

V05 30. Okt. 2012

Klassische Physik 1

WS 2012/13

Johannes Blümer

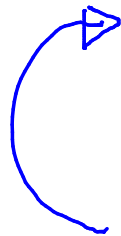
KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



2. Klassische Mechanik

2.1 Kinematik der Massenpunkte

- Ortsvektoren
- Momentanwerte,
Ort-Geschwindigkeit-Beschleunigung
- Superpositionsprinzip
- Bewegungsgleichungen
- Drehbewegungen



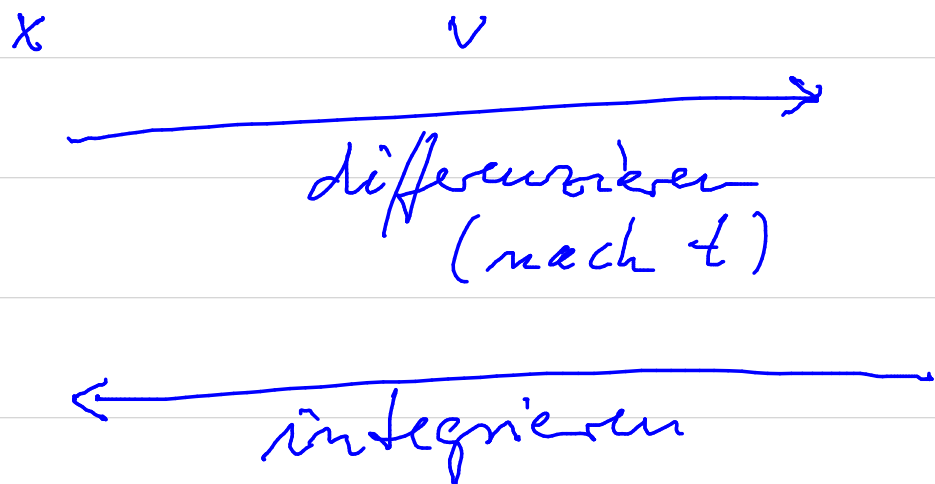
Kinematische Diagramme

Beisp. ICE MA-KA $\Delta x = 62 \text{ km}$

Δt : $t_0 = 8^{\text{h}52}$, $t_1 = 9^{\text{h}14}$, $\Delta t = 22^{\text{m}} = 1320 \text{ s}$

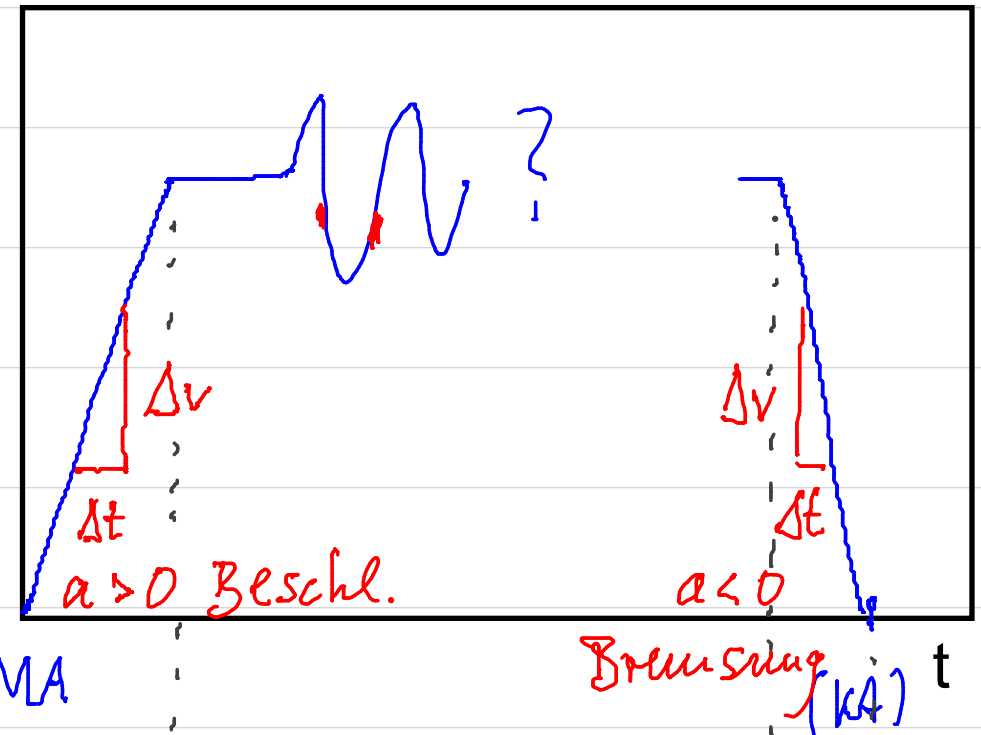
$$v_0 = \bar{v} = \frac{62 \text{ km}}{1320 \text{ s}} = 47 \text{ m/s} = 169 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Ort $\rightarrow$ Geschwindigkeit $\rightarrow$ Beschl.

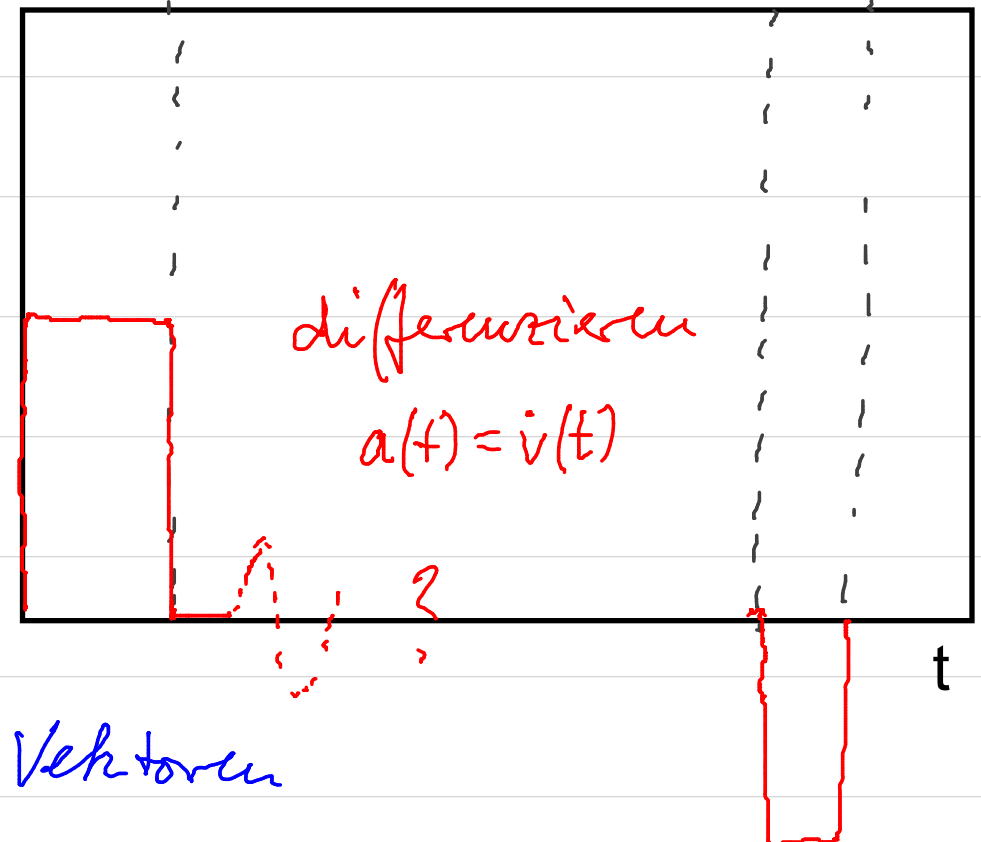


diff. / integr. komponentenweise bei Vektoren

$v(t)$



$a(t)$



Bewegungsgleichungen

Einfachste Fälle für $v(t)$, $s(t)$

1) $a = 0$ "keine Beschleunigung"

$$a = 0 = \dot{v} = \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = 0 \quad \text{"Geschwindigkeitsänderung ist 0"}$$

$$v(t) = \int a(t) dt = 0 + v_0$$

Integrationskonstante

$$v(t) = v_0$$

phys. Interpretation: Anfangsgeschwindigkeit

Weg-Zeit:

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v \cdot dt \rightarrow s = \int v dt = \int v_0 dt = v_0 t + \underline{\underline{s_0}}$$

Anfangsort bei $t=0$

$$s(t) = v_0 t + s_0$$

2) $a = \text{konst} \neq 0$ "gleichmäßig beschleunigte Bewegung"
z.B. Fallbewegung

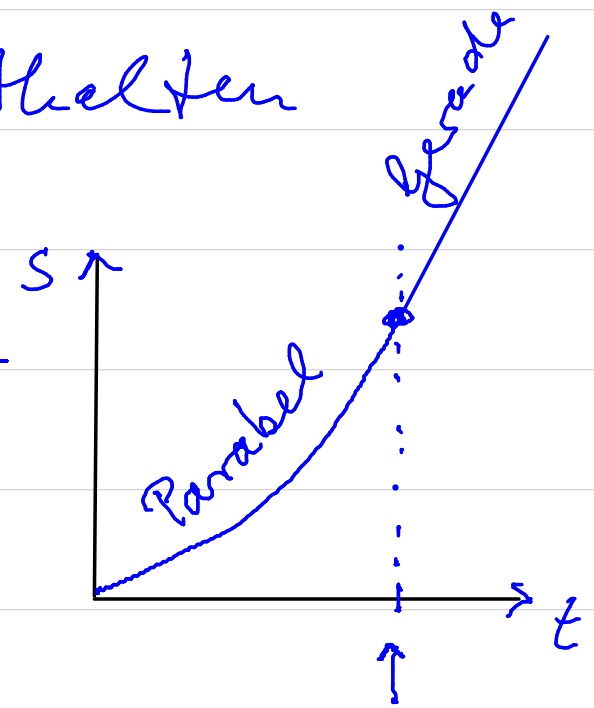
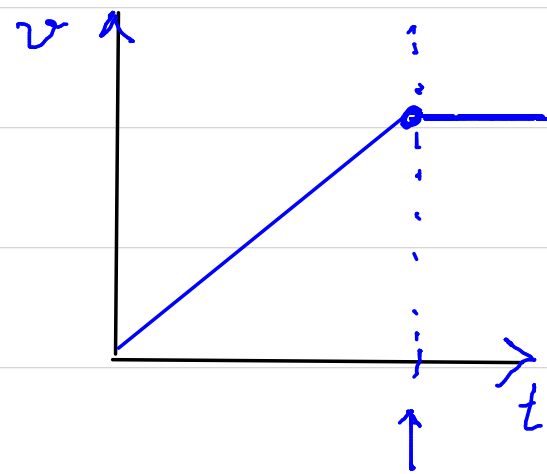
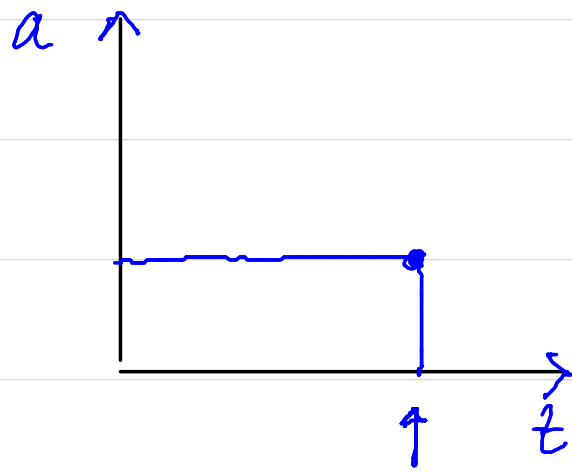
$$\boxed{v = \int a \, dt = a \cdot t + v_0}$$

$$\boxed{s = \int v \, dt = \int (at + v_0) \, dt = \int at \, dt + \int v_0 \, dt = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + s_0}$$

„Anfangsbedingungen“ setzen $[s_0 \rightarrow \text{„MA“}, v_0 = 0]$
 $\hookrightarrow$ Koord. system ?

Fall 1) ist als trivialer Fall ($a=0$) in 2) enthalten

setze $v_0 = 0, s_0 = 0$



Relativgeschwindigkeiten etc

$\vec{r}(t)$	Orte	}	hängen vom Koordinaten- system ab, in dem sie gemessen werden
$\vec{v}(t)$	Geschwindigkeiten		
$\vec{a}(t)$	Beschleunigungen		

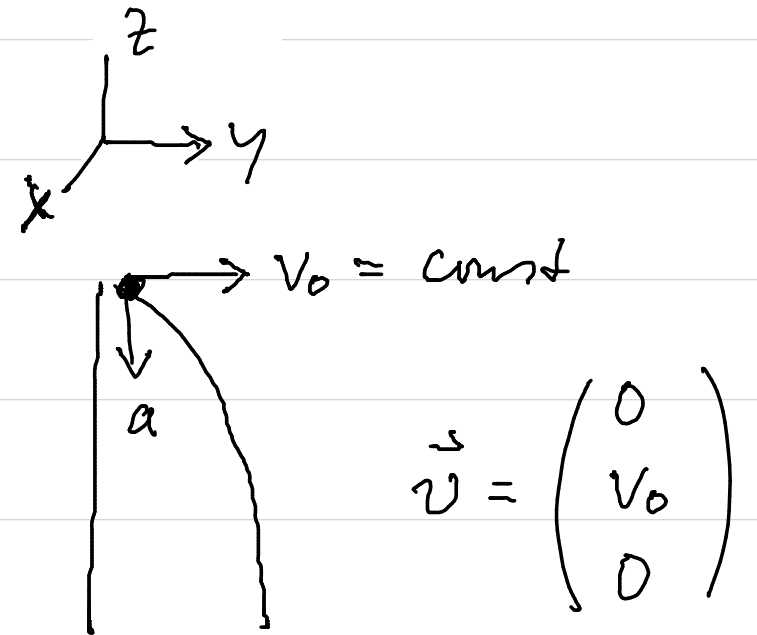
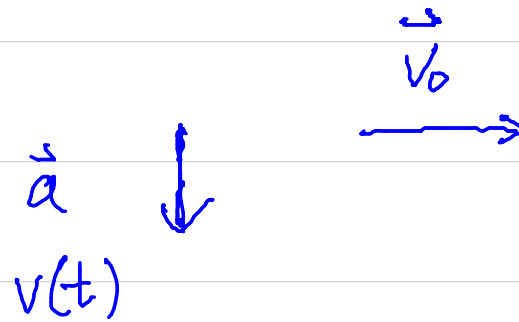
Vektoreigenschaften $\Rightarrow$ Komponenten addieren
sich ungestört

Fa

Superpositionsprinzip

- Versuche: Bewegungen überlagern sich ungestört

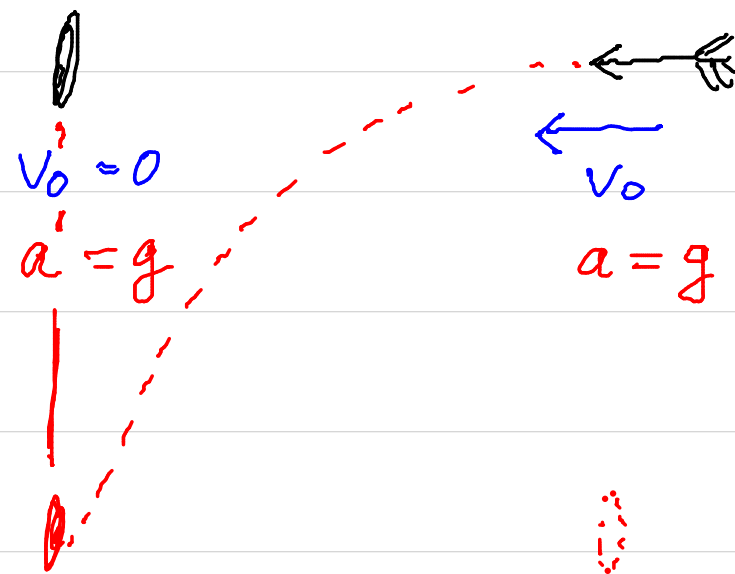
- Fallmaschine I (✓)



- Wasseraustritt: Parabelform

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -a_0 \end{pmatrix} \quad \left\{ \begin{array}{l} g \end{array} \right.$$

- Fallmaschine II: Tiplers Affe



- Quantitativ:
Zeitmessung als Funktion der
Fallstrecke

→ Weg-Zeit-Diagramm...

Fallversuch : $s(t)$ Diagramm

$$s(t) = \frac{1}{2} a t^2 + \underline{v_0} t + \underline{s_0}$$

? 1 Wert für Δx ist nur ? cm falsch

wie groß ist die Beschleunigung?

Schräger Wurf

Anfangsgeschwindigkeit
 $t_0 = 0$

$$\vec{v}_0 = \vec{v}(t=t_0=0) = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ 0 \\ v_{0z} \end{pmatrix}$$

$$v_0 = |\vec{v}_0| = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0z}^2}$$

$[\alpha \equiv \varphi_{\text{Drehw.}}]$

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0z} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

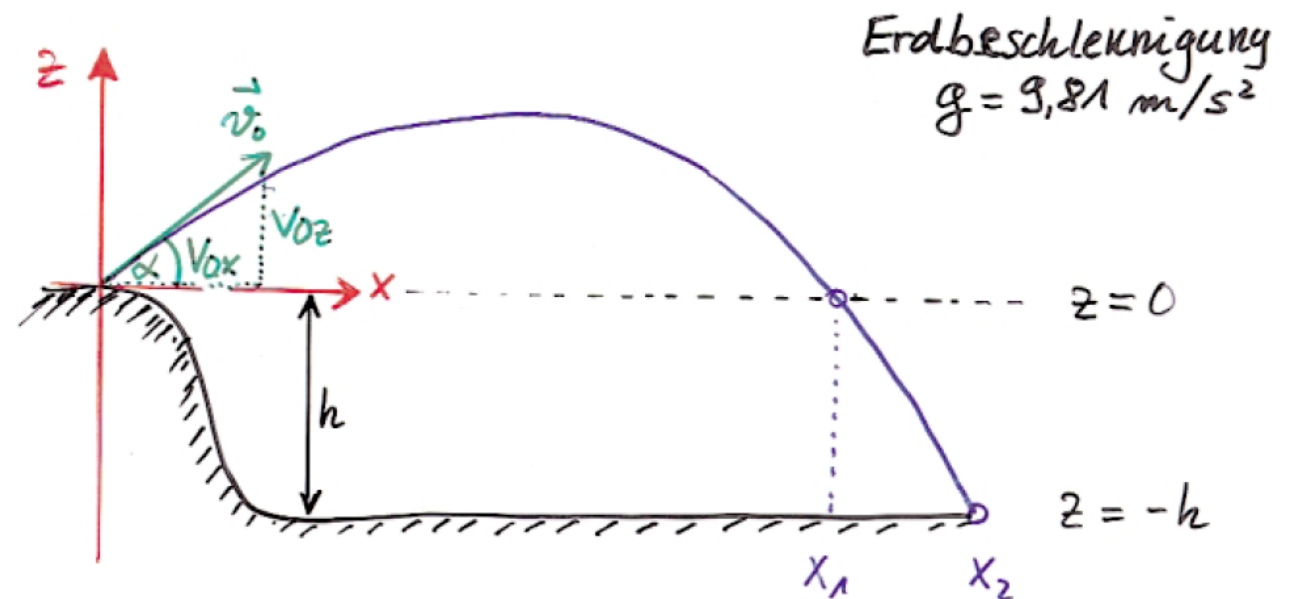
$$\tan \alpha = \frac{v_{0z}}{v_{0x}}$$

Anfangsort: $\vec{r}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Beschleunigung: $\vec{a}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{pmatrix}$

"freier Fall", kein Luftwiderstand, etc

$$\vec{v}(t) = \int \vec{a}(t) dt = \begin{pmatrix} \int a_x dt \\ \int a_y dt \\ \int a_z dt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ v_{0y} \\ v_{0z} - gt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ 0 \\ v_{0z} - gt \end{pmatrix}$$



nochmaliges Integrieren von $\vec{v}(t) \Rightarrow \vec{r}(t)$

$$\vec{r}(t) = \int \vec{v}(t) dt = \begin{pmatrix} V_{0x}t + x_0 \\ 0 + y_0 \\ V_{0z}t - \frac{1}{2}gt^2 + z_0 \end{pmatrix}$$

Integr. Konst. !!!

≡ hier $\emptyset$

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} V_{0x}t \\ 0 \\ V_{0z}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \equiv 0 \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Einf. Sonderfall $h=0$ ^{t_1} Fallzeit? Reichweite?
 „Aufschlag“: $\xrightarrow{t}$ $\underline{r_z} \equiv 0$ liefert $V_{0z}t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = 0$

$$\hookrightarrow t_n = \frac{2 v_{0z}}{g} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$\hookrightarrow t_n \rightarrow \max$ für $\sin \alpha = 1$
d.h. $\alpha = 90^\circ$

Reichweite:

$$r_x \rightarrow x_n = r_x(t = t_n)$$

$$= v_{0x} \cdot t_n = v_{0x} \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = v_0 \cos \alpha \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$\parallel$
 $v_0 \cos \alpha$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \underbrace{2 \cos \alpha \sin \alpha}_{\equiv \sin 2\alpha}$$

$r_x = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha$ wird max für
 $\sin 2\alpha = 1$, d.h. für $\alpha = 45^\circ$

$$r_x^{(\max)} = v_0^2 / g \text{ bei } \alpha = 45^\circ$$

„Senkrechte freie Fall“ enthalten: $\alpha = -90^\circ$ setzen

$$\vec{v}_0 = 0$$

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -gt \end{pmatrix}, \quad \vec{r}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 \end{pmatrix} \quad \text{Vz beachten}$$

Zeit bis Aufschlag: $r_z(t) = -h$ h Fallstrecke

./ VERSUCH

$$-\frac{1}{2}gt^2 = -h, \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{./ } h(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

