

# Experimentelle Physik I

## WS 16/17

Veranstaltung 4010011

<https://campus.studium.kit.edu/event/H7Ke2neVDU6OCiWVculqYw>

PD Dr. Andreas B. Meyer (KIT und DESY)

**5. Vorlesung: 2.2 Grundgleichungen der Mechanik (1)**

## 2.1. Mechanik von Massepunkten

### 2.1.1 Bewegung in 1D

$$x(t); \quad v(t) = \frac{d}{dt} x(t) \quad ; \quad a(t) = \frac{d^2}{dt^2} x(t)$$

### 2.1.2 Bewegung in 3D

Unabhängigkeit der Komponenten

### 2.1.3. Kreisbewegung

$$x = r \cdot \cos \vartheta \quad y = r \cdot \sin \vartheta$$

$$\omega = \frac{d\vartheta}{dt}$$

$$v = \omega \cdot r \quad \text{für } v, r = \text{const}$$

$$a_z = \frac{v^2}{r}$$

Zentripetalbeschleunigung

Bisher: Beschreibung von Bewegungen

Jetzt: Kraft = Ursache für Änderungen von Bewegungszuständen

⇒ Newton

# 2.2. Grundgleichungen der Mechanik

## 2.2.1. Die Newtonschen Axiome

**N<sub>1</sub>:** Trägheitsgesetz

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$$

resultierende Kraft

"freies Teilchen"

[Bewegung bleibt gleich, solange keine Kraft wirkt]

**N<sub>2</sub>:** Newtonsche Bewegungsglg.

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} (m \cdot \vec{v})$$

träge Masse

für  $m = \text{const.}$ :

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}$$

[Definition: Impuls  $p \equiv m \cdot v \Rightarrow \vec{F} = \frac{dp}{dt}$ ]

**N<sub>3</sub>:** Actio = Reactio

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

vgl. N<sub>1</sub>

[Zwei Körper, die  $m$  untereinander wechselwirken]

**N<sub>4</sub>:** Superpositionsprinzip

$$\vec{F}_{\text{gesamt}} = \sum_i \vec{F}_i$$

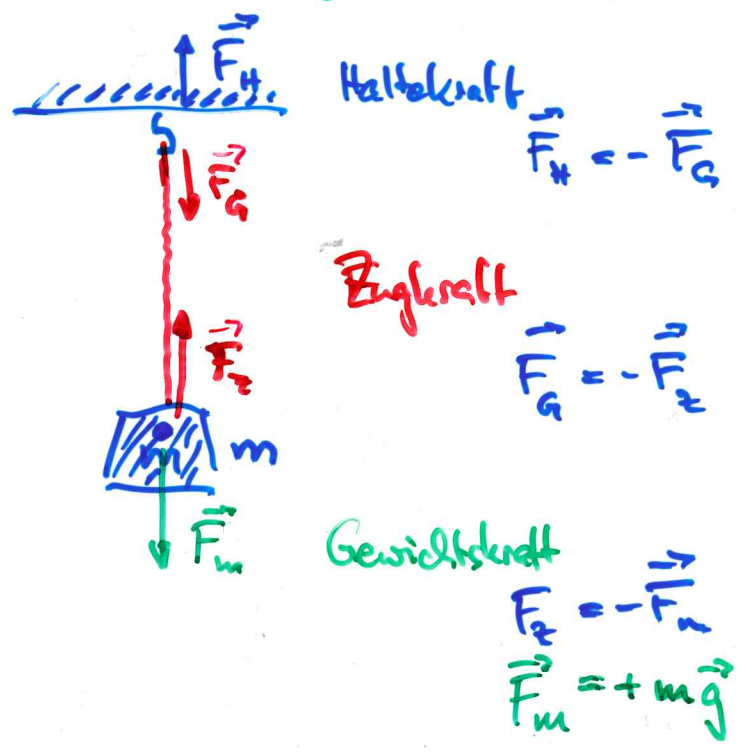
vgl. N<sub>1</sub>

[lineare Addition von Kraftvektoren]

SI - Einheit der Kraft:  $N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

# 2.2.2 Konstante Kräfte ohne Reibung

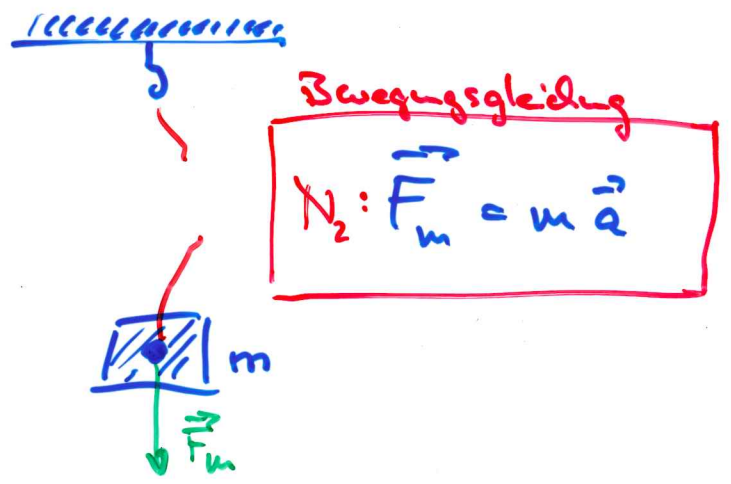
## a) Kraft am Seil



$N_1: \sum_i \vec{F}_i = 0$

## b) Seil reißt

$N_1: \sum \vec{F}_i = \vec{F}_m$



$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_T} = \frac{m_G \cdot \vec{g}}{m_T} = \vec{g}$$

↑  
 träge Masse (unabh. von Gravitation)  
 ↑  
 gravitative Masse  
 Gewichtskraft  
 ↑  
 Äquivalenzprinzip  
 $m_G = m_T$

Äquivalenzprinzip:  $\vec{a} = \vec{g}$  unabhängig von Masse und Art des Objekts, da  $m_G = m_T$  Ursache unbekannt

# Illustration des Äquivalenzprinzips

"Gedankenexperiment"



1111



beschl.  $m$   
in Gravitations-  
feld

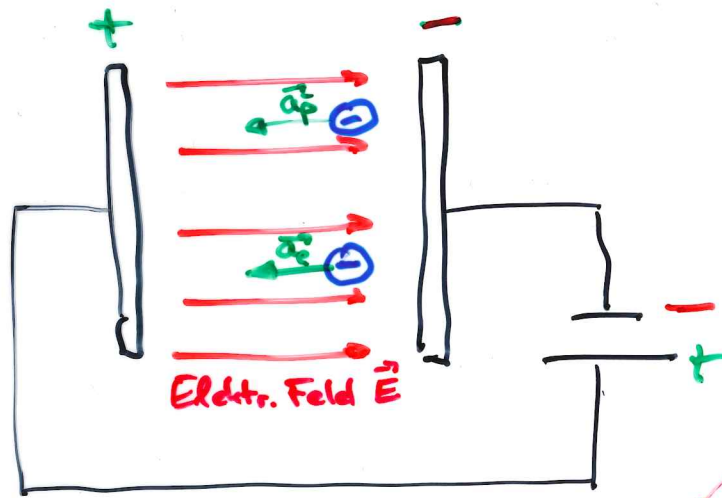
$\approx$



unbeschl.  $m$   
ohne  
Gravitation



## c) Beschleunigung einer Ladung in E-Feld



Elektrostat. Kraft:  $\vec{F}_e = -e \vec{E}$

ladung  
Feldstärke

Bewegungsgleichung

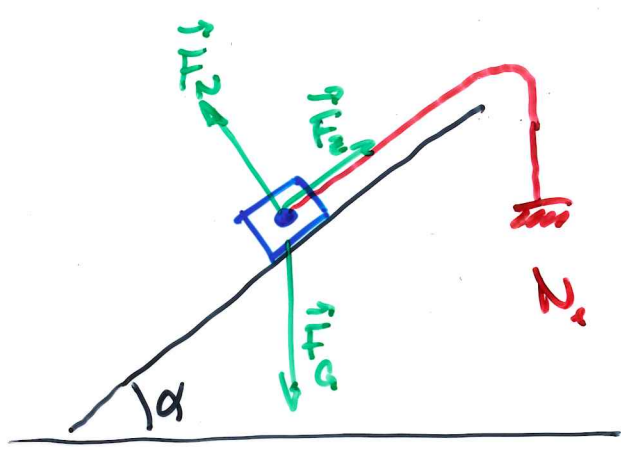
$$N_e: m_{T,e} \cdot \vec{a}_e = -e \cdot \vec{E}$$

träge Masse

$$\Rightarrow \vec{a}_e = -\frac{e}{m_e} \cdot \vec{E}$$

$$\vec{a}_p = \frac{1}{2000} \cdot \vec{a}_e$$

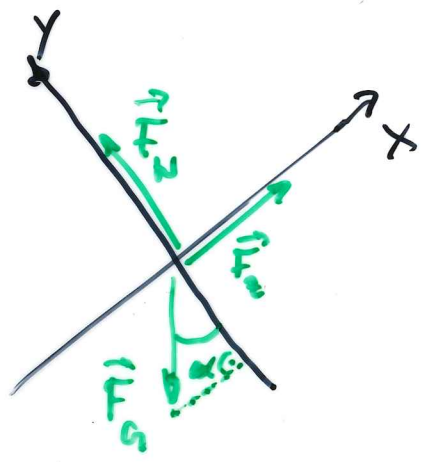
# d) Aufhängung an schräger Rampe



$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_N + \vec{F}_T + \vec{F}_g = 0$$

Normalkraft: (Anlagekraft)  
 Zugkraft (Seilspannung)

Optimales Koordinatensystem ?



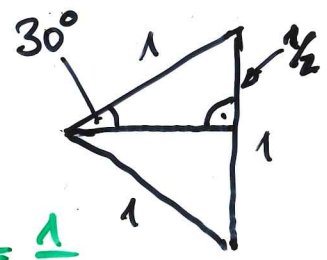
$$\vec{F}_N \perp \vec{F}_2$$

$$x: F_2 - mg \cdot \sin \alpha = 0$$

$$y: F_N - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

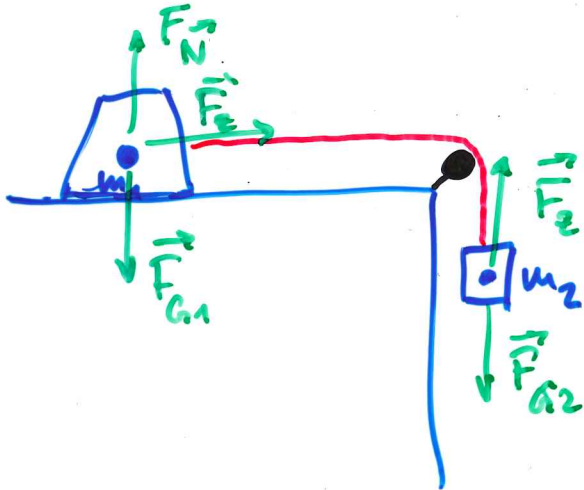
$$\alpha = 30^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{1}$$

$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$



- Versuch Schiefe Ebene →  $N_4$
- Versuch Flaschenzug →  $N_4$
- Versuch Zwei Wagen mit Seil →  $N_3$

e) Bewegung eines Klottes



$$1.) \vec{F}_N + \vec{F}_{T1} + m_1 \vec{g} = m_1 \cdot \vec{a}_1$$

$$2.) \vec{F}_{T2} + m_2 \cdot \vec{g} = m_2 \cdot \vec{a}_2$$

$$\vec{F}_{T1} = -\vec{F}_{T2}$$

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$$

Addition :  $m_2 \cdot g = m_1 \cdot a + m_2 \cdot a$   
 von 1.) u. 2.)

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

Für:  $m_1 = 0$  :  $a = g$

$m_2 \rightarrow \infty$  :  $a = g$

$m_1 \rightarrow \infty$  :  $a = 0$

$m_1 \gg m_2$  :  $a \propto m_2$

Versuch: Luftkissenbahn mit Gewicht

①  $m_1 = 240 \text{ g}$        $m_2 = 3 \text{ g}$

②  $m_1 = 240 \text{ g}$        $m_2 = 6 \text{ g}$

③  $m_1 = 480 \text{ g}$        $m_2 = 6 \text{ g}$

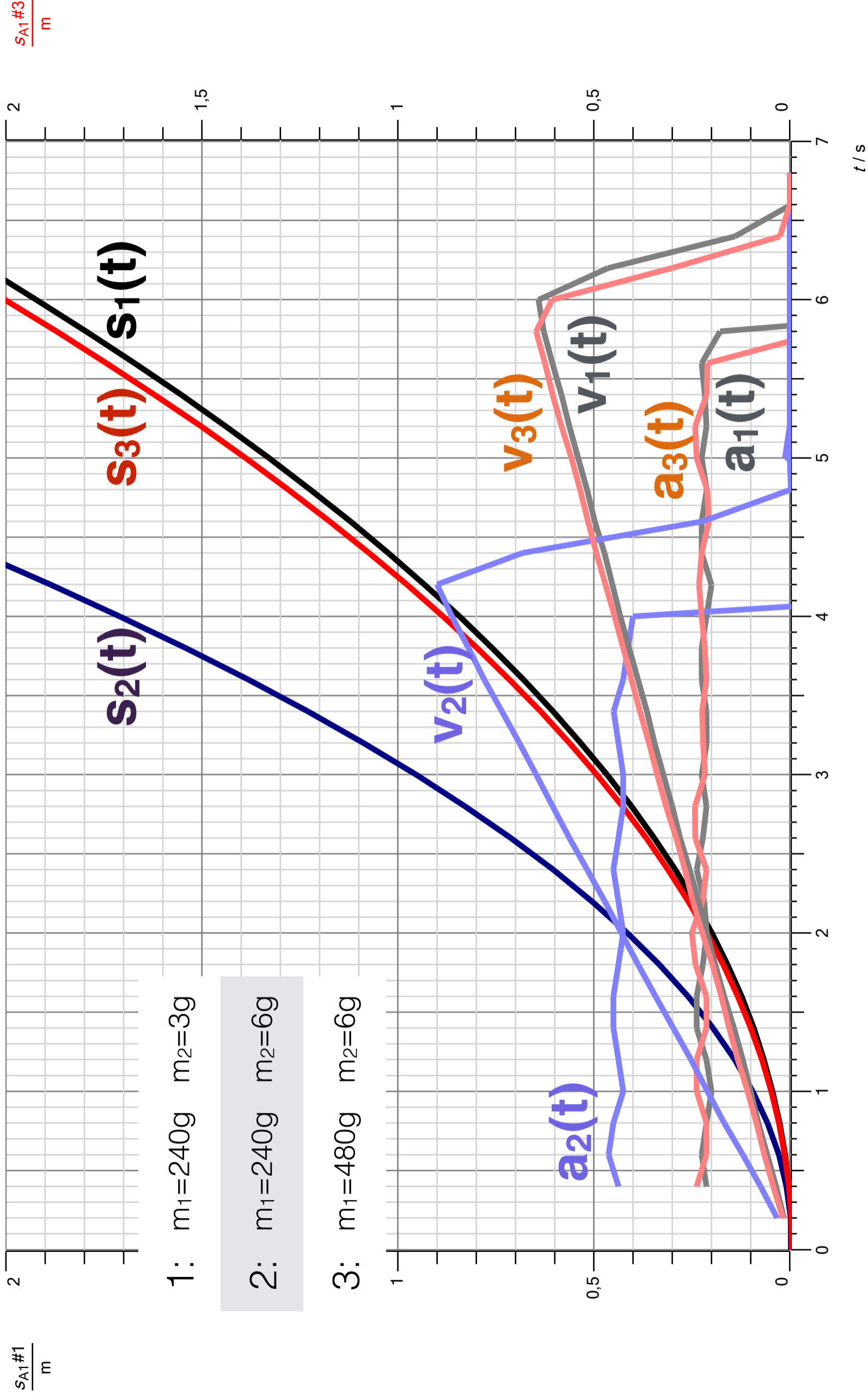
Befund:

$a_{①} = a_{③}$

$a_{②} \approx 2 \cdot a_{①}$       wg.  $m_1 \gg m_2$

# Luftkissenbahn mit Gewicht

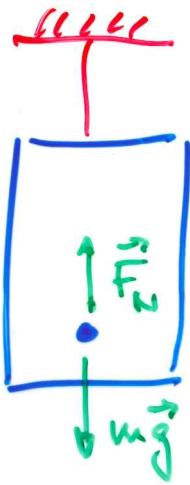
Standard - newton2meyer311 - CASSY Lab 2



$s(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  für die drei Versuchsdurchgänge



# f) Kräfte in Aufzug



1.) Aufzug steht\*

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

vektoriell

$$F_N - mg = 0$$

z-Komponente

\* oder fährt mit  $v = \text{const.}$

2.) Aufzug beschleunigt

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

• "a > 0" Beschl. nach oben

$$F_N - mg = ma$$

$$F_N = m(g+a)$$

• "a < 0" Beschl. nach unten

$$F_N = m(g-a)$$

- Sonderfall  $a = g$

$$F_N = 0 \quad \text{Freier Fall}$$

- Sonderfall  $a > g$

" $F_N < 0$ " Sie stoßen ihren Kopf

$F_N$  hängt von Beschleunigung des Fahrstuhls ab

$F_N$ : "Scheinkraft"