

## zu 2.2 Newtons Gesetze

$$\sum \vec{F}_i = \vec{0} \rightarrow \vec{a} = 0$$

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}$$

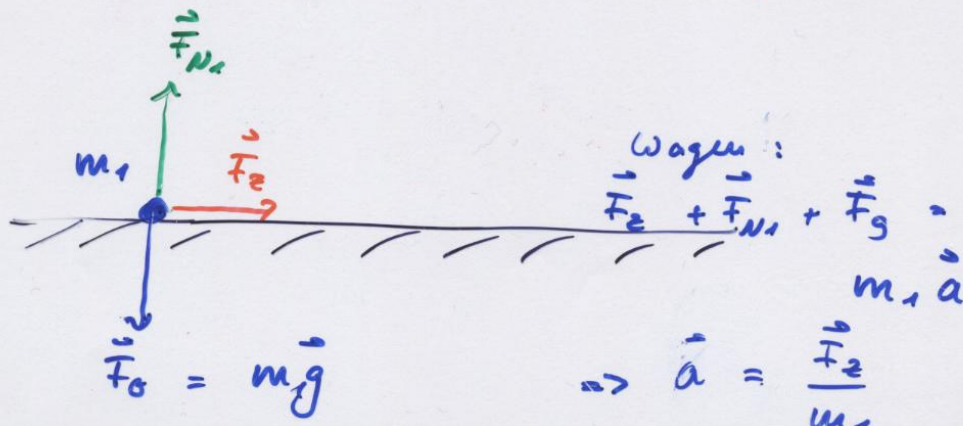
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Anwendungen fortgesetzt ..

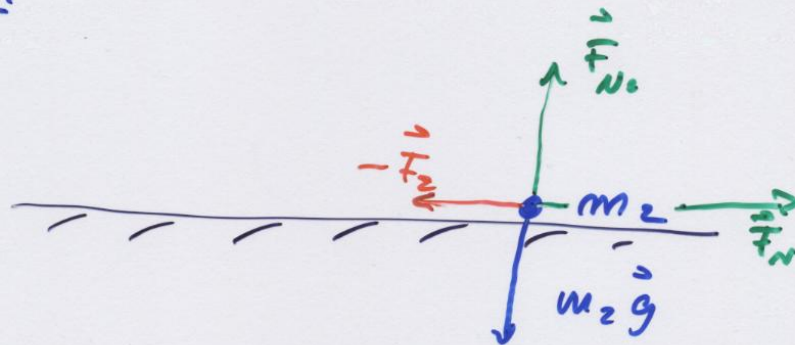
e) Faules Pferd



„Warum soll ich den Wagen ziehen?“  
 $\vec{F}_E = -\vec{F}_P \Rightarrow \sum \vec{F}_i = 0$



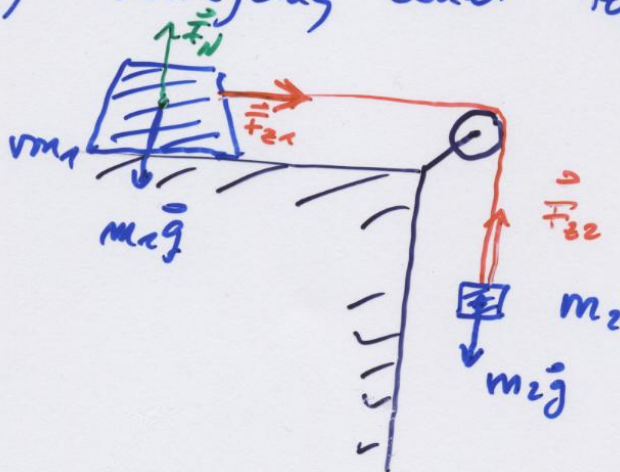
Pfend:



$$\vec{F}_{N2} + m_2 \vec{g} - \vec{F}_2 + \vec{F}_N = m_2 \vec{a}$$

$$\vec{F}_N = (m_1 + m_2) \cdot \vec{a}$$

f) Bewegung eines reibungs-freien Klotzes



$$\vec{F}_N + \vec{F}_{21} + m_1 \vec{g} = m_1 \vec{a}_1$$

$$\vec{F}_{22} + m_2 \vec{g} = m_2 \vec{a}_2$$

Kopplung beide Systeme:  $|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{22}|$

$$-m_1 a + m_2 g = m_2 a$$

$$\Rightarrow a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g$$

$\Rightarrow$  Bewegungsgleichung

$$v = a \cdot t \quad (+ v_0)$$

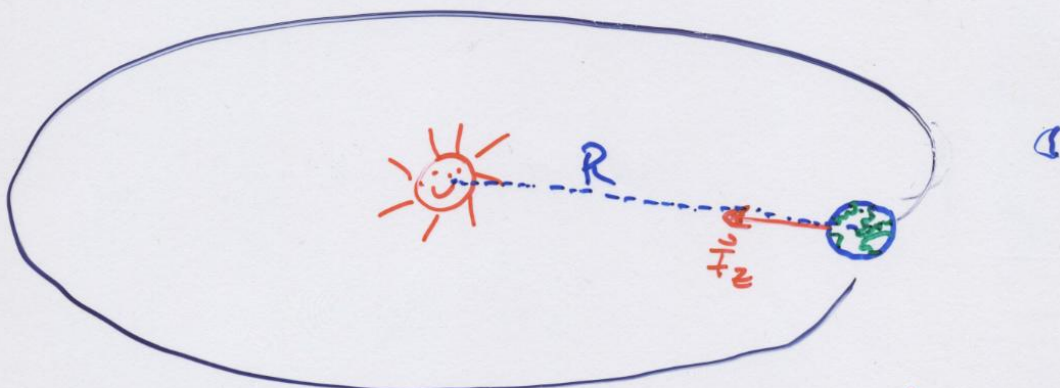
$$x = \frac{a}{2} t^2 \quad (v_0 t + x_0)$$

Prüfung:  $m_2 \rightarrow \infty : a \rightarrow g \quad \checkmark$

$m_1 \rightarrow 0 : a \rightarrow g \quad \checkmark$

$m_1 \rightarrow \infty : a \rightarrow 0 \quad \checkmark$

g) Kraft zwischen Sonne und Erde



Anziehungskraft auf Erde  $\hat{=}$  Zentripetalkraft

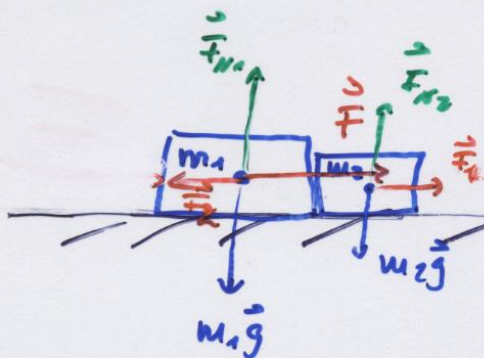
$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a_z &= \omega^2 R \\
 &= \frac{4\pi^2}{(1 \text{ Jahr})^2} \cdot 1 \text{ AE} \\
 &= 6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (\approx 6 \cdot 10^{-4} g)
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad m_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\bullet \quad 1 \text{ AE} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \vec{F}_z &= m_E \cdot a_z \\
 &= 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}
 \end{aligned}$$

k) Schubkräfte



$$\begin{aligned}
 1: \vec{F} + \vec{F}_{N1} + m_1 \vec{g} + \vec{F}_2 \\
 = m_1 \vec{a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2: \vec{F}_1 + \vec{F}_{N2} + m_2 \vec{g} \\
 = m_2 \vec{a}
 \end{aligned}$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Gesamtsysteme:

$$\vec{F} + \vec{F}_{N1} + m_1 \vec{g} + \vec{F}_{N2} + m_2 \vec{g} = (m_1 + m_2) \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{F} = (m_1 + m_2) \vec{a}$$

Schubkraft

$$\vec{F}_1 = m_2 \vec{a}$$

$$\vec{F}_1 = F \cdot \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

## 2.2.2 Das Federpendel

Kräfte, die Sie kennen:

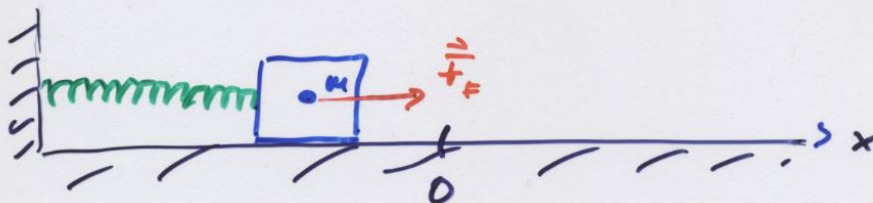
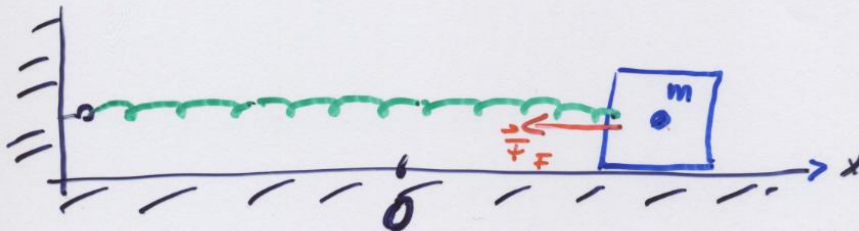
- |                 |                 |                                           |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------------|
| - "Gravitation" | $F = m \cdot g$ | } zeitlich<br>und<br>räumlich<br>konstant |
| - Normalkraft   | $F = F_N$       |                                           |
| - Zugkraft      | $F = F_Z$       |                                           |

Für konstante Kräfte

$$\frac{\vec{F}}{m} = \vec{a} = \text{konst.}$$

$$\Rightarrow \vec{v}(t) = \frac{\vec{a}}{2} t^2 + \vec{v}_0 t + \vec{v}_0$$

Neu: Federkraft



$$\vec{F}_F = -k \cdot \vec{x}$$

Hookesches Gesetz

$k$  Federkonstante

Beschleunigung  $a_F = \frac{\vec{F}_F}{m} = -\frac{k \cdot x}{m}$

Bewegungsgl.  $a(t) = \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m} x$

Ausatz:  $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \theta_0)$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{d^2 x(t)}{dt^2} &= -\omega^2 x_0 \cos(\omega t + \theta_0) \\ &= -\omega^2 x(t) \end{aligned}$$

Einggesetzt:  $-\omega^2 x_0 \cos(\dots) = -x_0 \frac{k}{m} \cos(\dots)$

$$\Rightarrow \omega = \begin{matrix} + \\ (-) \end{matrix} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Randbedingungen:  $t = 0$ :

$$x(t) = x(0) = x_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t + \theta_0\right)$$

$$\Rightarrow \theta_0 = 0$$

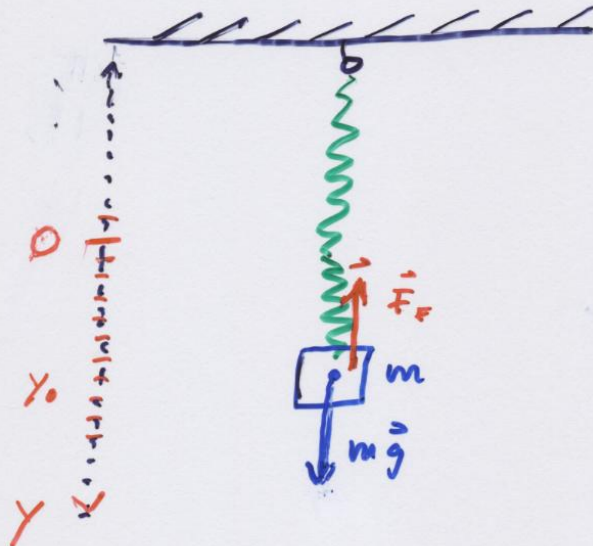
$$\Rightarrow x(t) = x_0 \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t$$

$\uparrow$                        $\uparrow$   
 Amplitude      Kreisfrequenz

Frequenz:  $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

Periode:  $T = \frac{1}{\nu} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Anwendung: Gewichtsmessung



$$\vec{F}_s + m\vec{g} = 0$$

$$\vec{F}_s = -k \cdot \vec{y}$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F}_s + m\vec{g} = 0 \\ \vec{F}_s = -k \cdot \vec{y} \end{array} \right\} \begin{array}{l} -k \cdot y_0 + m \cdot g = 0 \\ \Rightarrow y_0 = \frac{m \cdot g}{k} \end{array}$$

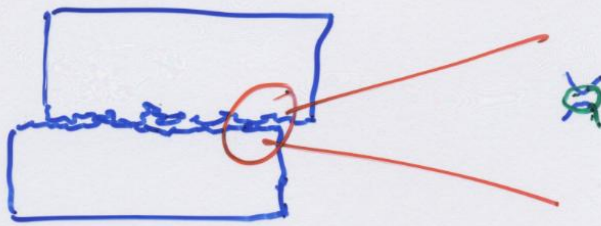
$$\Rightarrow \text{Gewicht} : m \cdot g = k \cdot y_0$$

### 2.2.3 Reibung

selbst polierte Flächen sind nicht glatt!

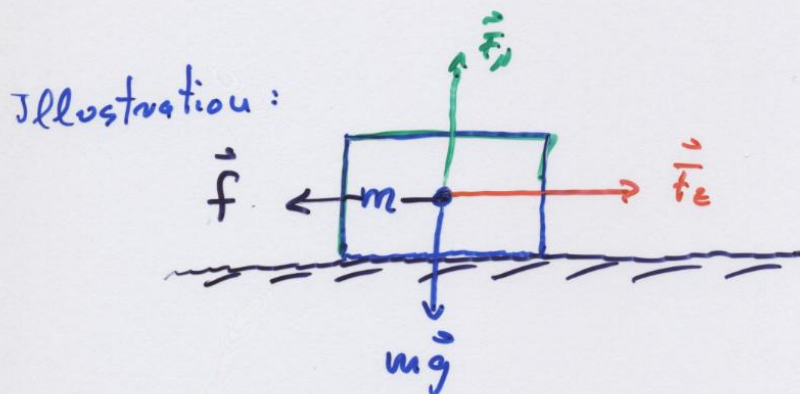


Polierter Stahl



Formen der Reibung:

- statische R. (Haftreibung)  $\vec{f}_H$
- kinetische R. (Gleitreibung)  $\vec{f}_G$
- Reibung in Gasen, Flüssigkeiten (später)



$$\begin{aligned}
 & \bullet f_H = \mu_H \cdot F_N \\
 & \bullet f_G = \mu_G \cdot F_N
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} & \bullet f_H = \mu_H \cdot F_N \\ & \bullet f_G = \mu_G \cdot F_N \end{aligned}} \right\} \mu_G < \mu_H$$

(Kommentar:  $f \sim$  Normalkraft)

$$\vec{F}_2 + \vec{f}_G + \vec{F}_N + m\vec{g} = m\vec{a}$$

wenn  $|\vec{F}_2| > |f_0|$

$$\vec{F}_z + \vec{f}_H + \vec{F}_N + m\vec{g} = 0 \quad (|\vec{F}_z| \leq |\vec{f}_H|)$$

sonderfall

$$\vec{F}_z + \vec{f}_g + \vec{F}_N + m\vec{g} = 0 \quad \text{für } \vec{F}_z = -\vec{f}_g$$

(gleitet mit konst. Geschwindigkeit)