

# Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

## Mechanik Teil 2

am 15.04.2021



Dr. Simon Moser  
Lehrstuhl für Exp. Physik IV  
Universität Würzburg  
[simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de)

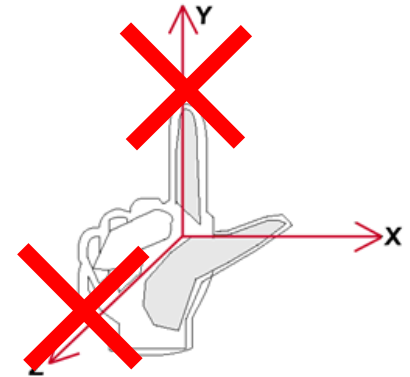


# Wiederholung: Bewegung starrer Körper

Beschreibung des Ortes  $s$  zu einer beliebigen Zeit  $t$ :

→ **Bewegungsgleichung:**

**Ortsvektor:**  $s(t)$



**Def.:** Geschwindigkeit = „Wegänderung / Zeit“

$$v = \frac{s(t_2) - s(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

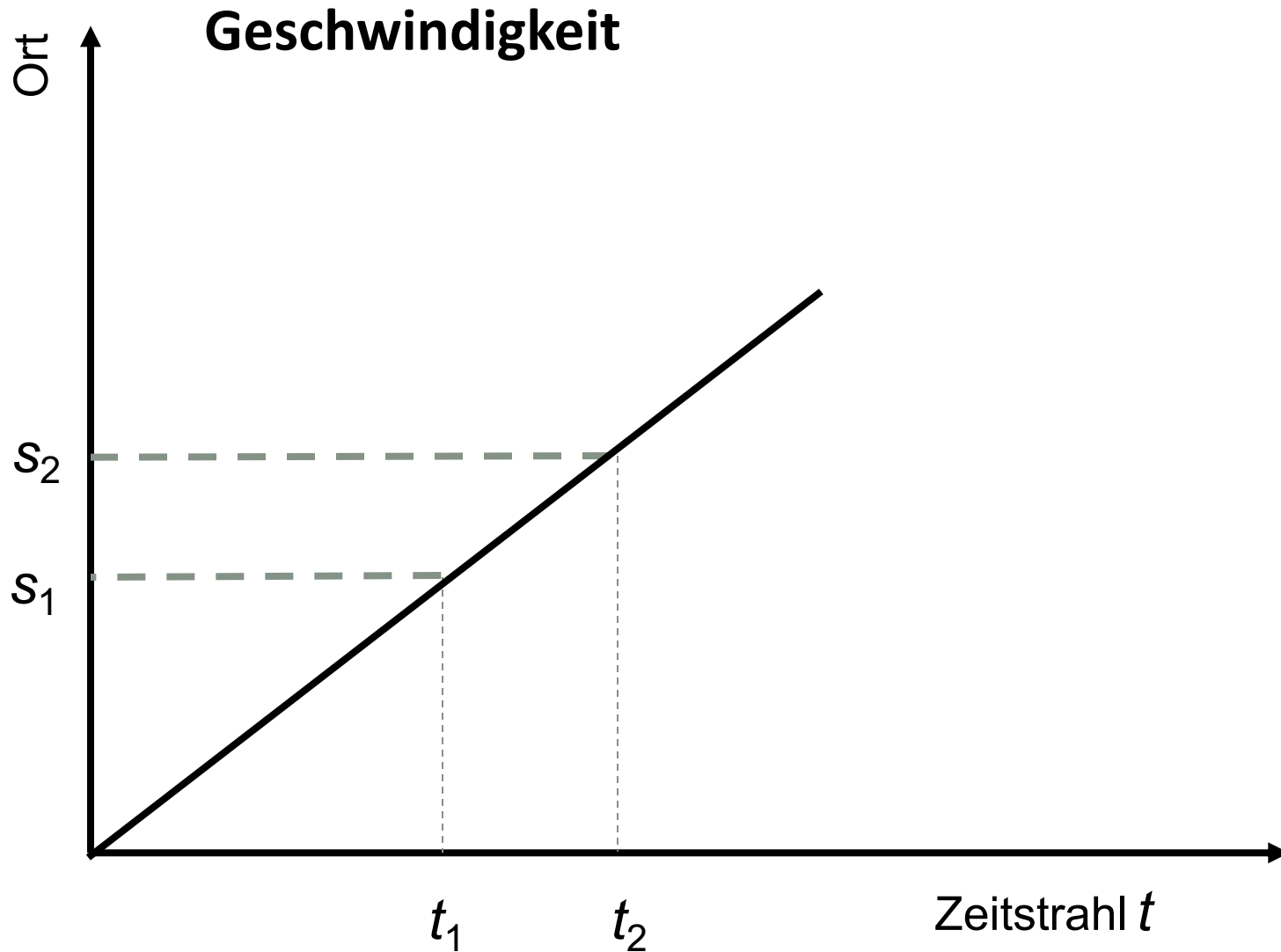
$$\text{Einheit}[v] = \frac{\text{Länge}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Def.:** Beschleunigung = „Geschwindigkeitsänderung / Zeit“

$$a = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\text{Einheit}[a] = \frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

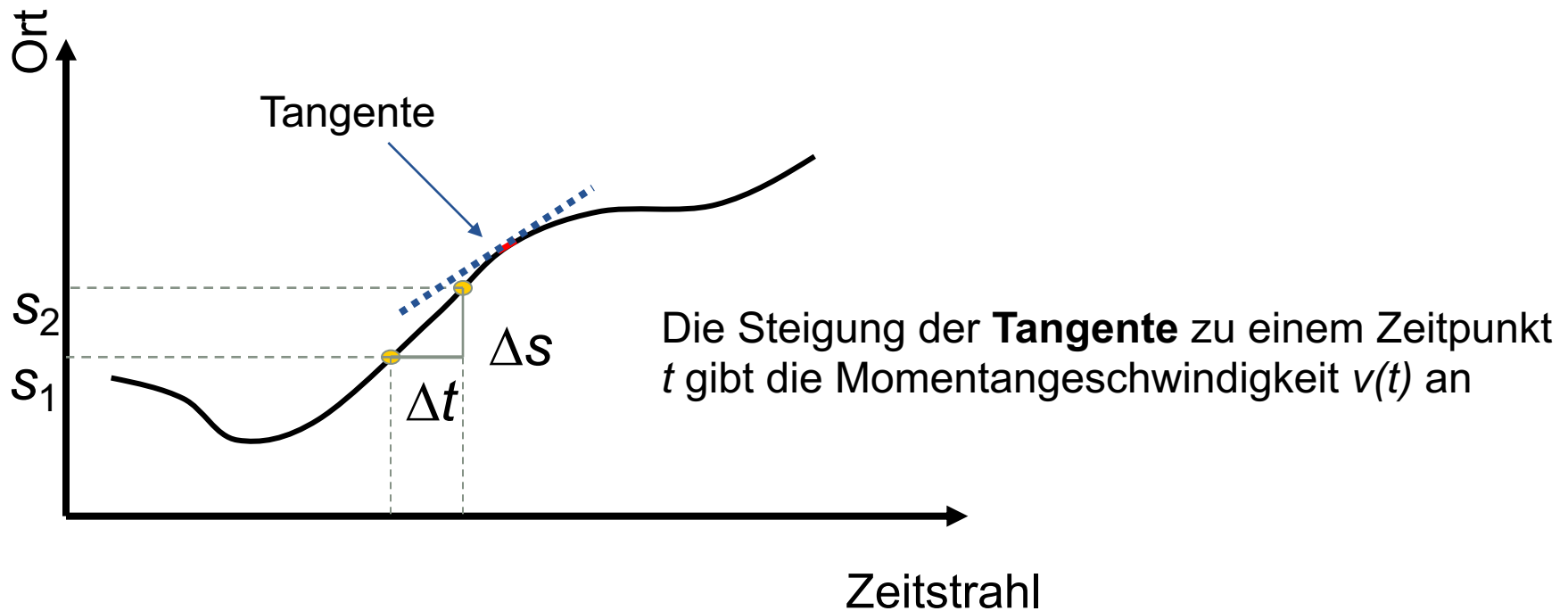
# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung



# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

## Geschwindigkeit

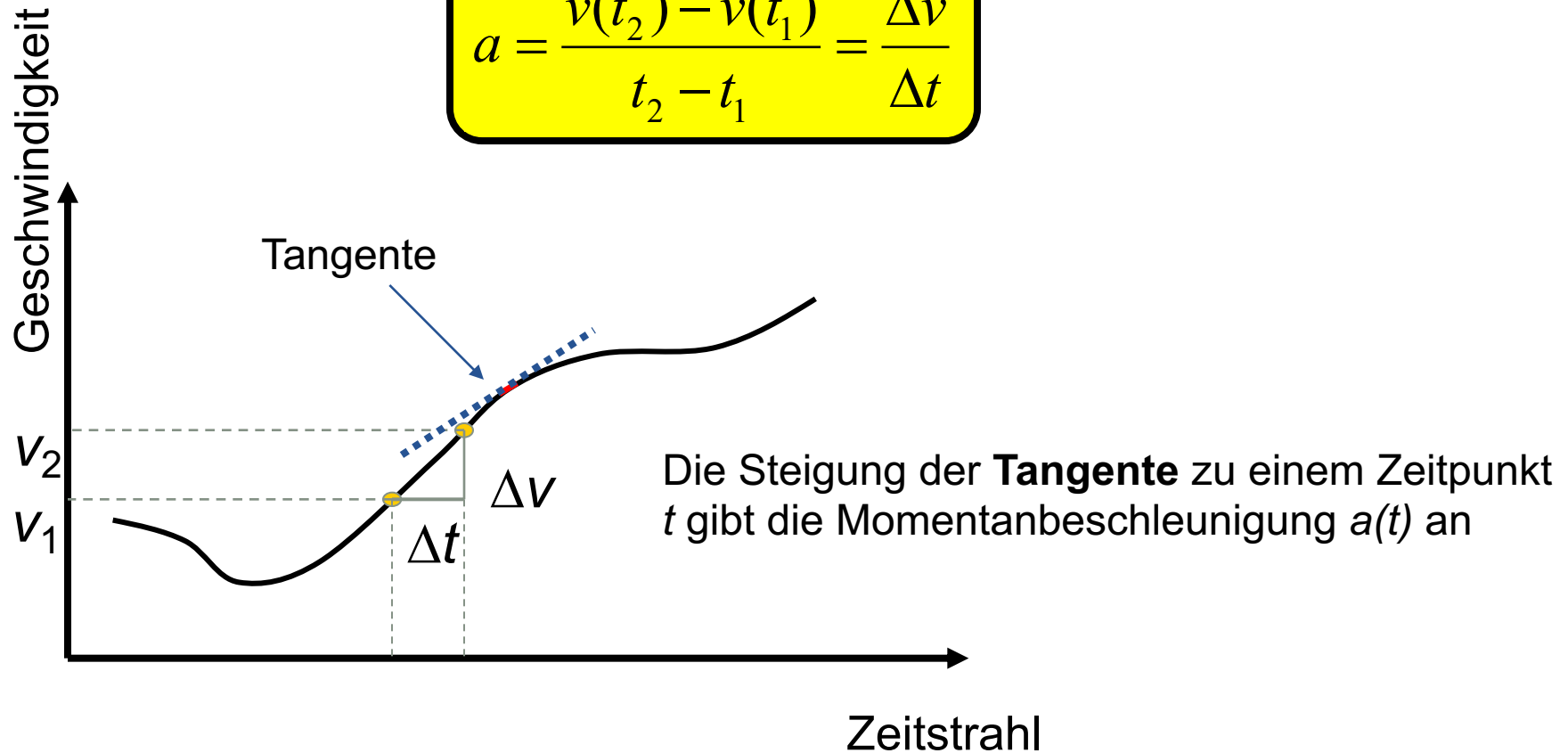
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$



# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Beschleunigung:

$$a = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

## Experiment: Der freie Fall



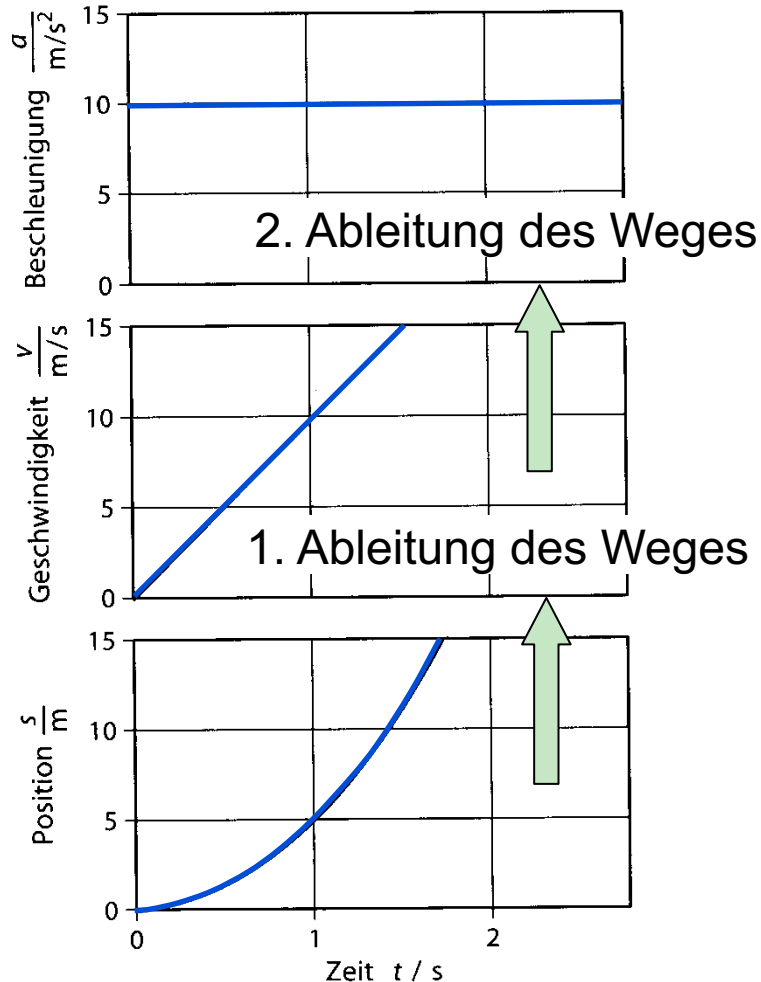
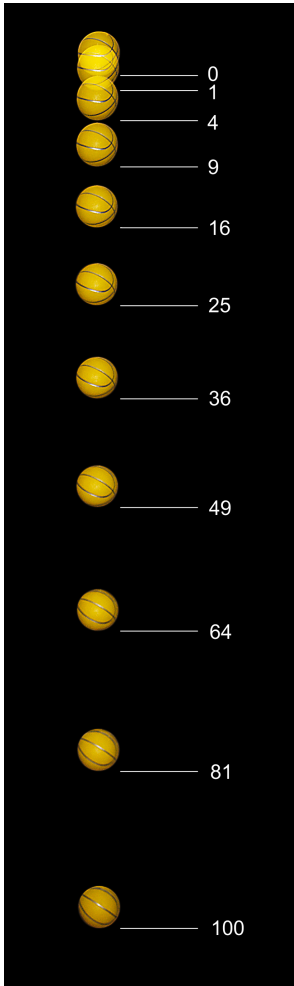
- Freie Fall ist ein wichtiges Beispiel für eine **geradlinige gleichförmig beschleunigte** Bewegung (Luftreibung ist vernachlässigt)
- Die Beschleunigung  $a$  wird mit  $g$  bezeichnet
- **Erdbeschleunigung** (Gravitationsbeschleunigung) ist für alle freien Körper an einem Punkt nahe der Erdoberfläche gleich groß

Zahlenwert für  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

**Fallturm:** Höhe 110m, evakuiert, Fallzeit ca. 5 s, Endgeschwindigkeit 165 km/h

# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

## Experiment: Der freie Fall



### Beschleunigung

Die Beschleunigung ist *konstant*

$$a = \text{const.}$$

### Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit wächst *linear* mit der Zeit

$$v = a \cdot t$$

### Weg

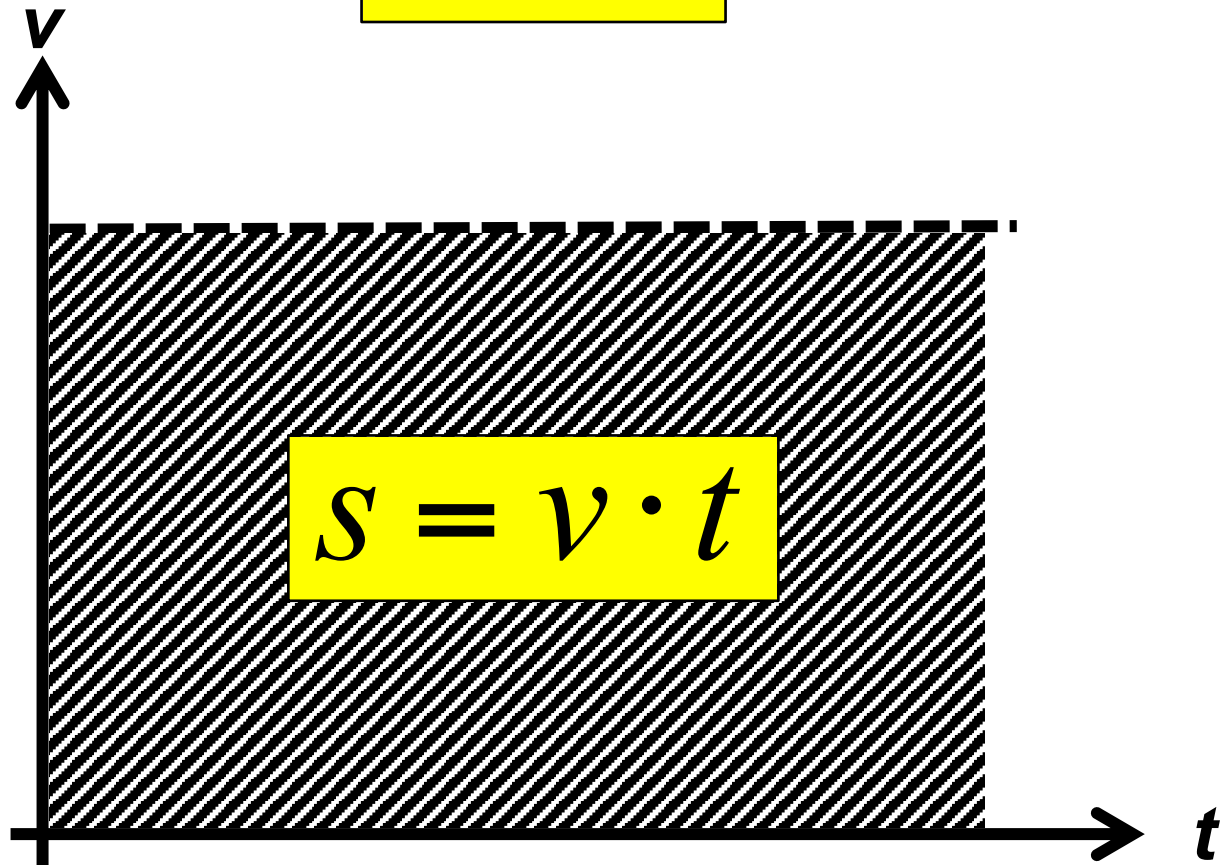
Der Weg wächst *quadratisch* mit der Zeit

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} gt^2$$

# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit:

$$v = \text{const.}$$



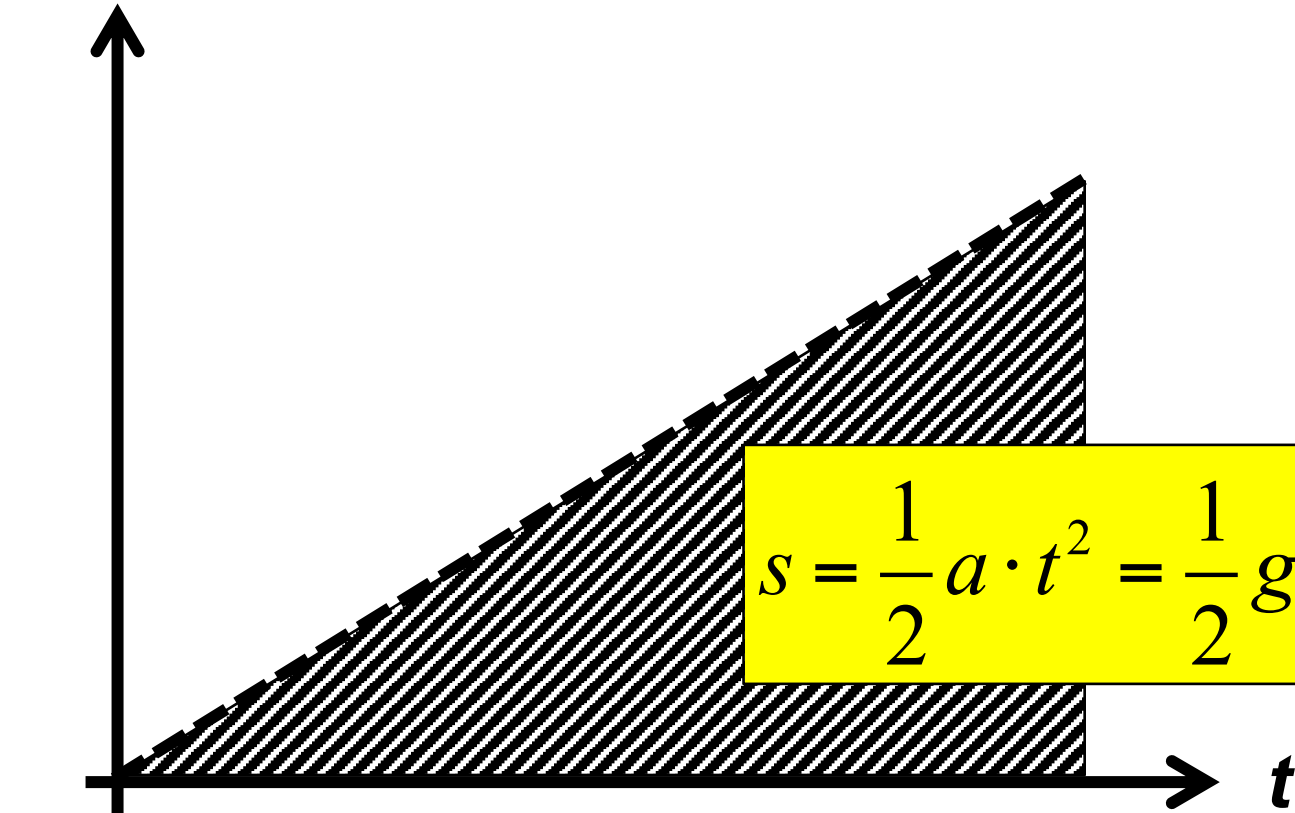
Zurückgelegte Weg = Schraffierte Fläche!

# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Bewegung mit konstanter Beschleunigung:

$$a = \text{const.}$$

$$v = a \cdot t$$

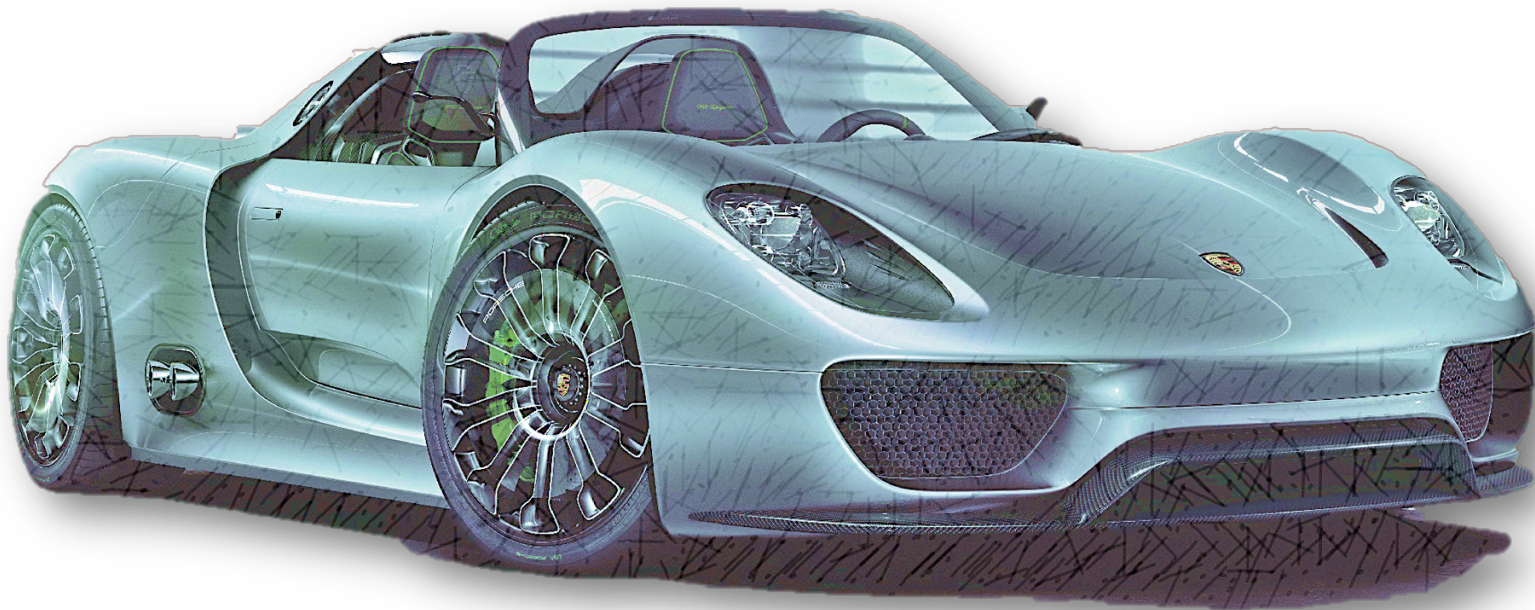


Zurückgelegte Weg = Schraffierte Fläche!

# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

---

# Beschleunigte Bewegung: Beispiel „Sportwagen“



## Sportwagen

Mit einer Beschleunigung von 0-100 km/h in 2,6 Sekunden;  
d.h. ca. 1.1-fache der Erdbeschleunigung „g“

# Beschleunigte Bewegung: Beispiel „Sportwagen“

# 1. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

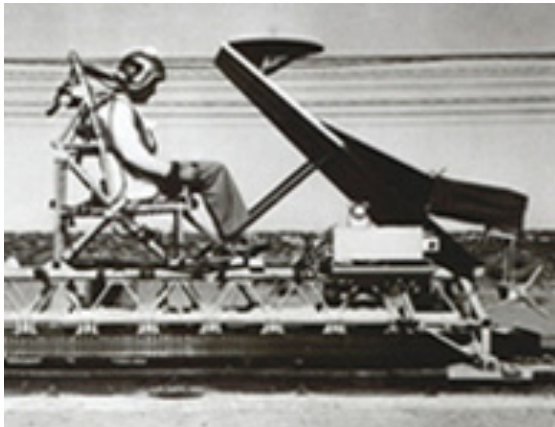
Colonel JP Stapp:



Kurz vor Start



Beschleunigung  
48 g !!!



Raketenwagen



# Extreme Beschleunigung: Zentrifuge



# Extreme Beschleunigung



# Extreme Beschleunigung



# 2.1 Kräfte: Was ist eine Kraft ?

Bedeutung der Kraft aus der Umgangssprache: stark, muskolös ....

## Kraftbegriff definiert sich über Kraftwirkung

Die Wirkung einer Kraft auf einen Körper hat eine Änderung des Zustandes dieses Körpers zur Folge

### Beispiele:

Geschwindigkeitsänderung und/oder Richtungsänderung eines Körpers muss eine Ursache haben

Eine Wechselwirkung, die eine Beschleunigung eines Körpers hervorrufen kann, wird eine **Kraft** genannt

**Kraft** wirkt auf einen Körper und verändert diesen oder dessen Eigenschaften

Kräfte sind nur aus ihren **Wirkungen** erkennbar: verformende, beschleunigende Wirkung



# 2.1 Bewegung unter Einfluss von Kräften

## Weitläufige Meinung vor Galileo Galilei:

Es ist eine Einwirkung (Kraft) notwendig, um einen Körper in einer gleichförmigen Bewegung, d.h.  $v = \text{konstant}$ , zu halten



## Galileo Galilei (1564-1642) stellte aber fest:

1) Eine geradlinig gleichförmige Bewegung einer Masse mit konstanter Geschwindigkeit bedarf keiner Ursache, sondern geht aus sich heraus immer weiter. → **Trägheitsprinzip**

### **Nebenbemerkung:**

Ruhe ist nur ein Spezialfall der geradlinig gleichförmigen Bewegung ( $v = 0$ )

2) Um die Geschwindigkeit einer Masse zu verändern, muss auf die Masse eine Kraft wirken.

# 2.1 Kräfte: Axiome von Newton

Isaac Newton (1643-1727) stellte folgende Axiome auf:

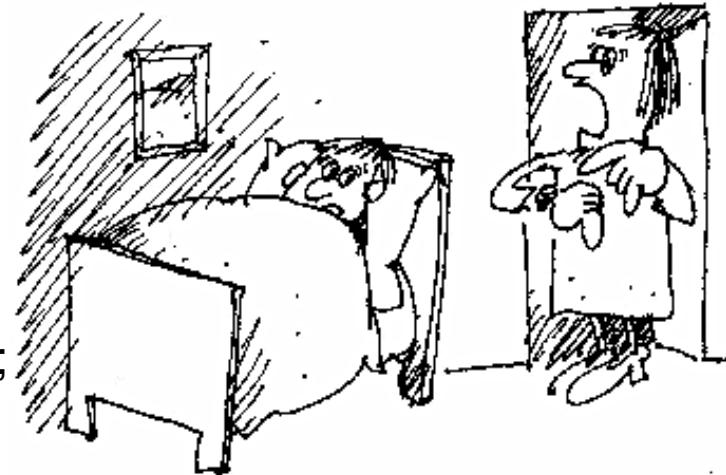


## I. Newton Axiom (Trägheitsprinzip)

Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.

Oder:

Wenn keine Kräfte auf einen Körper wirken, so kann sich seine Geschwindigkeit nicht ändern; der Körper kann also nicht beschleunigen



Den Ruhezustand aufzuheben,  
ist Nachdruck jedes Mal vonnöten.  
Der Physiker benennt das Kraft,  
was Mutterliebe selten schafft.

# 2.1 Einschub: Masse

## Masse & Trägheit

Alle materiellen Dinge setzen der Änderung ihres Bewegungszustandes einen Widerstand entgegen

Man schreibt diesen Widerstand einer Eigenschaft des Körpers zu, die man träge Masse  $m$  nennt  
**(Trägheitsgesetz)**



### Was ist Trägheit?

(Beispiel: Fahrrad & Auto)

- Masse ist die Eigenschaft eines Körpers & ein Maß für seine Trägheit!
- Trägheit = Eigenschaft eines Körpers/einer Masse, sich der Wirkung einer Kraft zu widersetzen
- Warum die Körper diese Eigenschaft tragen, ist uns noch nicht klar!

# 2.1 Kräfte: Axiome von Newton



Isaac Newton (1643-1727) stellte folgende Axiome auf:

## II. Newton Axiom (Aktionsprinzip)

Die Beschleunigung  $\vec{a}$ , die ein frei beweglicher Körper erfährt ist umgekehrt proportional zu seiner Masse  $m$  und direkt proportional zu der auf ihn wirkenden (resultierenden) Kraft  $\vec{F}$

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

Oder:

Die auf einen Körper wirkende Kraft ist gleich dem Produkt der Masse und der Beschleunigung des Körpers

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

oder

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

# 2.1 Kräfte: Axiome von Newton

Newton's Aktionsprinzip in drei Raumdimensionen

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

- **Kräfte** sind **Vektoren**, d.h. sie sind gerichtet.
- Beschleunigung einer Masse erfolgt in Richtung der Kraft
- **Masse** ist ein **Skalar**, sie hat keine Richtung



Die Bewegungen in die 3 Richtungen sind dann unabhängig voneinander:

$$F_x = m \cdot a_x, \quad F_y = m \cdot a_y, \quad F_z = m \cdot a_z$$

## 2.1 Kräfte: Einheit

- Definition und Einheit der Kraft leitet sich aus Newton's Aktionsprinzip ab

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

- Die Einheit der Kraft heißt **Newton**, wobei 1 Newton [N] genau die Kraft ist, die benötigt wird, um einen Körper der Masse 1 kg mit 1 m/s<sup>2</sup> zu beschleunigen

$$\text{Einheit [F]} = 1N = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

- Dieses Gesetz bietet auch eine Messvorschrift für Kräfte. Die Messung wird auf eine Messung von Masse, Länge und Zeit zurückgeführt

## 2.1 Kräfte: Arten

Kraft	Wechselwirkung	Reichweite (m)	Relative Stärke
Gravitationskraft	zwischen Massen Gravitationsladung (Anziehend)	$\infty$	$10^{-39}$
Coulombkraft	zwischen elektrischen Ladungen (Anziehend und Abstoßend)	$\infty$	$10^{-2}$
„Schwache“ Kraft	Wechselwirkung beim $\beta$ -Zerfall schwache Ladung	$\leq 10^{-17}$	$10^{-1}$
„Starke“ Kraft	zwischen den Kernbausteinen starke Ladung (Farbladung)	$\leq 10^{-15}$	1