

Warum bewegen sich Körper so  
wie wir beobachten?

Newton: aufgrund wirkender Kräfte!

→ Newtonsche Mechanik gemäß Newtonscher  
Gesetze

zunächst: Ort eines Massepunkts. lässt sich  
immer nur relativ zu "physikalischem"

Bezugspunkt  $\sigma$  und "physikalischen" Rich-  
tungen  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  bestimmen!

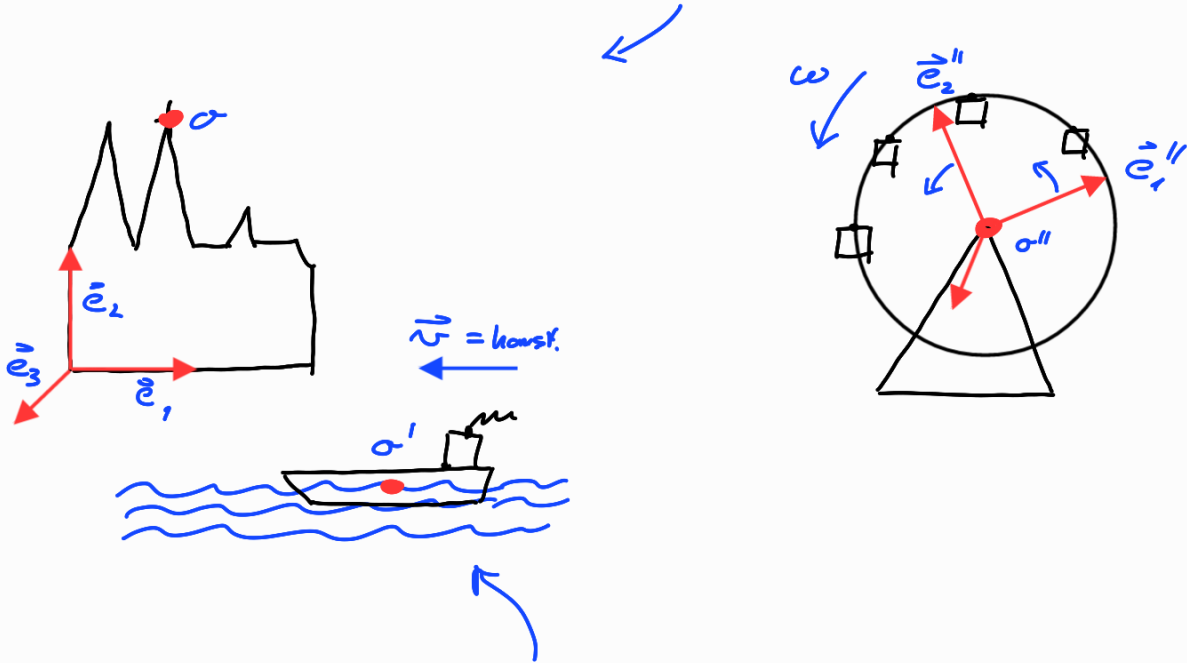
→ Bezugssystem:

- (i) physikalisch definierter Bezugspunkt  $\sigma$
- (ii) physikalisch def. (orthog.) Richtungen  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$

$$K = ( \sigma, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3 )$$

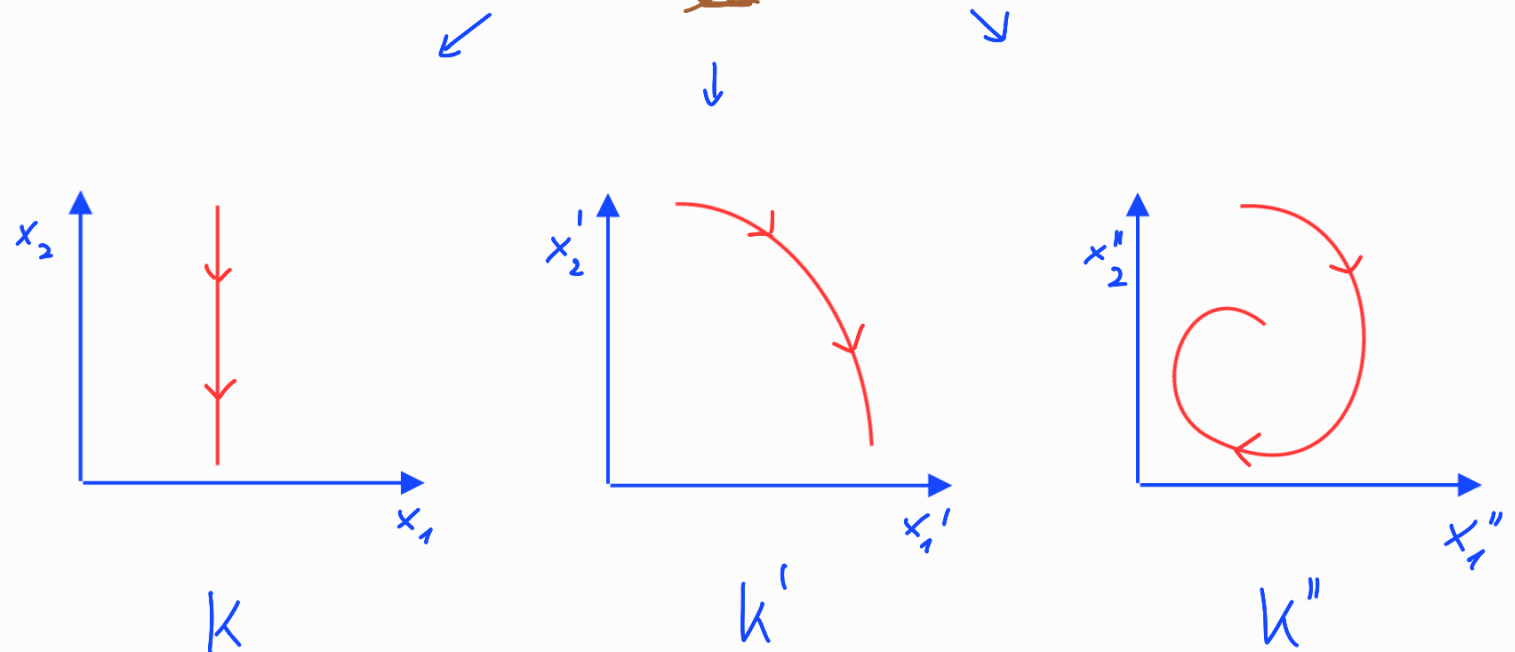
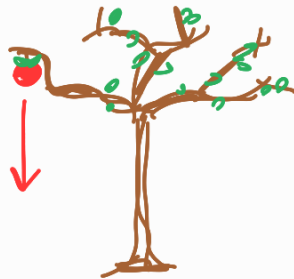
# Beispiele:

- erdfestestes System  $K = (\sigma; \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$

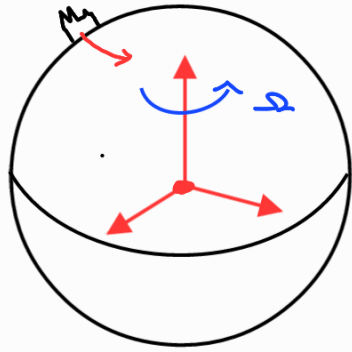


- "Schiffssystem"  $K' = (\sigma', \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$

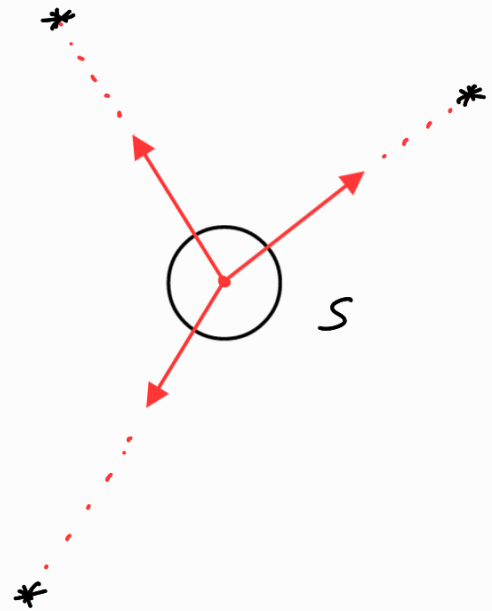
- rotierendes System  $K'' = (\sigma'', \vec{e}_1'', \vec{e}_2'', \vec{e}_3'')$



- Erdmittelpunktsystem :



- Fixsternsystem :



- Was zeichnet "geeignetes" Bezugssystem aus?  $\rightarrow$  Newtons 1. Gesetz
- Wie bewegt sich Körper bzgl. eines solchen Systems?  $\rightarrow$  2. Gesetz
- Was genau sind Kräfte und Massen?  $\rightarrow$  2. + 3. Gesetz

# Newtonsche Gesetze (in moderner Fassung)

## 1. Gesetz:

Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem bzgl. dessen sich ein freier<sup>(\*)</sup> Massenpkt. geradlinig-gleichförmig bewegt.  
(Trägheitsgesetz)

(\*) frei = "ohne äußere Einflüsse"

## 2. Gesetz:

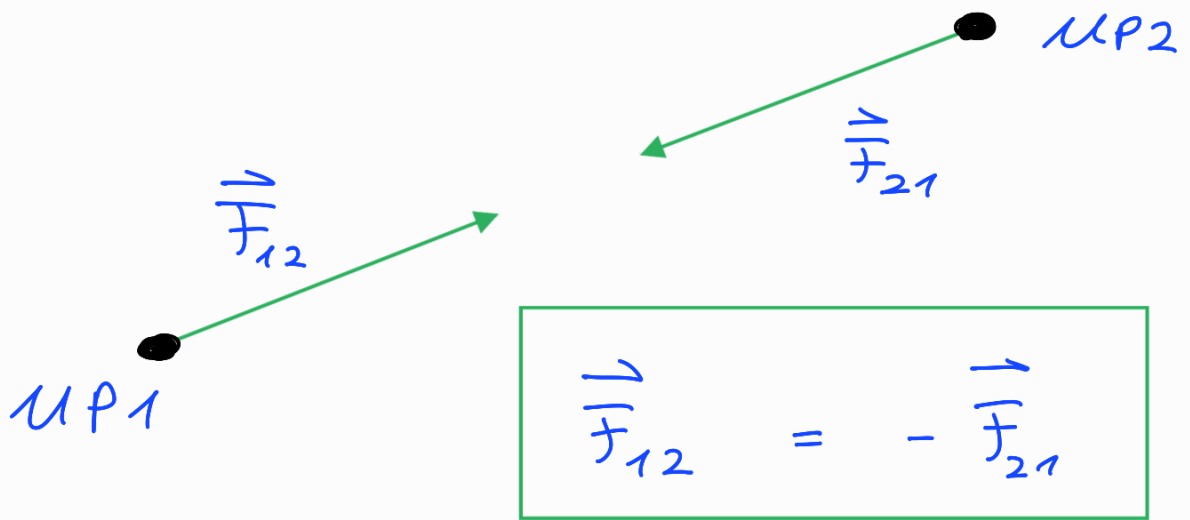
Der Impuls  $\vec{p} = m \vec{v}$  eines Massenpkt. bzgl. eines Inertialsystems genügt

$$\boxed{\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}} ,$$

wobei  $\vec{F}$  die auf den Massenpkt. wirkende Kraft und  $m$  die träge Masse des Massenpkt. ist. (Bewegungsgesetz)

### 3. Gesetz :

Kräfte wirken jeweils zwischen zwei Massenpunkten; dabei ist Kraft  $\vec{F}_{12}$  von MP 2 auf MP 1 entgegengesetzt gleich der Kraft  $\vec{F}_{21}$  von MP 1 auf MP 2 :



( Gegenwirkungsprinzip )

Zudem gilt :

- $\vec{F}_{12} \parallel \vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$
- Kräfte addieren u. transformieren sich vektoriell

# Anmerkungen

- "K ist Inertialsystem" lässt sich letztendlich nur experimentell feststellen.
- Fixsternsystem ist in sehr guter Näherung ein Inertialsystem
- $K = (\sigma; \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$  Inertialsystem, so auch  $K' = (\sigma'; \vec{e}'_1, \vec{e}'_2, \vec{e}'_3)$  mit

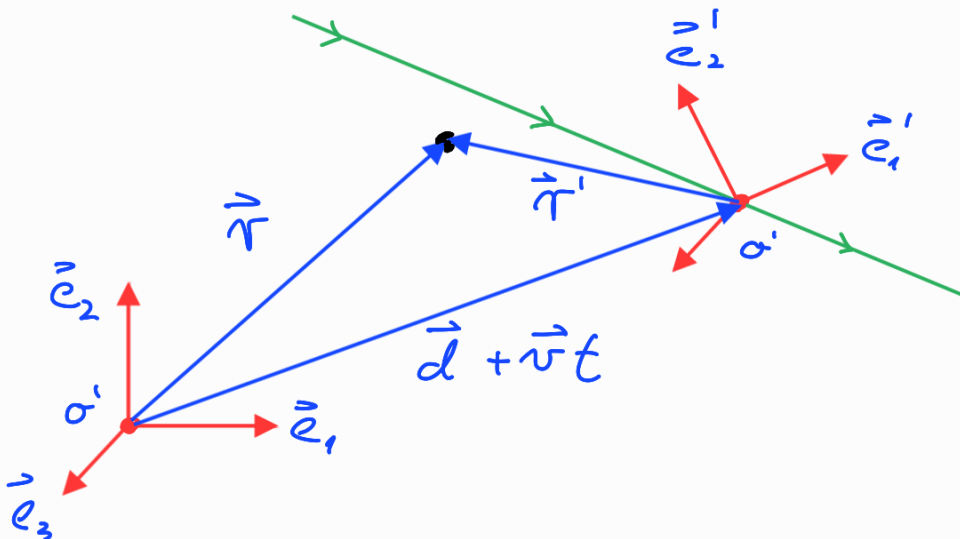
Translation

$$\sigma' = \sigma + \vec{d} + \vec{v}t$$

$$\vec{e}'_i = D \vec{e}_i$$

Galilei-Boost

Drehung



$$\vec{r} \longmapsto \vec{r}' = D^{-1}(\vec{r} - \vec{d} - \vec{v} t)$$

$\swarrow$   
allg. Galilei-Transformation  
 $(\vec{d}, \vec{v}, D)$

damit gilt offenbar:

$\vec{r}(t)$  geradlinig - gleichförmig

$\stackrel{!}{\Longleftrightarrow} \vec{r}'(t)$  geradlinig - gleichförmig

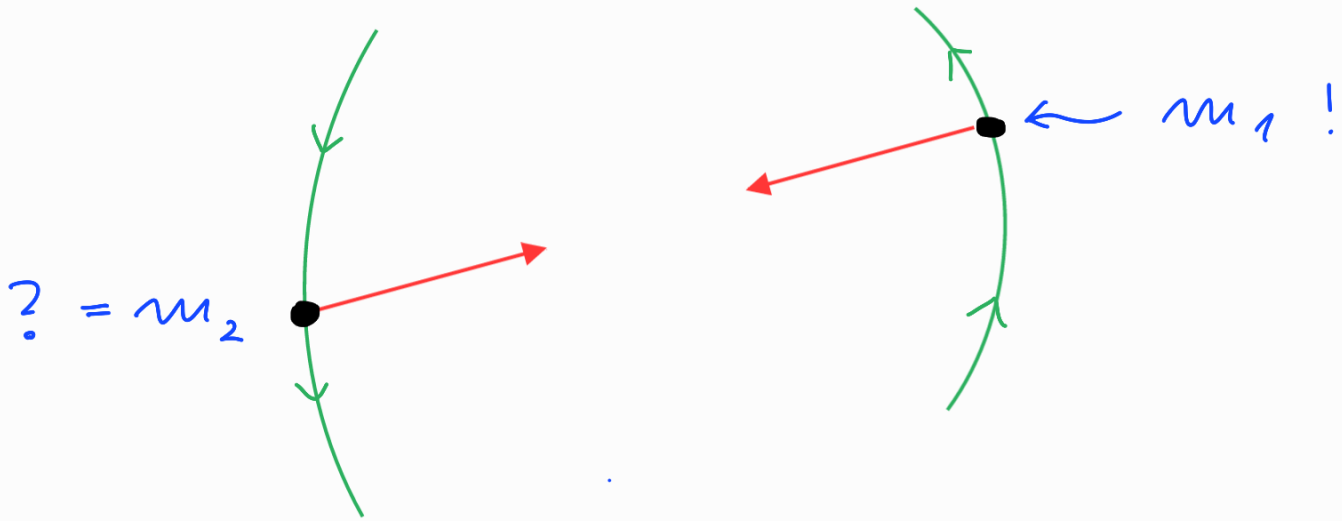
d.h.:

Je zwei Inertialsysteme  $k$  und  $k'$   
 sind durch eine geeignete allg. Galilei-  
 transf.  $(\vec{d}, \vec{v}, D)$  verknüpft.

- mit  $\frac{d\vec{p}}{dt} = m \dot{\vec{v}} = m \vec{a}$   
 (m konstant!)  
 lautet das Bewegungsgesetz

$$m \vec{a} = \vec{F}$$

- 2. und 3. Gesetz ermöglichen dynamische Massenbestimmung:



2. Gesetz:

$$m_1 \ddot{\vec{r}}_1(t) = \vec{F}_{12}(t)$$

$$m_2 \ddot{\vec{r}}_2(t) = \vec{F}_{21}(t)$$

3. Gesetz:

$$\vec{F}_{12}(t) = -\vec{F}_{21}(t)$$

$$\rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{|\ddot{\vec{r}}_1(t)|}{|\ddot{\vec{r}}_2(t)|}$$

- bei bekannten Massen Kraftbestimmung  
mittels Bewegungsgesetz:  $\vec{F} = m \vec{a}$  !



- falls  $\vec{F} = \vec{F}(\vec{r})$  ergibt 2. Gesetz

Bewegungsgleichung

$$m \ddot{\vec{r}}(t) = \vec{F}(\vec{r}(t))$$

zur Bestimmung der Bahn  $\vec{r}(t)$   
außerdem Anfangsort  $\vec{r}_0$  und  
Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_0$  bei  
 $t = t_0$

→ Determinismus der Mechanik!