



Engaging Physics Tutoring

Lektion 5

Newton's Gesetze
Reibung

Aufgaben

Eisschnellauf

Eisschnellauf

Mujinga Kambundji versucht sich im Eisschnellauf. Sie schafft es, sich mit einer konstanten Kraft von $F_{\text{vor}} = 80 \text{ N}$ anzutreiben.

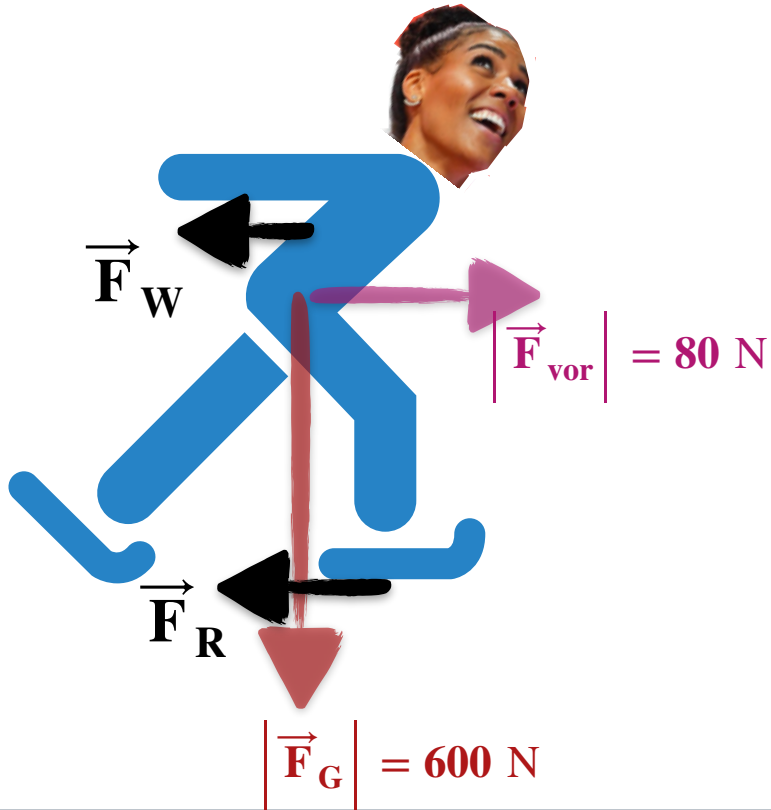
In voller Montur erfährt Kambundji etwa die Gewichtskraft $F_G = 600 \text{ N}$.



Frage:

Welche Reibungskräfte wirken auf Kambundji?

Eisschnellauf



Frage:

Welche Reibungskräfte wirken auf Kambundji?

Gleitreibung Kufe - Eis: $|\vec{F}_R| = ???$

Annahme $\mu = 0.05$

Luftwiderstand \vec{F}_W

Annahme $|\vec{F}_W| = \alpha v^2$ $\alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Eisschnellauf

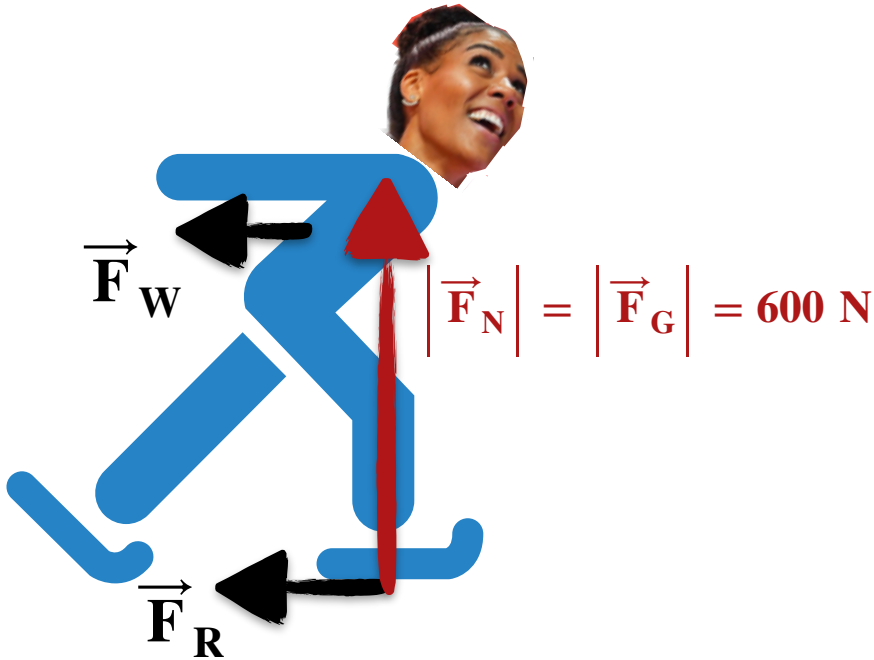
Gleitreibung Kufe - Eis:

Annahme $\mu = 0.05$

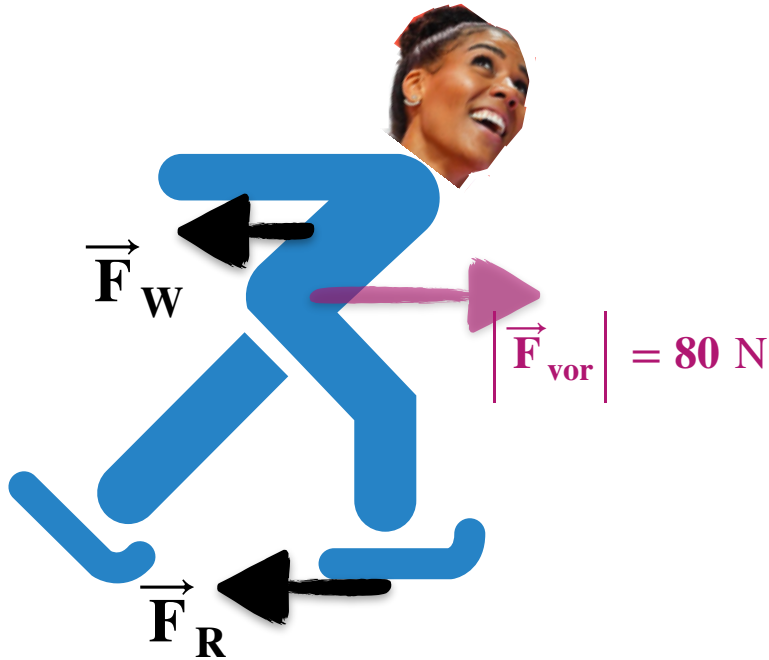
$$|\vec{F}_R| = \mu \cdot |\vec{F}_N| = \mu \cdot |\vec{F}_G| = 30 \text{ N}$$

Luftwiderstand \vec{F}_W

Annahme $|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$



Eisschnellauf



$$|\vec{F}_R| = 30 \text{ N}$$

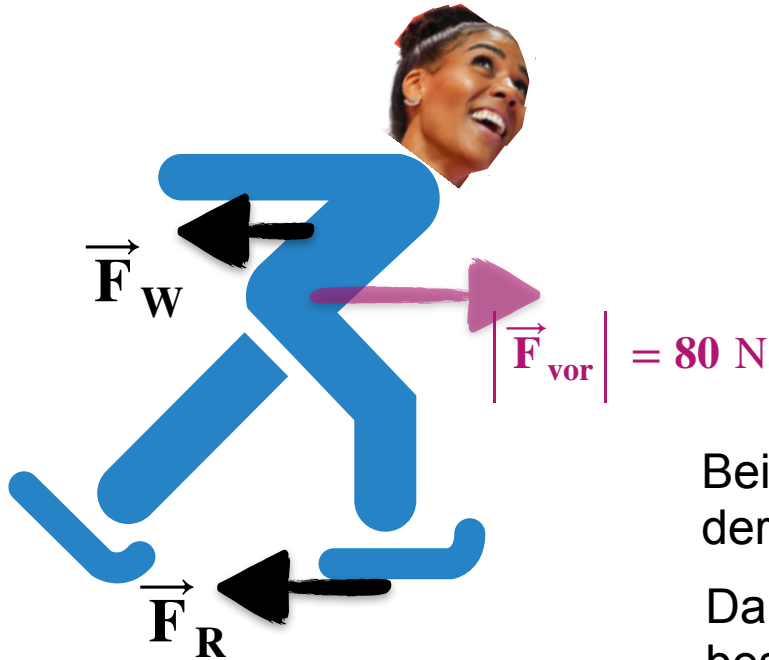
$$|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Frage:

Bei welcher Geschwindigkeit sind die Beträge von Luftwiderstand und Gleitreibung gleich gross?

Wie sieht die Beschleunigung bei viel kleineren Geschwindigkeiten aus?

Eisschnellauf



$$|\vec{F}_R| = 30 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$|\vec{F}_R| = |\vec{F}_W|$$

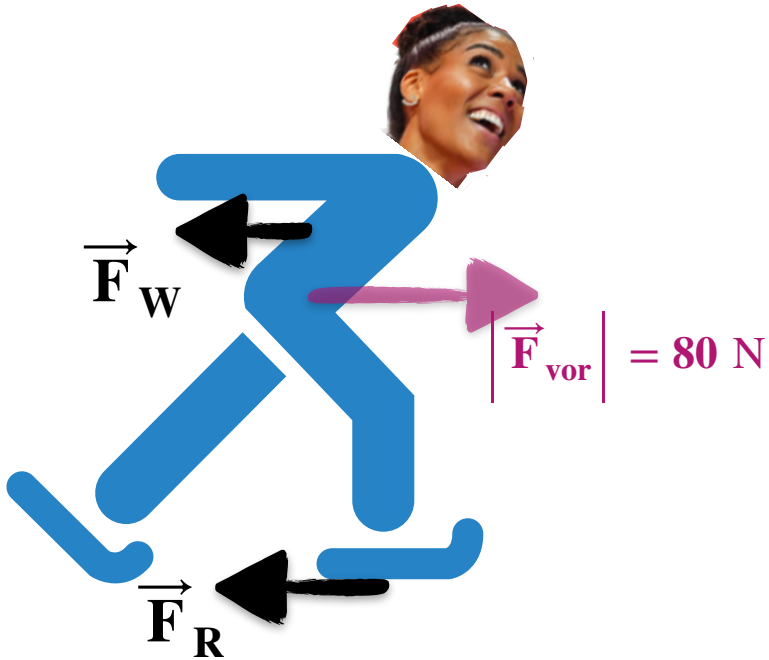
$$\Rightarrow v_{\text{equal}} = \sqrt{\frac{F_R}{\alpha}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bei viel kleineren Geschwindigkeiten wird der Luftwiderstand vernachlässigbar klein.

Dann wird Kambundji nahezu konstant beschleunigt von der Kraft

$$F_{\text{res}} \left(v \ll v_{\text{equal}} \right) \approx F_{\text{vor}} - F_R$$

Eisschnellauf



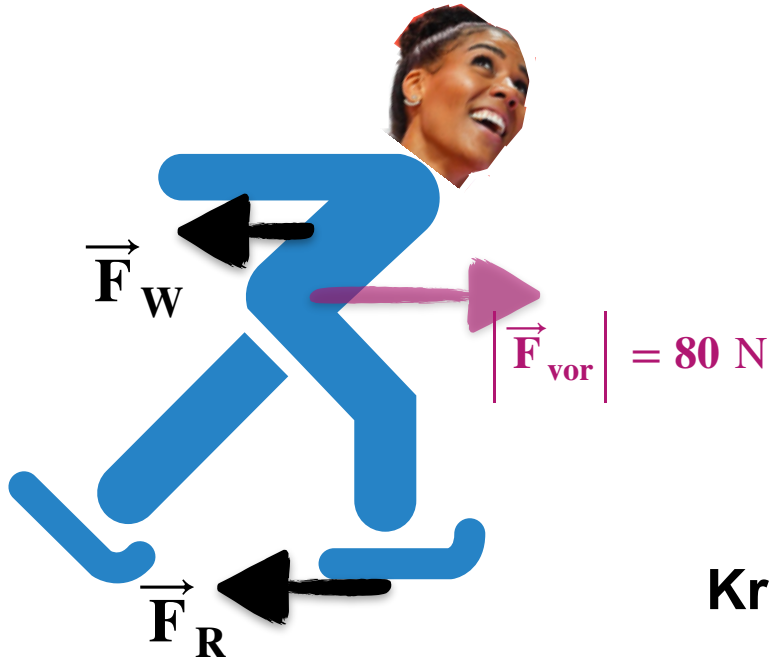
$$|\vec{F}_R| = 30 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Frage:

Welche Maximalgeschwindigkeit erreicht Kambundji?

Eisschnellauf



$$|\vec{F}_R| = 30 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Frage:

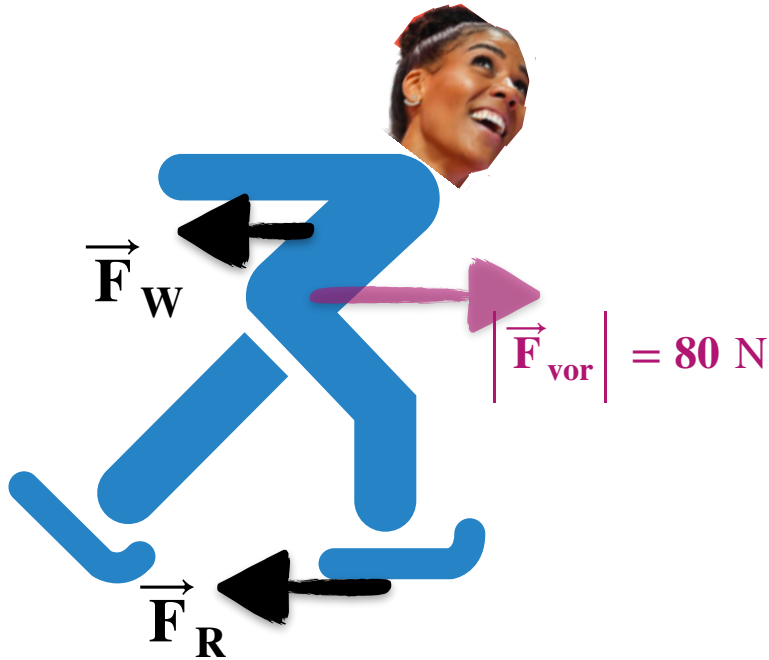
Welche Maximalgeschwindigkeit erreicht Kambundji?

Kräftegleichgewicht!

F_G und F_N heben sich auf

⇒ betrachte nur horizontale Kräfte

Eisschnellauf



$$|\vec{F}_R| = 30 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_W| = \alpha v^2 \quad \alpha = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

A) Kräftegleichgewicht aufstellen:

$$\vec{F}_{\text{vor}} + \vec{F}_R + \vec{F}_W = 0$$

$$\Rightarrow |\vec{F}_{\text{vor}}| = |\vec{F}_R| + |\vec{F}_W|$$

B) Umstellen und Ausrechnen:

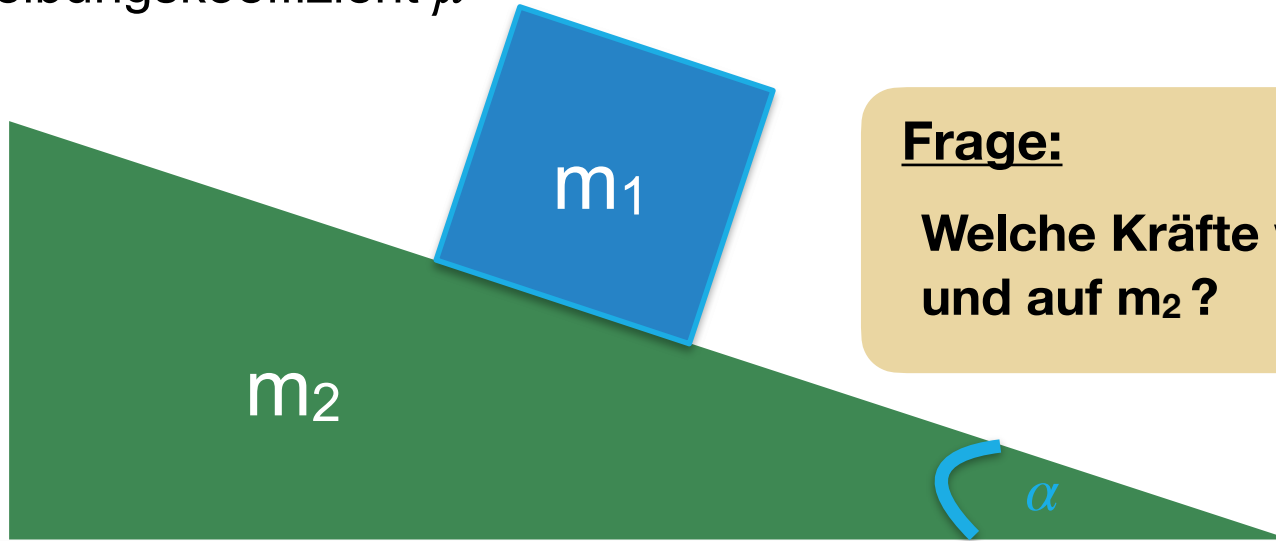
$$v^2 = \frac{|\vec{F}_{\text{vor}}| - |\vec{F}_R|}{\alpha} \quad v = 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 46.5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Block gleitet auf Rampe

Block auf Rampe

m_1 gleitet auf Rampe ab,
mit Reibungskoeffizient μ

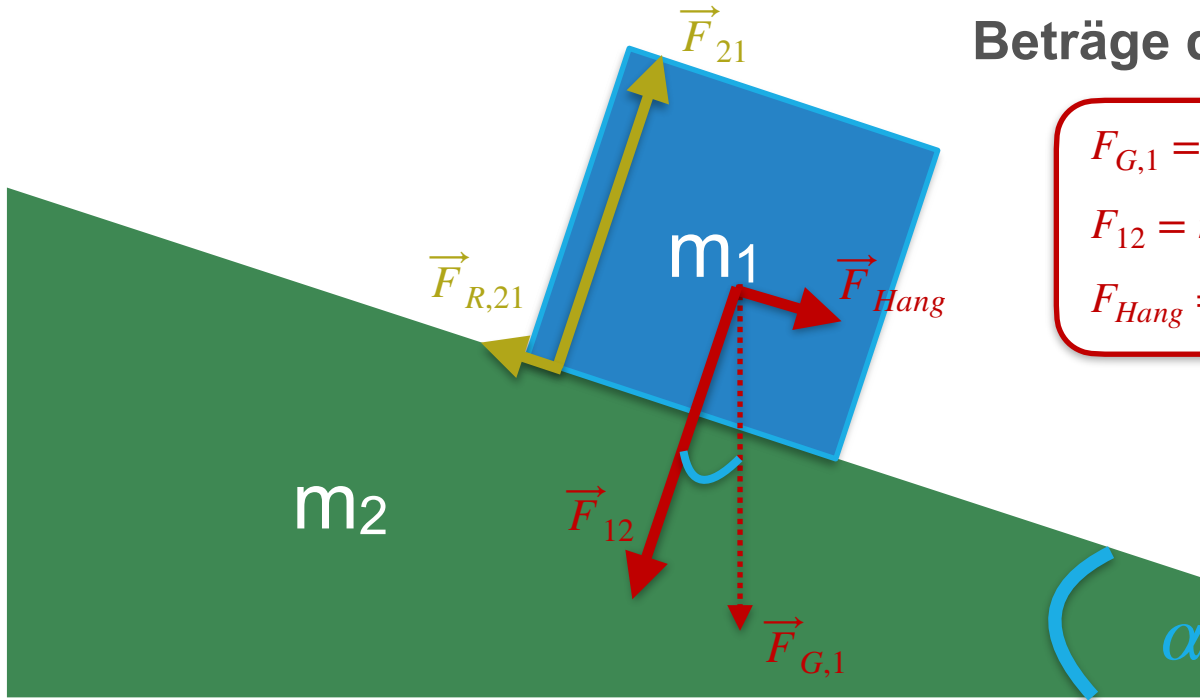
m_2 haftet auf Ebene



Frage:

**Welche Kräfte wirken je auf m_1
und auf m_2 ?**

Block auf Rampe - Kräfte auf m_1



Beträge der Kräfte:

$$F_{G,1} = m_1 g$$

$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos \alpha$$

$$F_{Hang} = m_1 g \cdot \sin \alpha$$

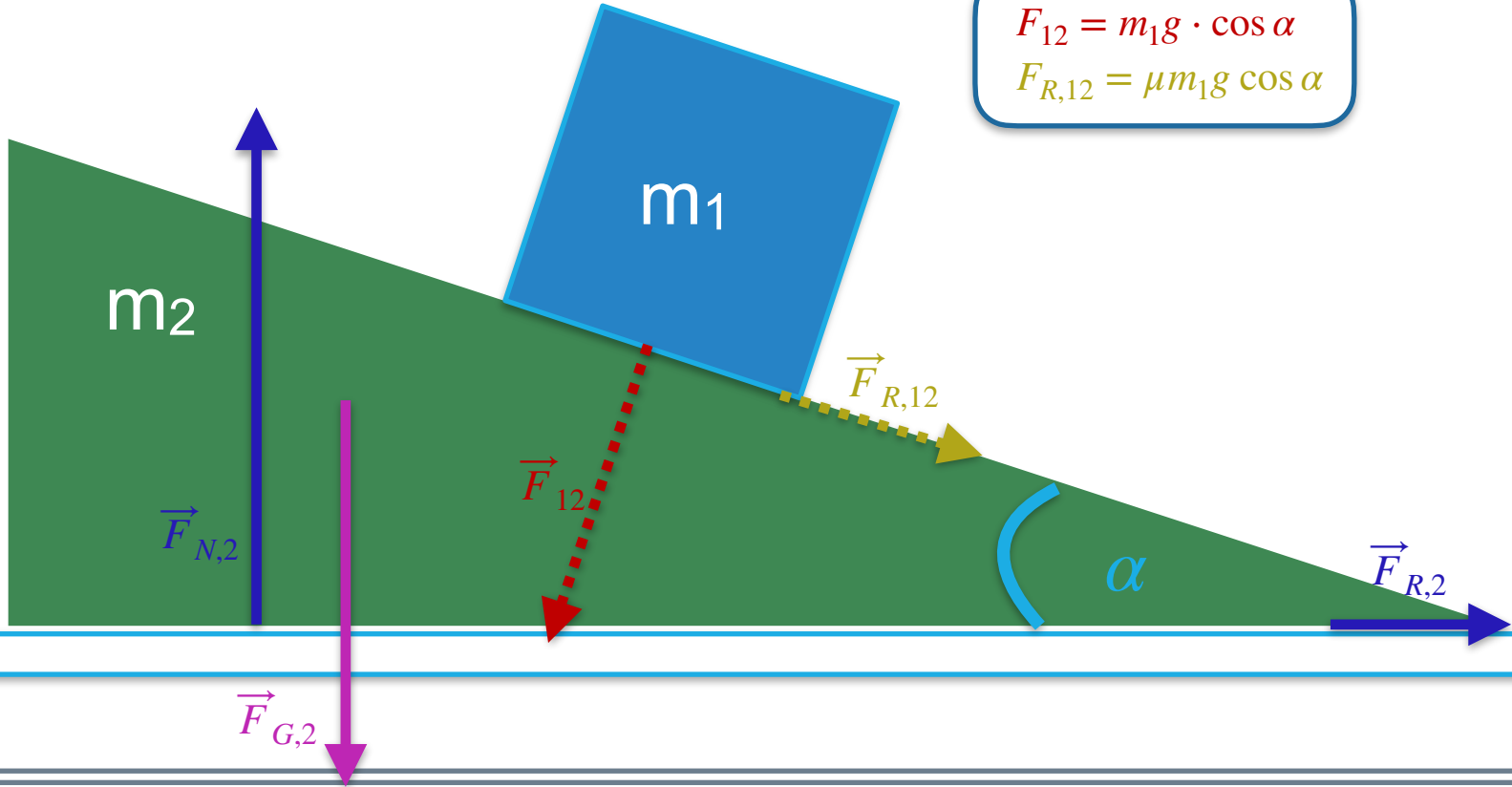
$$|F_{21}| = |F_{12}| = m_1 g \cos \alpha$$

$$F_{R,21} = \mu F_{21} = \mu m_1 g \cos \alpha$$

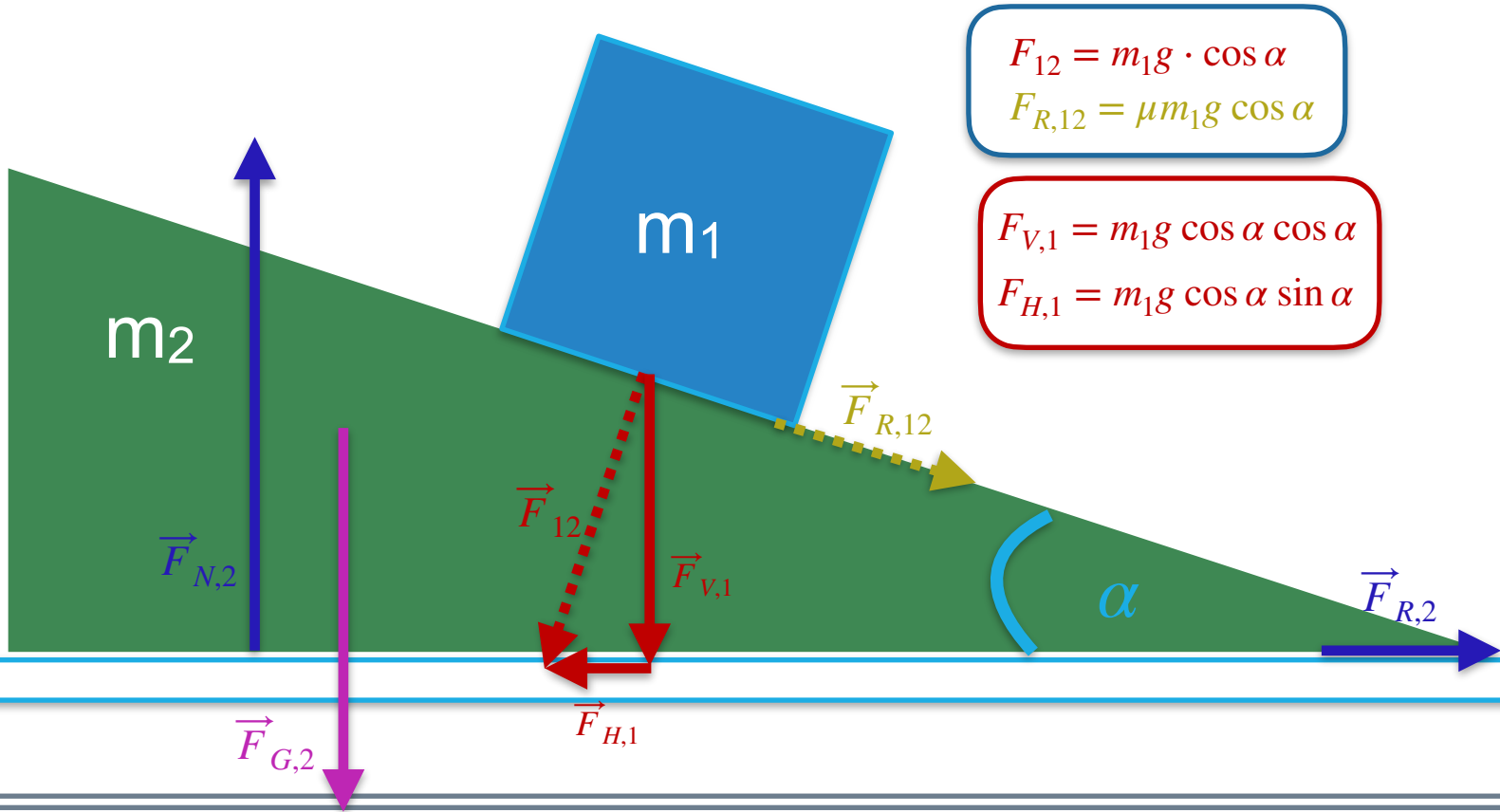
Block auf Rampe - Kräfte auf m_2

$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos \alpha$$

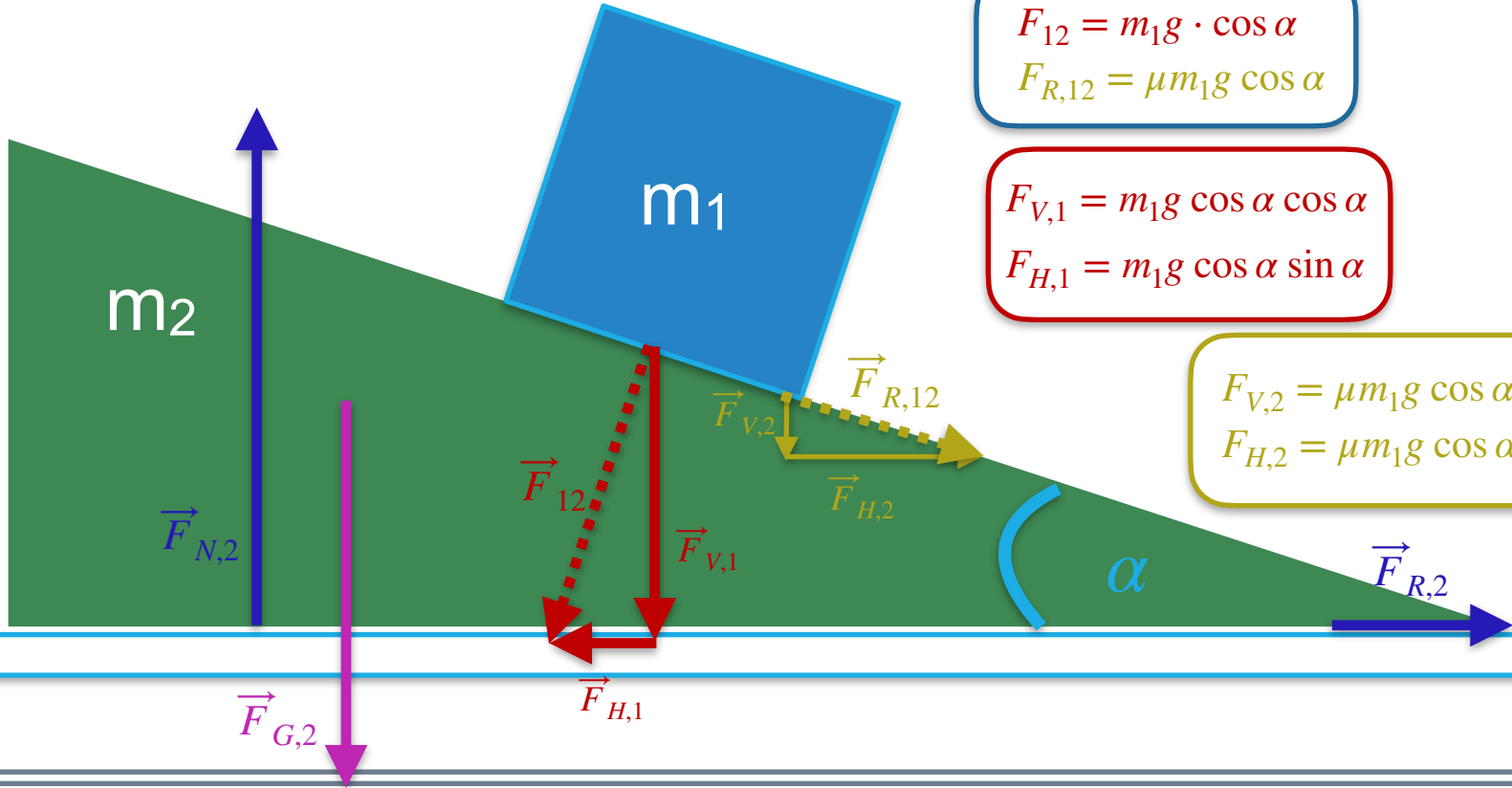
$$F_{R,12} = \mu m_1 g \cos \alpha$$



Block auf Rampe - Kräfte auf m_2



Block auf Rampe - Kräfte auf m_2



$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos \alpha$$

$$F_{R,12} = \mu m_1 g \cos \alpha$$

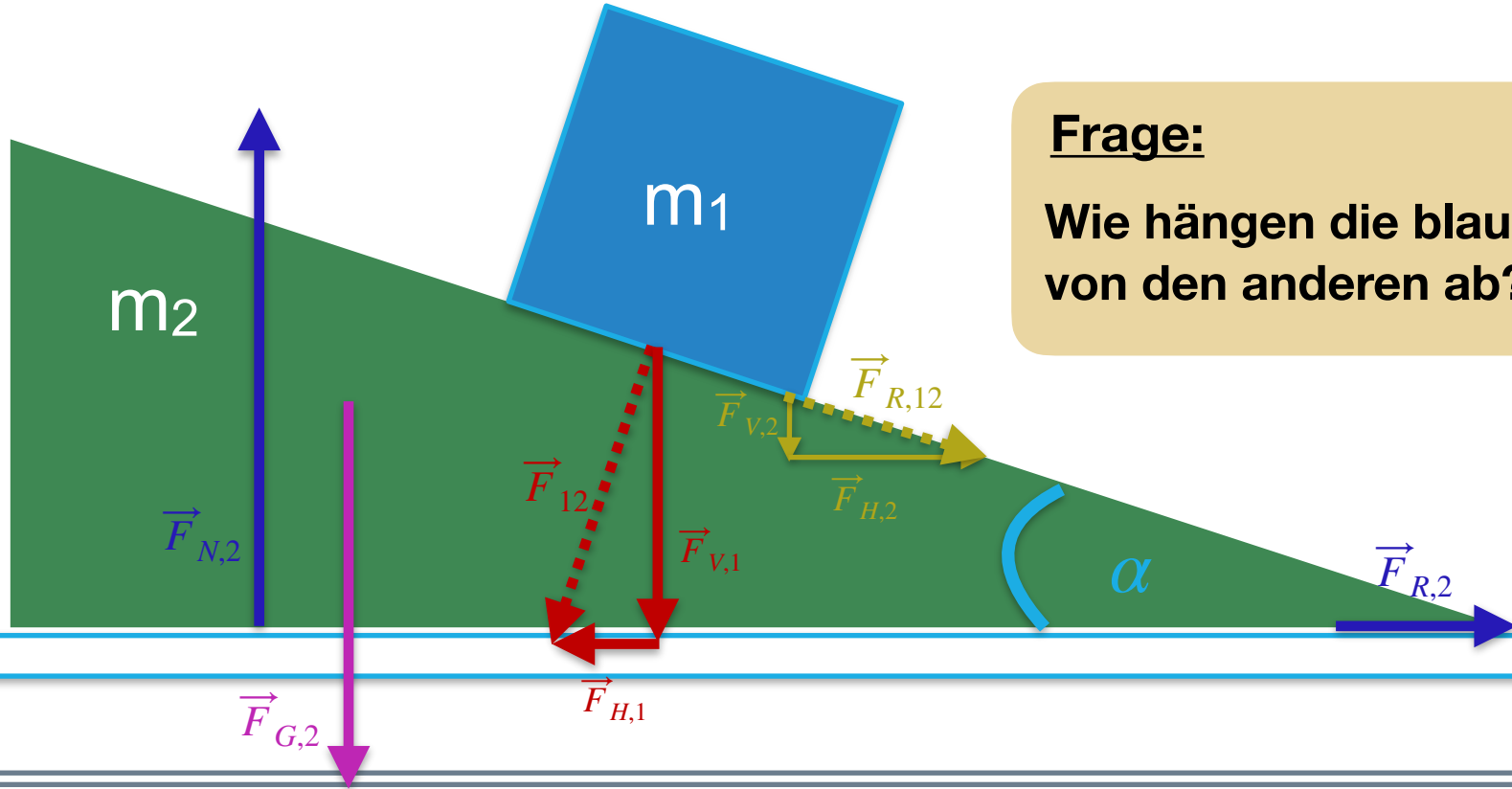
$$F_{V,1} = m_1 g \cos \alpha \cos \alpha$$

$$F_{H,1} = m_1 g \cos \alpha \sin \alpha$$

$$F_{V,2} = \mu m_1 g \cos \alpha \sin \alpha$$

$$F_{H,2} = \mu m_1 g \cos \alpha \cos \alpha$$

Block auf Rampe - Kräfte kombinieren



Frage:

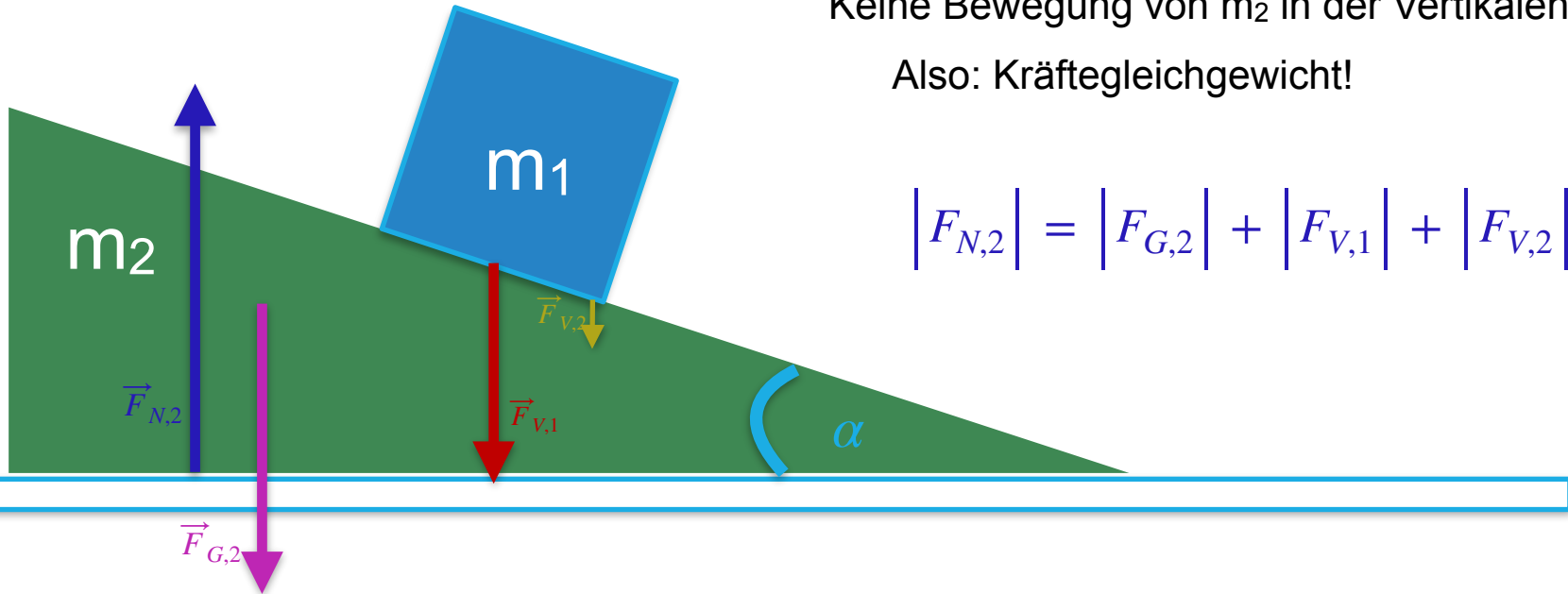
Wie hängen die blauen Kräfte von den anderen ab?

Block auf Rampe - vertikal kombinieren

Bedingung für $F_{N,2}$:

Keine Bewegung von m_2 in der Vertikalen

Also: Kräftegleichgewicht!



$$|F_{N,2}| = |F_{G,2}| + |F_{V,1}| + |F_{V,2}|$$

Block auf Rampe - horizontal kombinieren

Bedingung für $F_{R,2}$:

m_2 haftet auf Boden, also keine Bewegung

Kräftegleichgewicht auch hier!

$$|F_{R,2}| + |F_{H,2}| = |F_{H,1}|$$

Haftreibung zwischen Rampe und Ebene
muss gross genug sein, um $F_{R,2}$ aufzubringen!

$$|F_{R,2}| \stackrel{!}{\leq} \mu_0 |F_{N,2}|$$

