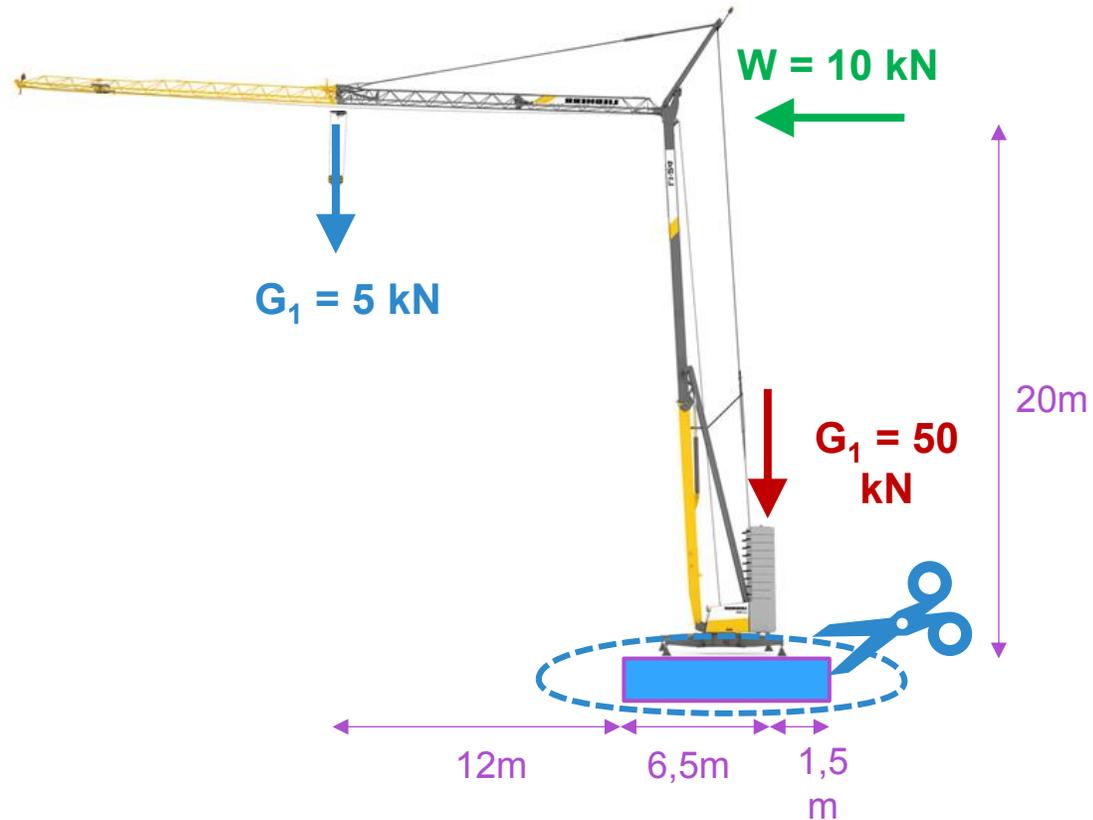
Punkt ① | ② => geometrisch nicht bekannt => aufwendig!
 Punkt ③ = bekannt

Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.3 – KRANFUNDAMENT AUFLAGERKRÄFTE

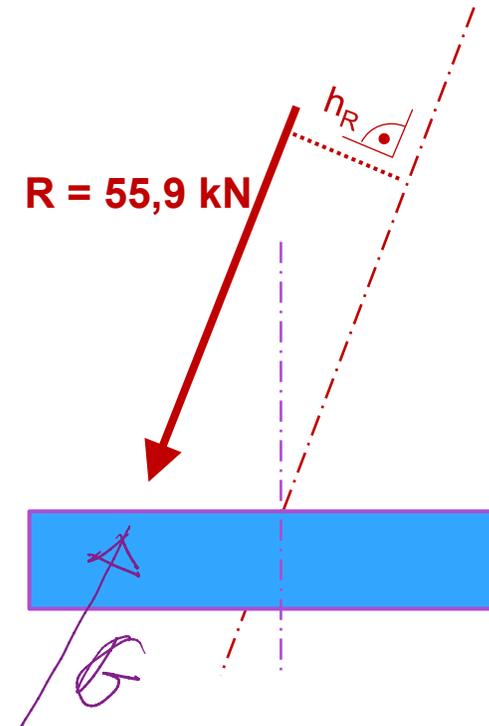
Gesucht:

Auflagerkräfte am Kranfundament



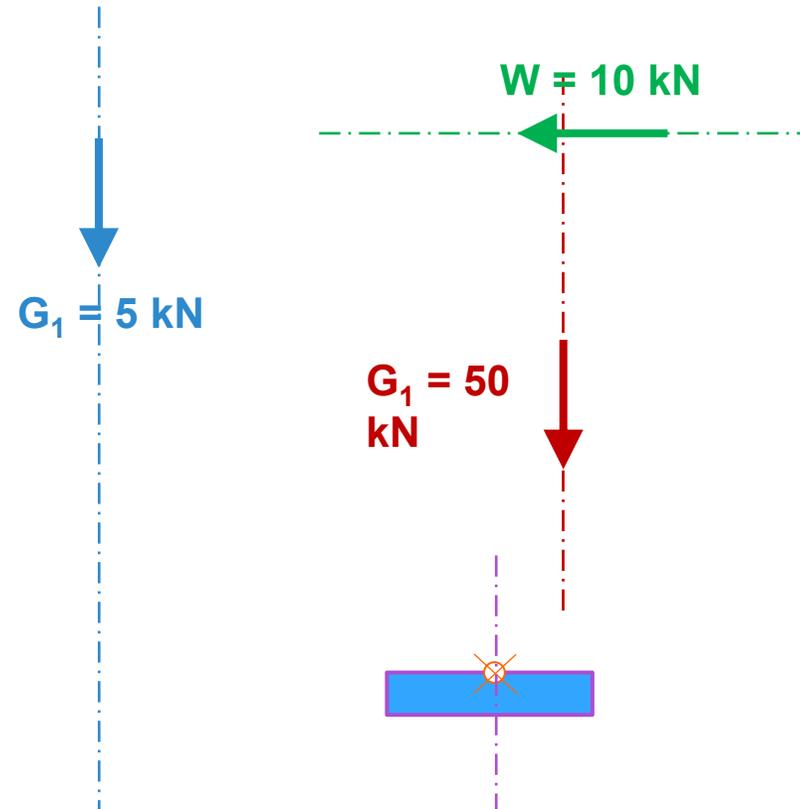
Allgemeines Kraftsystem | Gleichgewicht

BEISPIEL 3.3 – AUFLAGERKRÄFTE AM KRANFUNDAMENT



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.3 – AUFLAGERKRÄFTE AM KRANFUNDAMENT



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 1



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 1



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 1

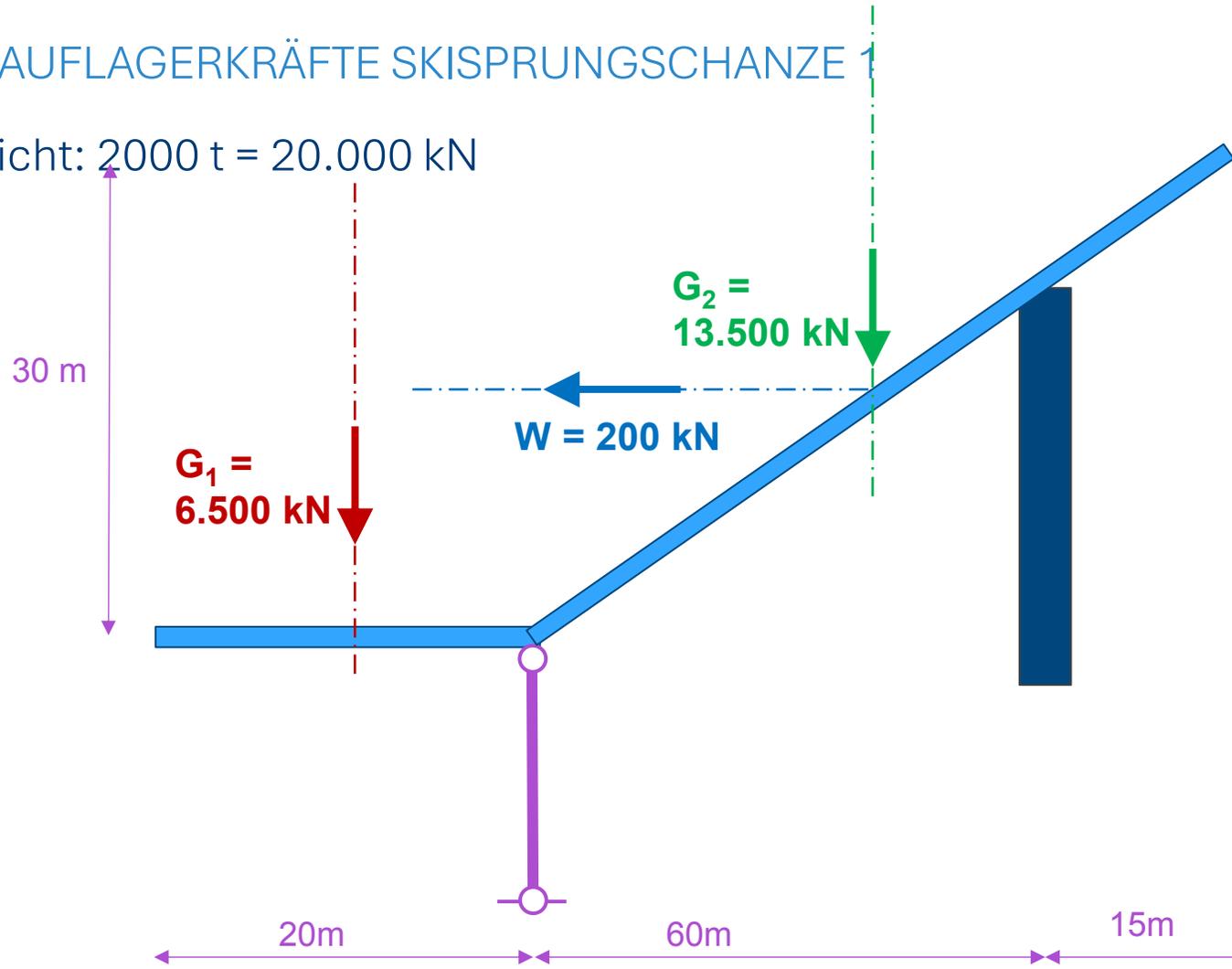


© Frank Härtl

Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 1

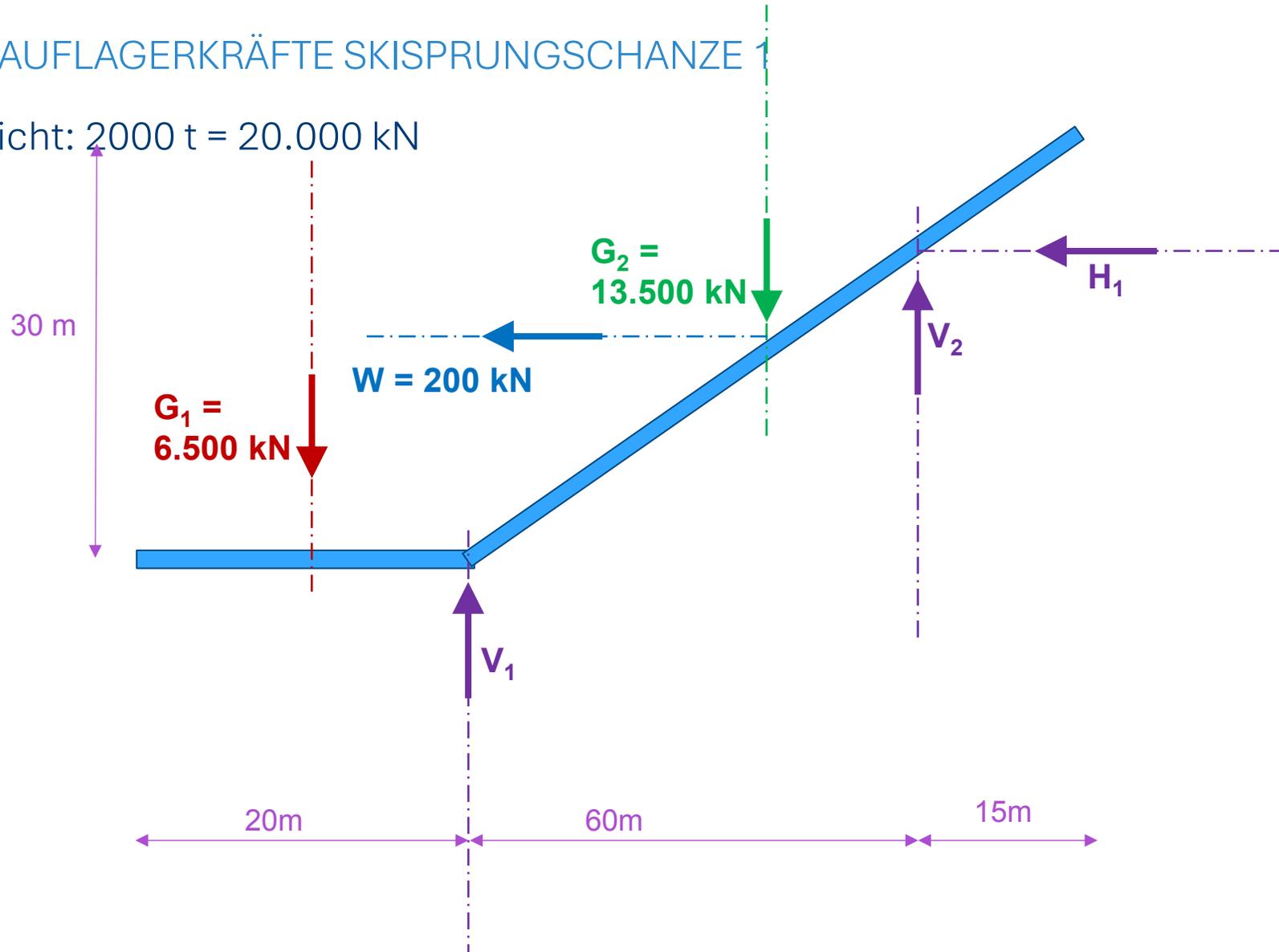
Annahme Gewicht: 2000 t = 20.000 kN



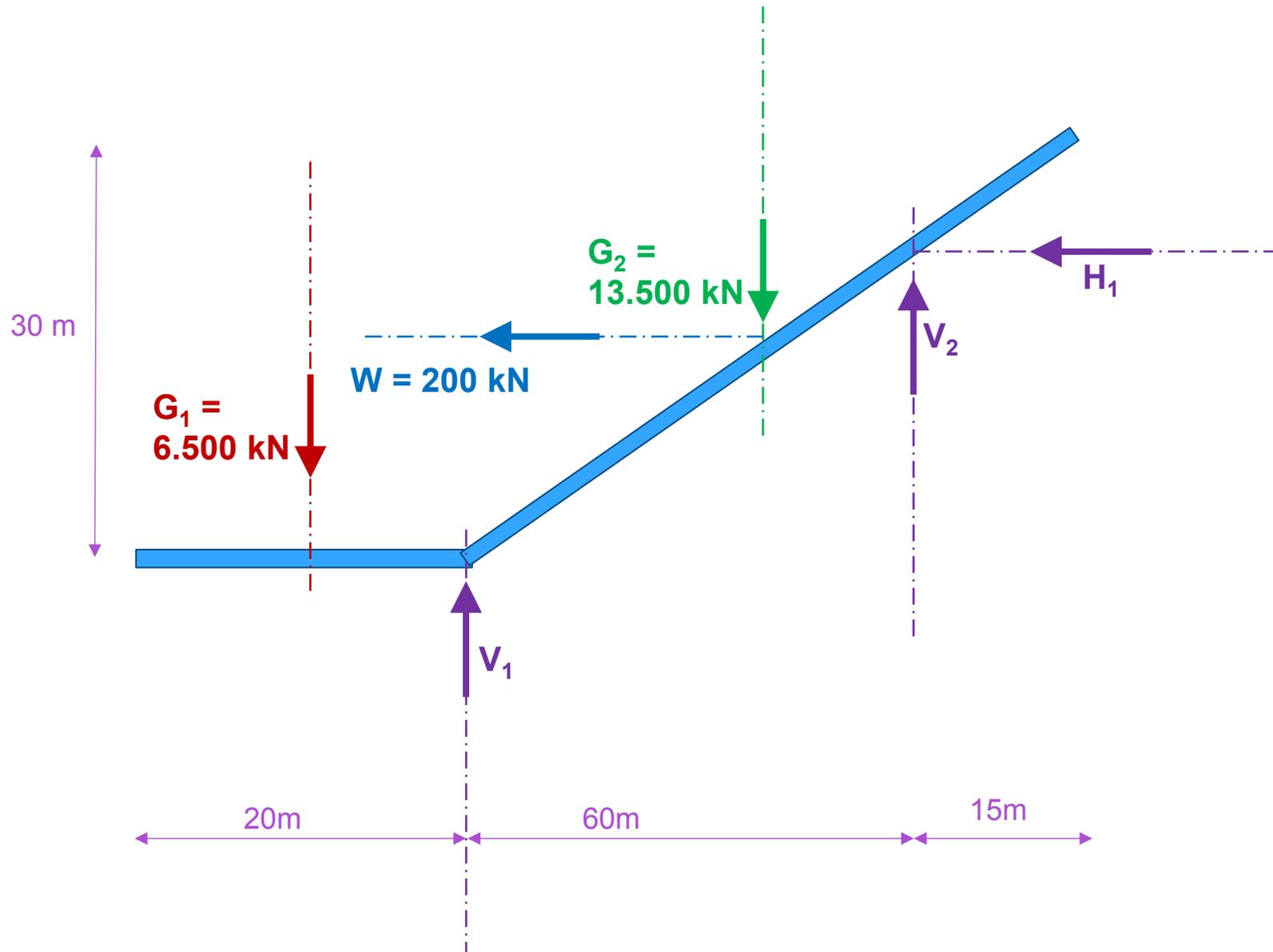
Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 1

Annahme Gewicht: 2000 t = 20.000 kN

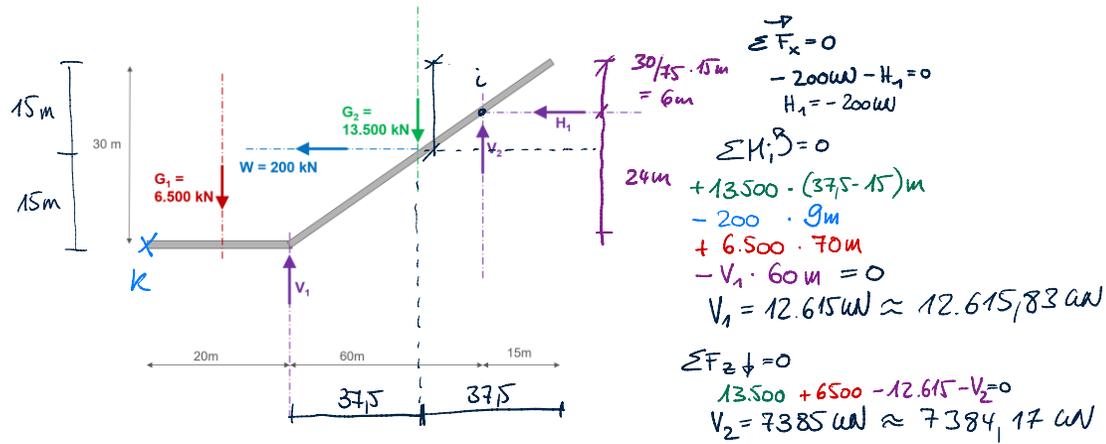


Allgemeines Kraftsystem | Resultierende



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSSCHANZE 1



Unabhängige Kontrolle $\sum M$ um einen Punkt, durch den keine der WL der Kräfte, die berechnet wurden geht.

$$\sum M_K^B = 0: \quad -6500 \cdot 10m + 12615 \cdot 20m + 200 \cdot 15m - 13500 \cdot 57,5 + 7385 \cdot 80m + (-200) \cdot 24m = 50 \approx 0$$

mit 2 Nachkommastellen $\approx 0,2 \checkmark = 0$

$\Rightarrow \hat{=} 0,3\%$ von G = ausreichend genau !!

Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



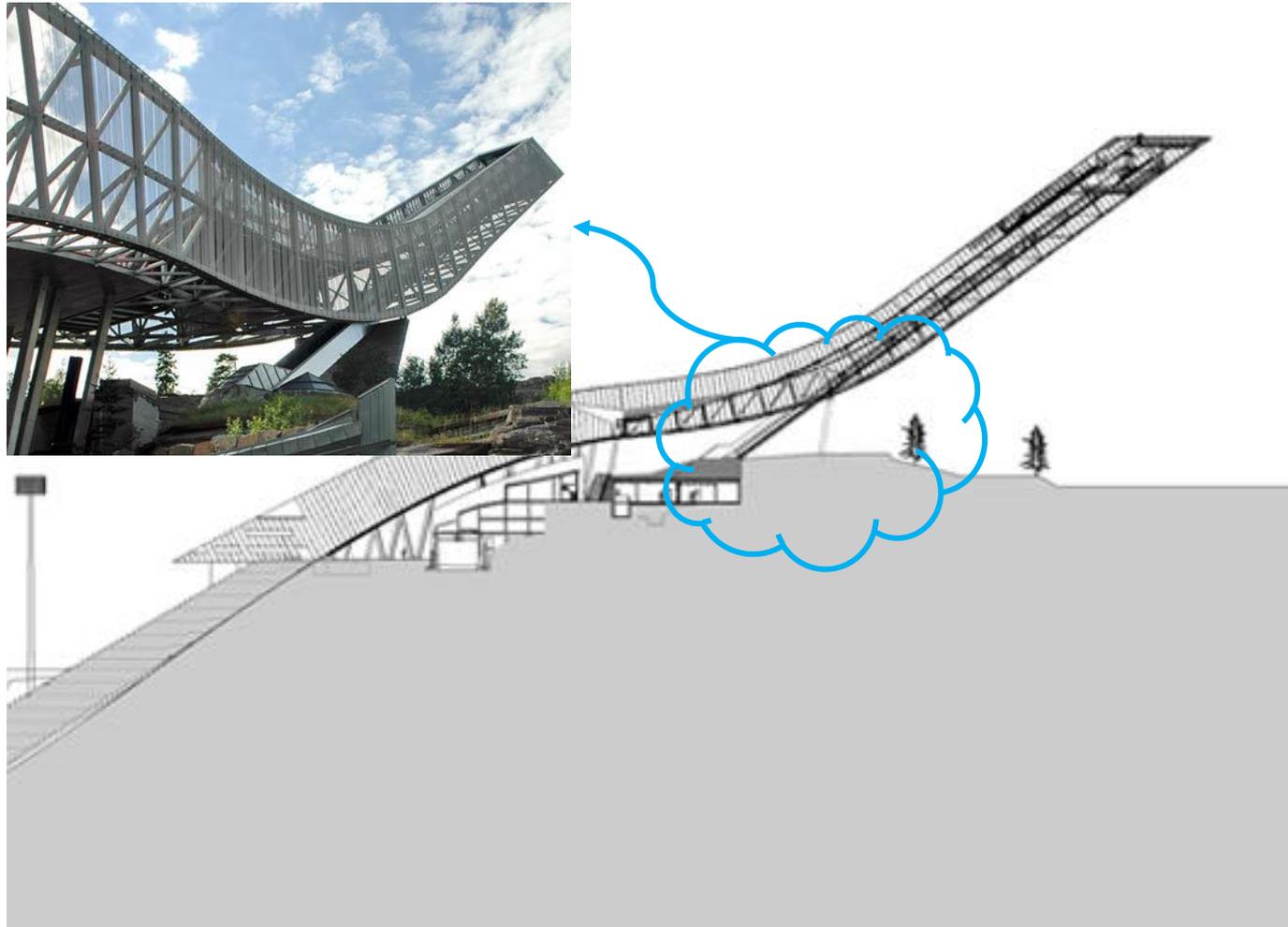
Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



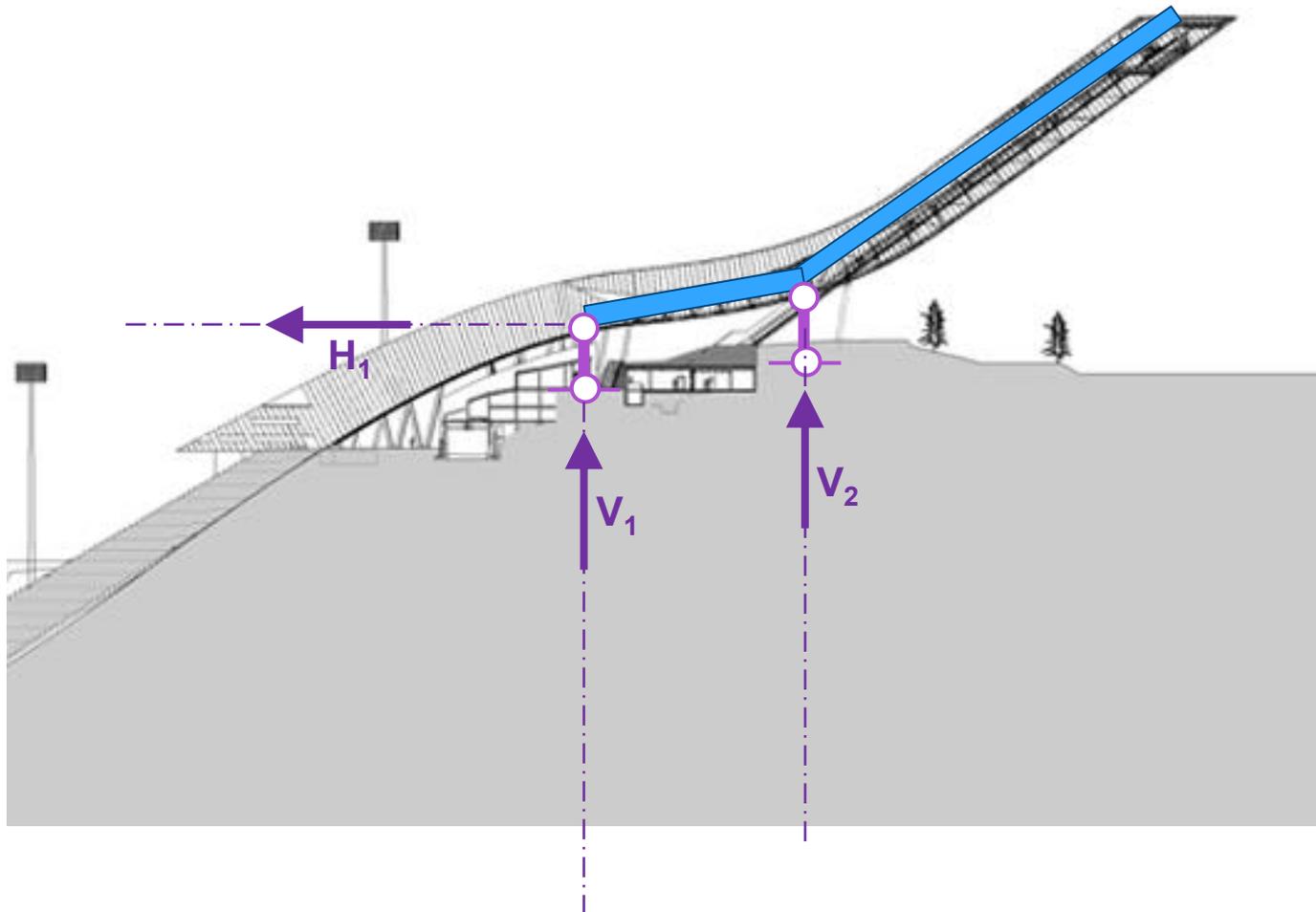
Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



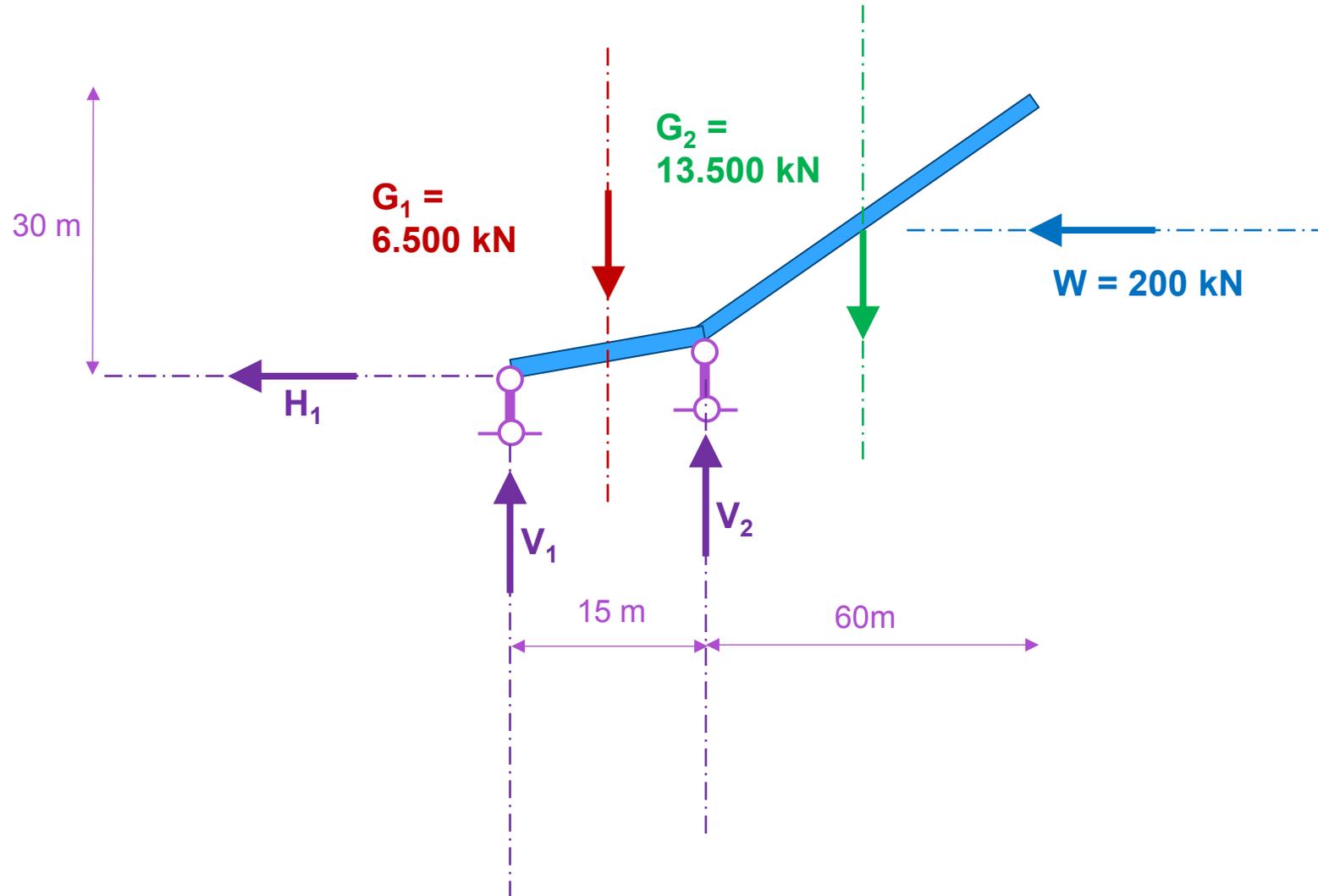
Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



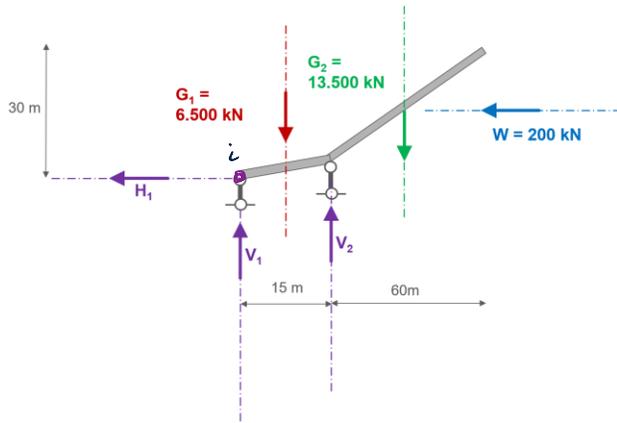
Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



Allgemeines Kraftsystem | Resultierende

BEISPIEL 3.4 – AUFLAGERKRÄFTE SKISPRUNGSCHANZE 2



$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad H_1 = -200 \text{ kN}$$

$$\sum M_i B = 0:$$

$$\begin{aligned} & -6.500 \text{ kN} \cdot 7,5 \text{ m} - 13.500 \cdot 45 \text{ m} \\ & + 200 \text{ kN} \cdot 15 \text{ m} \\ & + V_2 \cdot 15 \text{ m} = 0 \end{aligned}$$

$$V_2 = 43.550 \text{ kN}$$

$$\sum F_z \downarrow = 0$$

$$13.500 + 6.500 - 43.550 - V_1 = 0$$

$$V_1 = -23.550 \text{ kN}$$