





## Kinematik

© Walkowiak 2009

## Einteilung der Mechanik

**Mechanik**

**Kinematik**

Lehre von den Bewegungen und ihren Gesetzen, ohne Beachtung der zu Grunde liegenden Ursachen

**Dynamik**

Lehre von den Kräften und deren Wirkungen und damit der Ursachen von Bewegungen

© Walkowiak 2009

## Bewegung

Bewegung ist die Ortsveränderung eines Körpers gegenüber einem Bezugssystem.  
 Bezugssysteme, in denen das Trägheitsgesetz gilt, heißen **Inertialsysteme**.

**Einteilung nach der Bahnform (Bewegungsform):**

- Geradlinige Bewegung (Translation)
- Kreisbewegung/Rotation
- Schwingung (Oszillation)

**Einteilung nach der Änderung der Geschwindigkeit (Bewegungsart):**

- gleichförmige Bewegung:  $\Delta v = 0$
- beschleunigte Bewegung:  $\Delta v > 0$
- verzögerte Bewegung:  $\Delta v < 0$


S.56 f © Walkowiak 2009

## Bezugssystem

Ermöglicht die Beschreibung von Bewegungen (in Worten und als Gleichung)


**Bsp. 1:** Abwurf eines Päckchens aus einem Flugzeug

vom Erdboden aus beobachtet      vom Flugzeug aus beobachtet



**Bsp. 2:** Bewegung des Ventils beim Fahrrad

Bezugssystem Radfahrer      Bezugssystem Straße (Zykloide)



© Walkowiak 2009

## Modell Massepunkt

**Modelle:**

- Vereinfachtes gedankliches Abbild der Wirklichkeit
- dienen der besseren Veranschaulichung
- Wesentliches wird hervorgehoben
- Unwesentliches wird vernachlässigt

**Massepunkt:**

- dient u. a. der Beschreibung von Bewegungen
- man denkt sich die Masse des Körpers in einem Punkt vereint
- Form, Farbe ... sind unwichtig

© Walkowiak 2009



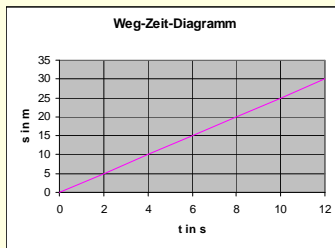
## Geradlinig gleichförmige Bewegung



© Walkowiak 2009

## Die Geschwindigkeit

t in s	s in m
0	0
2	5
4	10
6	15
8	20
10	25
12	30



Es gilt:  $\Delta s \sim \Delta t \rightarrow \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{konstant} \rightarrow v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  mit  $v = \text{konstant}$

DEX: Cassy



© Walkowiak 2009

## Die Geschwindigkeit

### phys. Bedeutung:

Die Geschwindigkeit eines Körpers gibt an, wie schnell sich dieser bewegt.

### Formelzeichen: $\vec{v}$

Einheit: m/s

### Gleichung:

$$\vec{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \vec{v} = \text{konst} \cdot t$$

### Messgerät: Tachometer

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\cdot 3,6} \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{\cdot 3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit



© Walkowiak 2009

## Gesetze der geradlinig gleichförmigen Bewegung

### Weg-Zeit-Gesetz:

$$s = v \cdot t + s_0$$

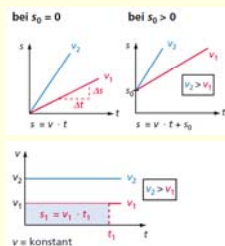
$v$  ... Geschwindigkeit  
 $t$  ... Zeit  
 $s_0$  ... Anfangsweg

Im Weg-Zeit-Diagramm ergibt sich eine Gerade.

Der Anstieg ist gleich der Geschwindigkeit.

Im Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm ergibt sich eine Gerade, die parallel zur  $t$ -Achse verläuft.

Die Fläche unter dem Graphen ist gleich dem zurückgelegten Weg.



Bilder: Physik Gymnasiale Oberstufe, Duden/Paetec, S. 61



© Walkowiak 2009

## Aufgaben

- Für ein Testfahrzeug wurde folgende Messreihe aufgenommen:

t in s	10	15	30	50	55
s in m	32	48	98	155	180

- Zeichnen Sie das  $s$ - $t$ - und das  $v$ - $t$ -Diagramm!
  - Um welche Bewegungsart handelt es sich? Begründen Sie!
  - Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit!
- Die amerikanische Raumsonde Voyager-2 funkte Bilder von einem der vier äußeren Jupitermonde zur Erde. Wie viele Minuten benötigten die Signale, wenn die Entfernung zum Zeitpunkt des Funkens 936 Mio. km betrug.



© Walkowiak 2009

## Aufgaben

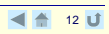
- Ein Fußgänger will mit einer konstanten Geschwindigkeit von 5 km/h eine 6 m breite Straße überqueren. Ein Kfz nähert sich gleichförmig mit 50 km/h. Wie weit muss das Fahrzeug entfernt sein, wenn der Fußgänger die Fahrbahn betritt, damit er die andere Straßenseite erreicht, bevor das Auto herangefahren ist?
- Ein Pkw fährt von A-Dorf nach B-Dorf mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h. Ein zweiter Pkw fährt mit 80 km/h los, nachdem der erste bereits 20 km gefahren ist. Nach wie viel Minuten holt er ihn ein? Zeichne das zugehörige  $s$ - $t$ -Diagramm und ermittle daraus die Lösung! Berechnen Sie!



© Walkowiak 2009

## Aufgaben

- Ein Beobachter sitzt 2 m hinter einem 50 cm breiten Fenster. Vor dem Fenster verläuft in 500 m Entfernung quer zur Blickrichtung eine Landstraße. Welche Geschwindigkeit hat ein Radfahrer, der 15 s lang im Blickfeld des Fensters zu sehen ist, wenn dieser sich gleichförmig bewegt?



© Walkowiak 2009

## Aufgaben

6. An der Straße von A-Stadt nach der 20 km entfernten C-Stadt liegt 4 km von A entfernt B-Dorf. Ein Radfahrer (I) startet in B-Dorf und kommt nach 1,5 h in C-Stadt an. Zur gleichen Zeit wie Radfahrer I in B-Dorf fährt ein anderer Radfahrer (II) in C-Stadt los und erreicht zur selben Ankunftszeit wie (I) A-Stadt.

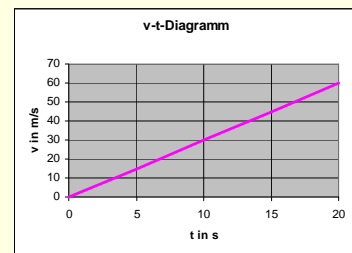
- Zeichnen Sie das Weg-Zeit-Diagramm!
- Berechnen Sie die Geschwindigkeiten beider Radfahrer!
- Zeichnen Sie das Geschw.-Zeit-Diagramm!
- Wann begegnen sich die Radfahrer (zeichnerische und rechnerische Lösung)?



© Walkowiak 2009

## Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung

t in s	v in m/s
0	0
5	15
10	30
15	45
20	60



Es gilt:  $\Delta v \sim \Delta t \rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{konstant} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  mit  $a = \text{konstant}$

DEX: Cassy



© Walkowiak 2009

## Die Beschleunigung

physikalische Bedeutung: Die Beschleunigung eines Körpers gibt an, wie schnell sich dessen Geschwindigkeit ändert.

Formelzeichen:  $\bar{a}$

Einheit:  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Gleichung:  $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$       $\bar{a} = \text{konstant}$



© Walkowiak 2009

## Beispiele

1. Ein Auto beschleunigt in 3 s von 30 km/h auf 80 km/h.

geg.:  $v_A = 30 \text{ km/h} = 8,33 \text{ m/s}$      ges.:  $a$   
 $v_E = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$

Lsg.:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22,22 \text{ m/s} - 8,33 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = 4,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  v-t-Diagramm!

2. Ein Auto bremst in 3 s von 80 km/h auf 30 km/h ab.

geg.:  $v_E = 30 \text{ km/h} = 8,33 \text{ m/s}$      ges.:  $a$   
 $v_A = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$  v-t-Diagramm!

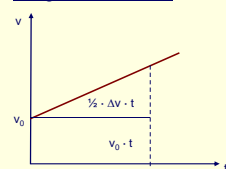
Lsg.:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,33 \text{ m/s} - 22,22 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = -4,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



© Walkowiak 2009

## Gesetze der gleichmäßig beschl. Bewegung

Weg-Zeit-Gesetz:



$$s = \frac{1}{2} \Delta v \cdot t + v_0 t$$

$$a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow \Delta v = a \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t \cdot t + v_0 t$$

mit Anfangsweg  $s_0$ :

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 t + s_0$$

Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz:  $v = a \cdot t + v_0$       $a = \text{konstant}$



© Walkowiak 2009

## Beispiel

Ein Motorrad erhöht in 2,5 s seine Geschwindigkeit gleichmäßig von 45 km/h auf 72 km/h. Berechnen Sie die Beschleunigung und den Weg!

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m/s} - 12,5 \text{ m/s}}{2,5 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}^2$$

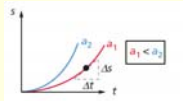
$$s = \frac{3 \text{ m/s}^2}{2} \cdot (2,5 \text{ s})^2 + 12,5 \text{ m/s} \cdot 2,5 \text{ s} = 40,6 \text{ m}$$



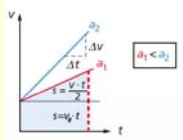
© Walkowiak 2009

## Diagramme

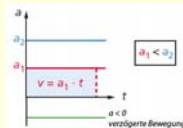
Im Weg-Zeit-Diagramm ergibt sich ein parabelförmiger Graph.  
Der Anstieg des Graphen an einer bestimmten Stelle ist gleich der Augenblicksgeschwindigkeit.



Im Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm ergibt sich eine Gerade.  
Der Anstieg der Graphen ist gleich der Beschleunigung, die Fläche unter dem Graphen ist gleich dem Weg.



Im Beschleunigungs-Zeit-Diagramm ergibt sich eine Gerade, die parallel zur t-Achse verläuft.  
Die Fläche unter dem Graphen ist gleich der Geschwindigkeit.



Bilder: Physik Gymnasiale Oberstufe, Duden/Paetec, S. 64

19 © Walkowiak 2009

## Aufgaben

- Ein Pkw beschleunigt 10 s lang und erreicht dabei eine Geschwindigkeit von 80 km/h. Berechnen Sie die Beschleunigung! (2,22 m/s<sup>2</sup>)
- Wie lange benötigt ein Fahrzeug, um bei einer Beschleunigung von 5 m/s<sup>2</sup> auf eine Geschwindigkeit von 96 km/h zu kommen? Welchen Weg legt es dabei zurück? (5,3 s; 71,1 m)
- Ein Autofahrer fährt mit 72 km/h<sup>-1</sup> und sieht in 50 m Entfernung ein Kind auf der Straße spielen. Schafft er es, vor dem Kind zum Halten zu kommen, wenn die Bremsbeschleunigung 6 ms<sup>-2</sup> und seine Reaktionszeit 1 s beträgt? (53,3 m)

20 © Walkowiak 2009

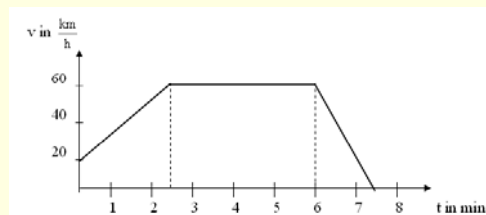
## Aufgaben

- Ein Fahrzeug brems mit  $a = -5 \text{ ms}^{-2}$  von  $72 \text{ kmh}^{-1}$  auf  $54 \text{ kmh}^{-1}$  ab. Wie viel Zeit vergeht dabei? Wie lang ist der Bremsweg? ( $t = 1 \text{ s}$ ,  $s = 17,5 \text{ m}$ )
- Ein Pkw brems mit der Verzögerung  $6,5 \text{ ms}^{-2}$  und legt bis zum Stillstand 45 m zurück. Wie groß sind Bremszeit und Anfangsgeschwindigkeit? ( $t = 3,72 \text{ s}$ ,  $v = 4,2 \text{ m/s}$ )
- Ein Motorradfahrer fährt mit  $100 \text{ km/h}$  auf der Landstraße. In  $80 \text{ m}$  Entfernung sieht er ein Ortseingangsschild. Schafft er es auf  $50 \text{ km/h}$  abzubremesen, wenn die Bremsbeschleunigung  $5 \text{ m/s}^2$  beträgt? ( $57,9 \text{ m}$ )

21 © Walkowiak 2009

## Aufgaben

- Für ein Fahrzeug wird folgendes v-t-Diagramm aufgezeichnet. Berechnen Sie den Gesamtweg und zeichnen Sie das a-t-Diagramm!



( $s_{\text{ges}} = 5916 \text{ m}$ )

22 © Walkowiak 2009

## Übungen

- Ein Pkw fährt mit konstanter Geschwindigkeit von  $108 \text{ km/h}$  geradlinig auf einem ebenen Autobahnabschnitt. Plötzlich nimmt er in  $100 \text{ m}$  Entfernung einen wegen eines Defektes liegen gebliebenen Lkw wahr. Nach einer Reaktionszeit von  $0,8 \text{ s}$  beginnt der Fahrer mit einer konstanten Bremsbeschleunigung von  $6,2 \text{ m/s}^2$  zu bremsen.
  - Wie weit ist der Pkw zu Beginn des Bremsvorganges noch von dem stehenden Lkw entfernt?
  - Entscheiden Sie durch Rechnung, ob der Pkw noch vor dem Lkw zum Stehen kommt!
  - Die Reaktionszeit des Pkw-Fahrers hat sich durch Alkoholwirkung verdoppelt. Wie lang ist jetzt der Reaktionsweg? Entscheiden Sie, ohne zu rechnen!

23 © Walkowiak 2009

## Aufgaben

- Ein Pkw-Fahrer ( $80 \text{ km/h}$ ) sieht plötzlich im Nebel  $40 \text{ m}$  vor sich einen mit  $30 \text{ km/h}$  fahrenden Traktor. Schafft er es rechtzeitig abzubremesen, wenn die Bremsbeschleunigung  $6 \text{ m/s}^2$  und seine Reaktionszeit  $0,5 \text{ s}$  beträgt?
- Ein Pkw fährt mit konstanter Geschwindigkeit ( $36 \text{ kmh}^{-1}$ ) an einem Motorradfahrer vorüber, der sich soeben mit gleichmäßiger Beschleunigung in Bewegung setzt und den Wagen nach  $30 \text{ s}$  überholt.  
Welche Beschleunigung hat das Motorrad und mit welcher Geschwindigkeit überholt es den Pkw? ( $a = 0,67 \text{ m/s}^2$ ,  $v = 72 \text{ km/h}$ )

24 © Walkowiak 2009

### Aufgaben

11. Ein Pkw mit  $v_2 = 60 \text{ kmh}^{-1}$  wird von einem zweiten mit  $v_1 = 70 \text{ kmh}^{-1}$  überholt. Wie lange dauert der Überholvorgang und welche Fahrstrecke muss der Überholer dabei zurücklegen, wenn der gegenseitige Abstand vor und nach dem Überholen 20 m beträgt und beide Wagen 4 m lang sind? ( $t = 17,27 \text{ s}$ ,  $s = 335,8 \text{ m}$ )

12. Ein Kradfahrer erblickt in 50 m Entfernung eine Ortstafel, von der ab nur mit  $50 \text{ kmh}^{-1}$  gefahren werden darf. Wie lange dauert der Bremsvorgang und wie groß ist die Bremsverzögerung, wenn seine Anfangsgeschwindigkeit  $80 \text{ kmh}^{-1}$  beträgt? ( $t = 2,78 \text{ s}$ ,  $a = -3 \text{ m/s}^2$ )



25

© Walkowiak 2009

### Aufgaben

13. Ein Kradfahrer erreicht im Verlauf von 3 s eine Geschwindigkeit von  $65 \text{ kmh}^{-1}$  und legt während dieser Zeit 40 m zurück. Wie groß ist seine Anfangsgeschwindigkeit?

(31 km/h)



26

Anwendungen: Physik im Straßenverkehr

© Walkowiak 2009

### Ungleichmäßig beschleunigte Bewegung

Beispiele:

- Raketenstart: siehe S. 113
- Fallbewegung in Luft (auch Fallschirm): siehe S. 66

Begründen Sie, warum es sich bei diesen Beispielen um ungleichmäßig beschleunigte Bewegungen handelt.



27

© Walkowiak 2009