

Klassische Physik 1

Johannes Bümer

WS 2014/15

V05 04. November

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



1. Einführung

- 1.1. Was ist Physik?
- 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
- 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler

2. Klassische Mechanik

- 2.1. Kinematik der Massenpunkte
- 2.2. Dynamik der Massenpunkte
- 2.3. Systeme von Massenpunkten
- 2.4. Rotation

3. Gravitation

- 3.1. Gravitationsgesetz
- 3.2. Feld und Potential

3.3. Planetenbahnen: Kepler

3.4. Massenverteilungen

3.5. Dunkle Materie

4. Relativistische Mechanik

4.1. Bezugssysteme und Transformationen

4.2. Spezielle Relativitätstheorie

4.3. Relativistische Kinematik

5. Feste Körper und Flüssigkeiten

5.1. Feste Körper

5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Schwingungen

6.2. Wellen

Zusammenfassung 4

Anriss Datenauswertung

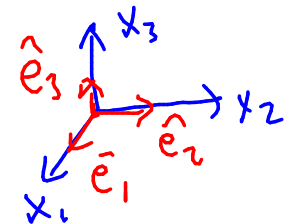
- Histogramm, Streudiagramm, nTupel, Datenvolumen – Informationsverlust durch Kompression etc.
- Deskriptive Statistik: Vergleich der Eigenschaften von Datensätzen mit Hilfe von Mittelwert, Breite, Median, etc.
- Parameteranpassung: Chiquadrate, Maximum-Likelihood, MC-Simulation

2. Klassische Mechanik

2.1 Kinematik der Massenpunkte

Vektoren $\vec{r}$, $\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$ rechtshändiges Koordinatensystem:

zeit t als Parameter



$\hat{e}$: Einheitsvektoren

Momentan- und Durchschnittswerte von

Geschwindigkeit: $v_M = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt} = \dot{\vec{x}}$

Beschleunigung: $a_M = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{d\vec{x}}{dt} = \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} = \ddot{\vec{x}}$

2. Klassische Mechanik

2.1 Kinematik der Massenpunkte

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

Kinematische Diagramme

Beispiel: ICE MA-KA $\Delta x = 62 \text{ km}$

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

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

Momentangeschwindigkeit während der Fahrt sicher höher ...

Allgemeine kinematische Gleichungen:

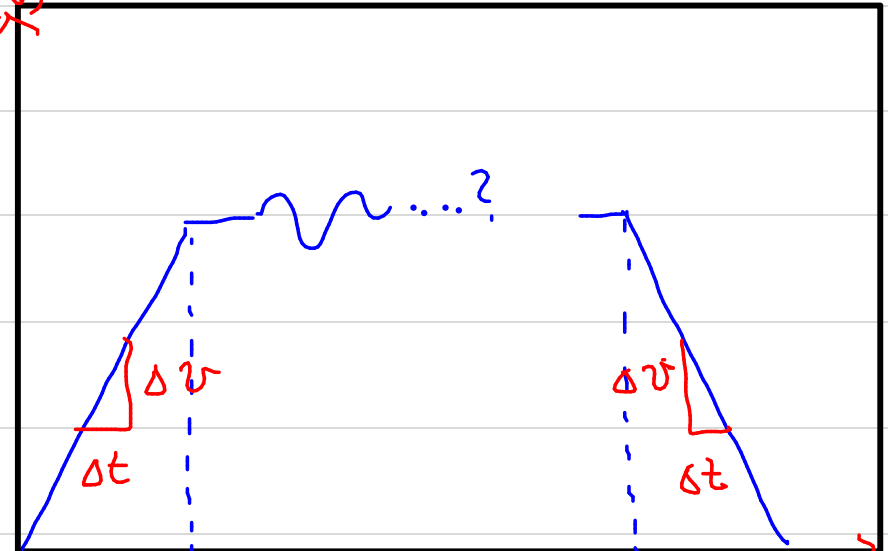
Ort $\rightarrow$ Geschwindigkeit $\rightarrow$ Beschleunigung
 $x \quad \quad \quad v \quad \quad \quad a$

math: differenzieren (nach t) $\rightarrow$

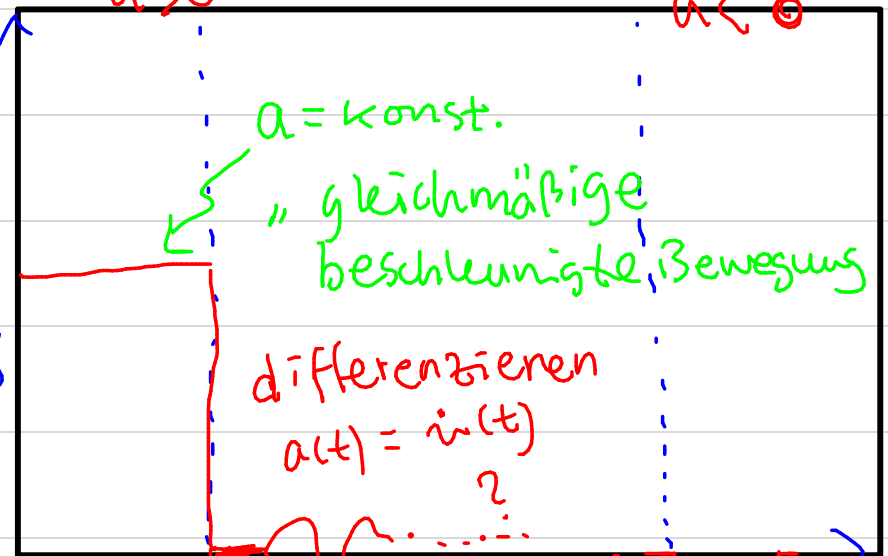
$\leftarrow$ Integrieren!

diff./integr. komponentenweise bei Vektoren

$v(t)$



MA Beschl. $a > 0$ Bremsung $a < 0$



$a = \text{konst.}$
 „gleichmäßige beschleunigte Bewegung“

differenzieren
 $a(t) = v'(t)$
 ?

Bewegungsgleichungen

Einfachste Fälle für $v(t)$, $s(t)$

(1) $a = 0$ „keine Beschleunigung“

$$a = 0 = \dot{v} = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \boxed{dv = 0} \quad \text{„Geschwindigkeits-
änderung
ist 0“}$$

$$v(t) = \int a(t) \cdot dt = 0 + \underbrace{v_0}_{\text{Integrationskonstante}}$$

$$\Rightarrow \boxed{v(t) = v_0 = \text{konst.}}$$

phys. Interpretation: Anfangsgeschwindigkeit

Weg - Zeit:

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v \cdot dt \rightarrow s = \int v \cdot dt = \int v_0 \cdot dt = v_0 \cdot t + \underbrace{s_0}_{\text{Anfangs-ort bei } t=0}$$

$$\Rightarrow \boxed{s(t) = v_0 \cdot t + s_0}$$

Weg-Zeit-Gesetz für unbeschleunigte Bewegung mit konstanter Geschw.

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

$$v = \int a dt = a \cdot t + v_0$$

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

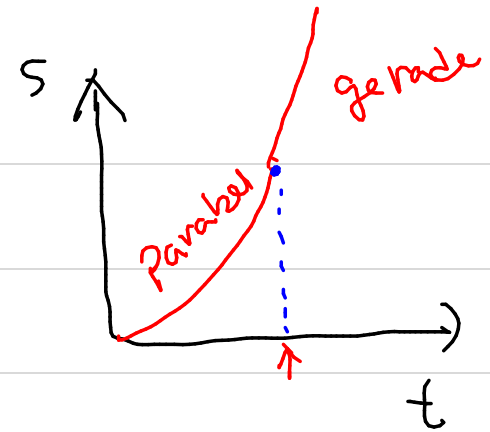
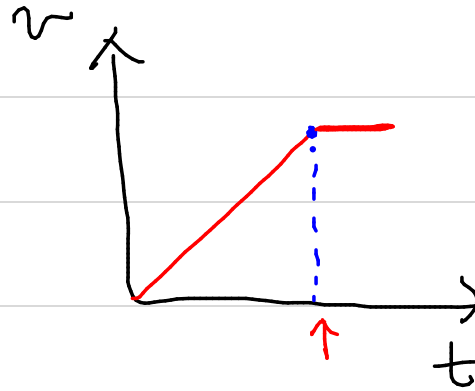
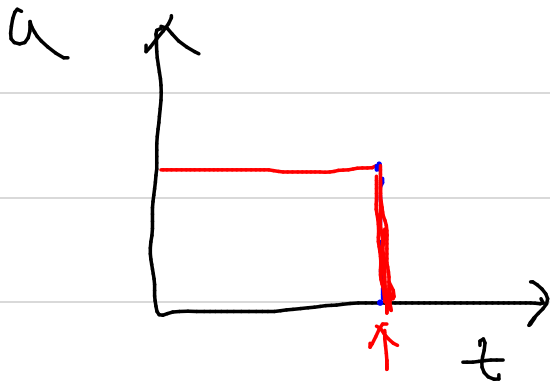
„Anfangsbedingungen“

setzen $[s_0 \rightarrow \text{„}M_A\text{“}, v_0 = 0]$
└ koord. Sys.?

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

Setze $v_0 = 0, s_0 = 0$

Graphische Darstellung:



Relativgeschwindigkeiten:

$\vec{r}(t)$ Ort
 $\vec{v}(t)$ Geschw.
 $\vec{a}(t)$ Beschl.

} hängen von Koordinaten-
 system ab, in dem
 sie gemessen werden

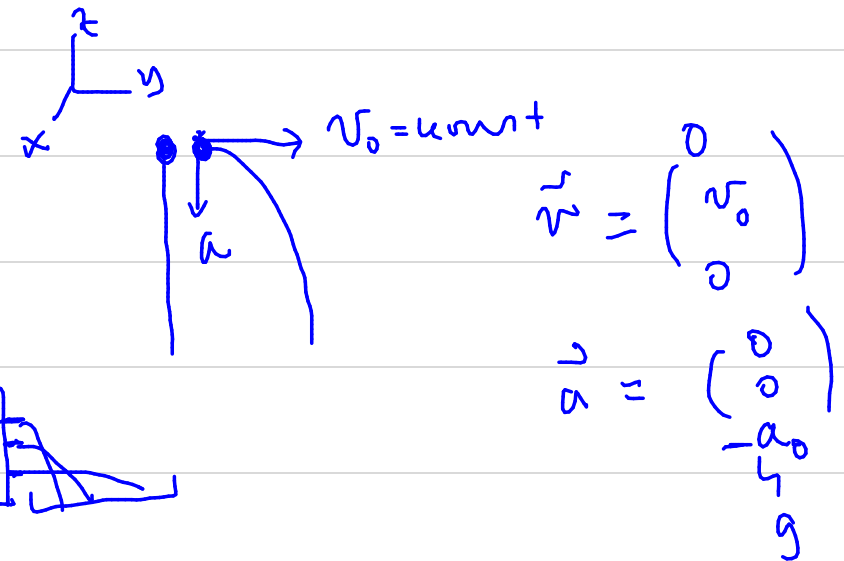
Vektoreigenschaften 

$\Rightarrow$ Komponenten addieren
 sich "ungestört"

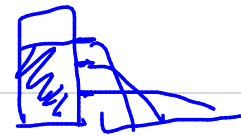
Superpositionsprinzip : Geschwindigkeiten überlagern sich, Beschl. ebenso Vektorverhalten

- Versuch: Bewegungen überlagern sich ungestört

- Fallmaschine I



- Wasseraustritt: Parabelform



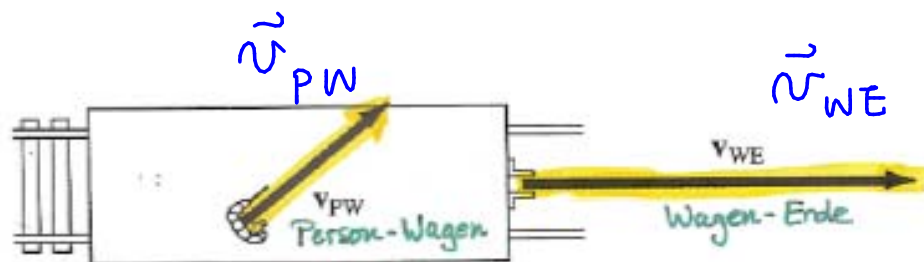
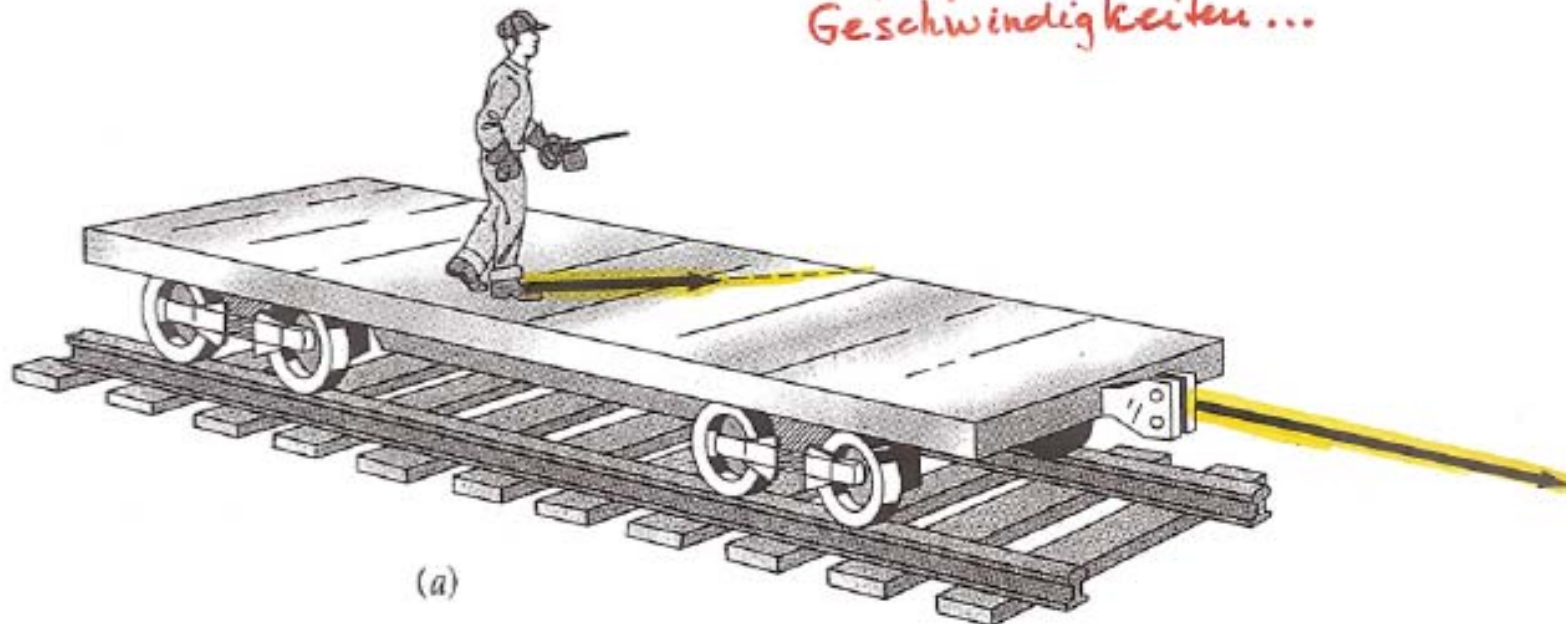
- Fallmaschine II: Tiplers Affe



- Quantitativ:
Zeitmessung als Funktion der
Fallstrecke

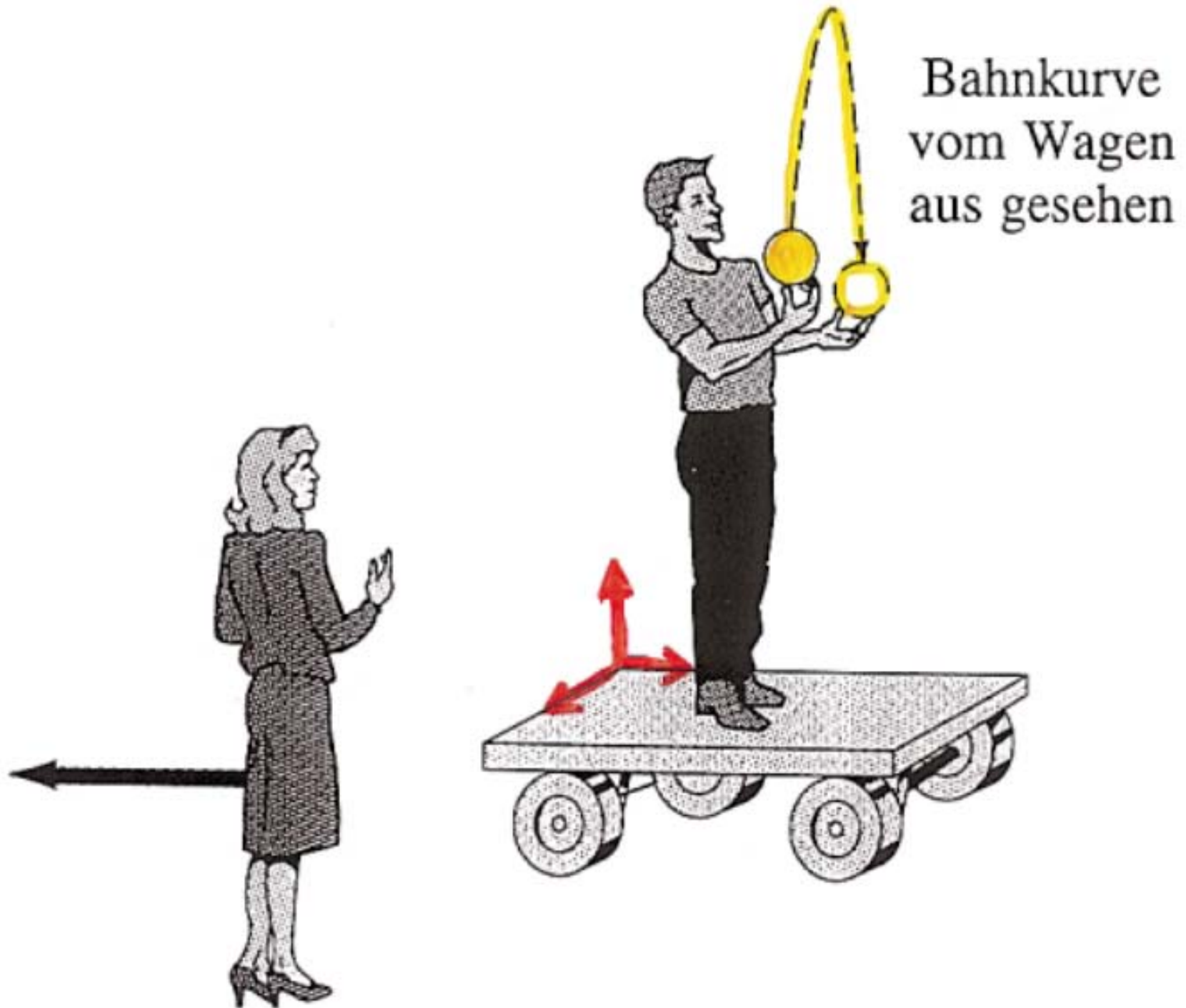
↳ Weg-Zeit-Diagramm

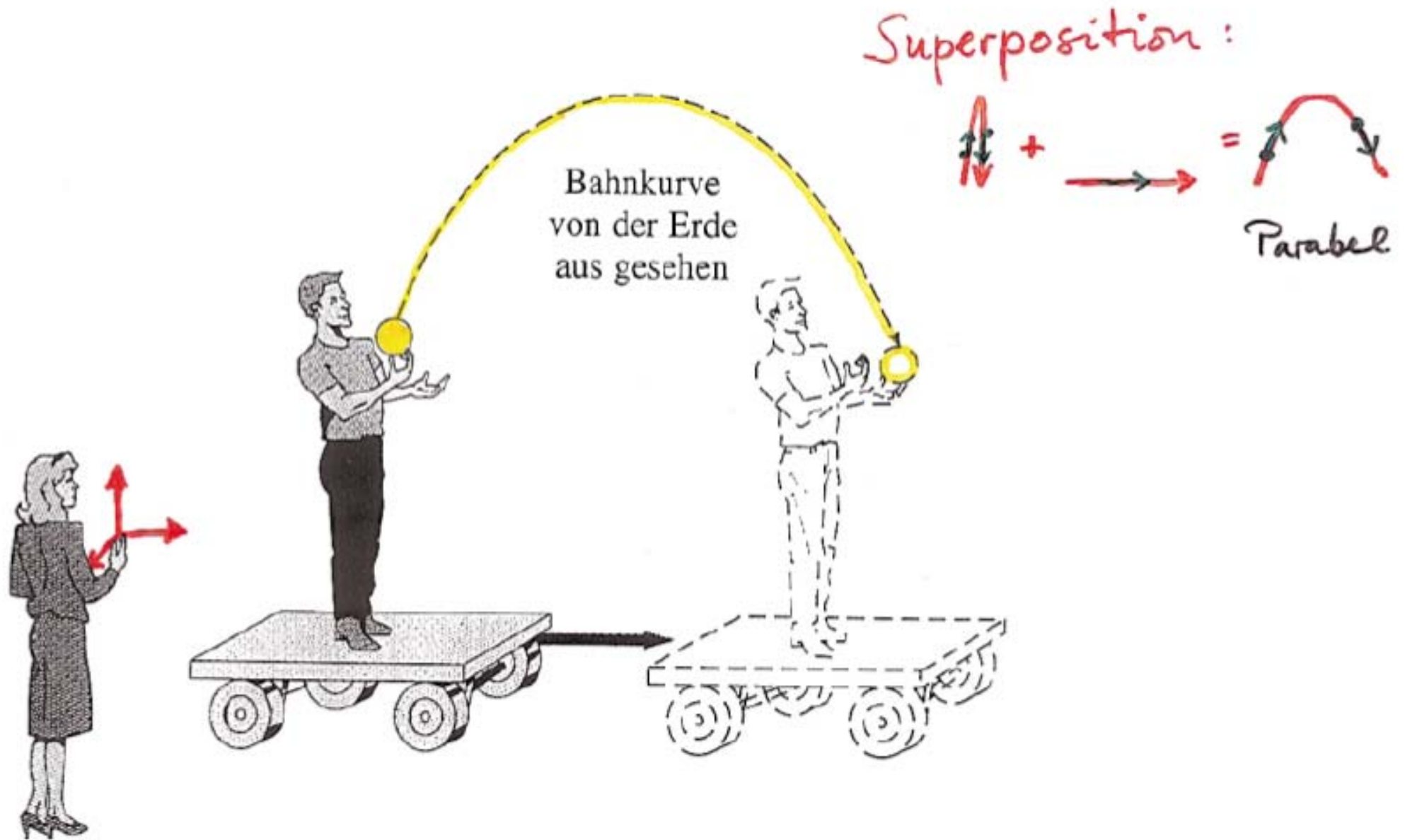
Superposition von
Geschwindigkeiten...



... Vektoraddition:







$\vec{v}_1 = \text{konst.}$
 immer
 gleiche
 Abstände

$\vec{v}_2 = \vec{v}_1(t)$
 „zunehmend“

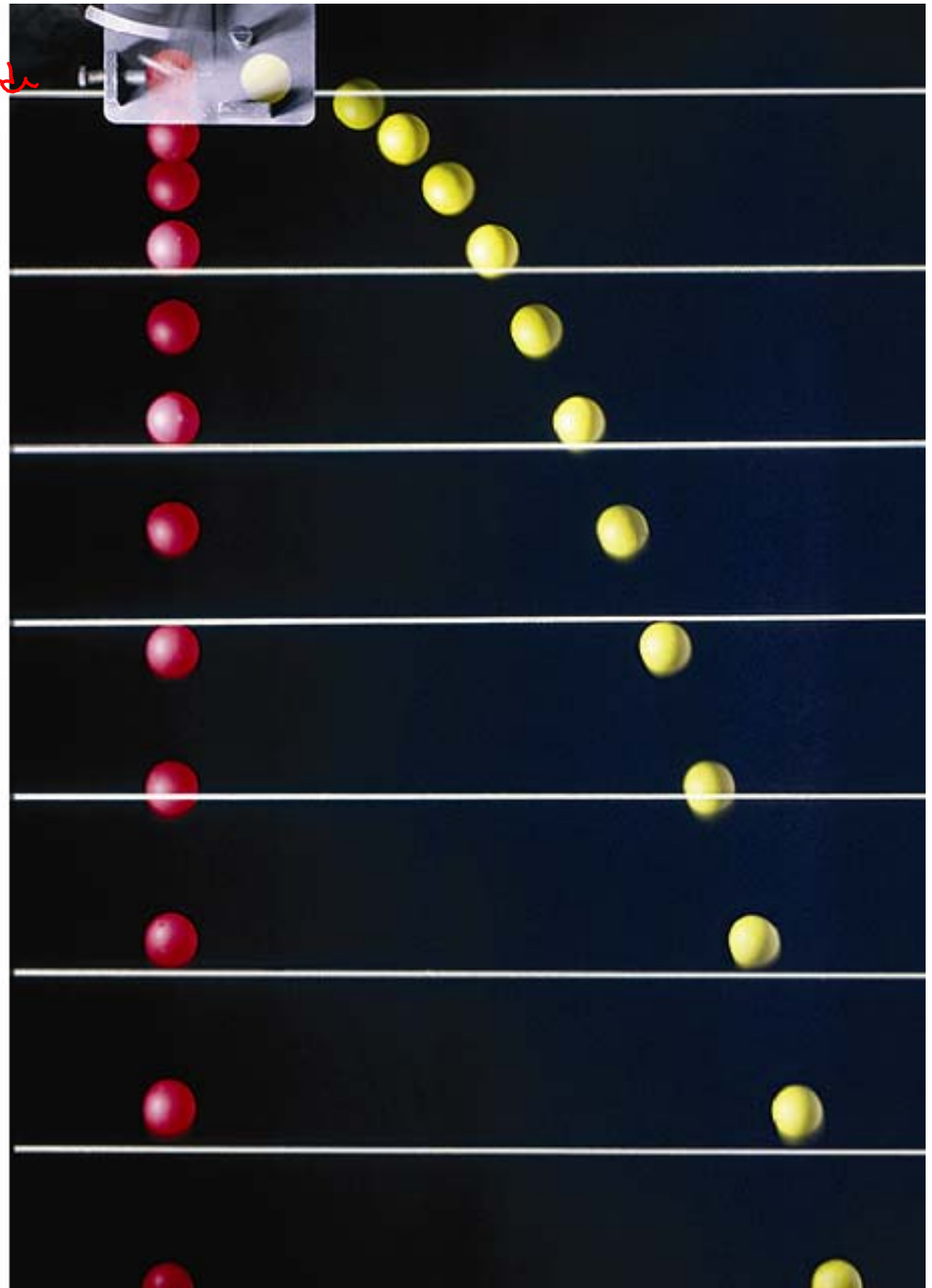
Fallmaschine I

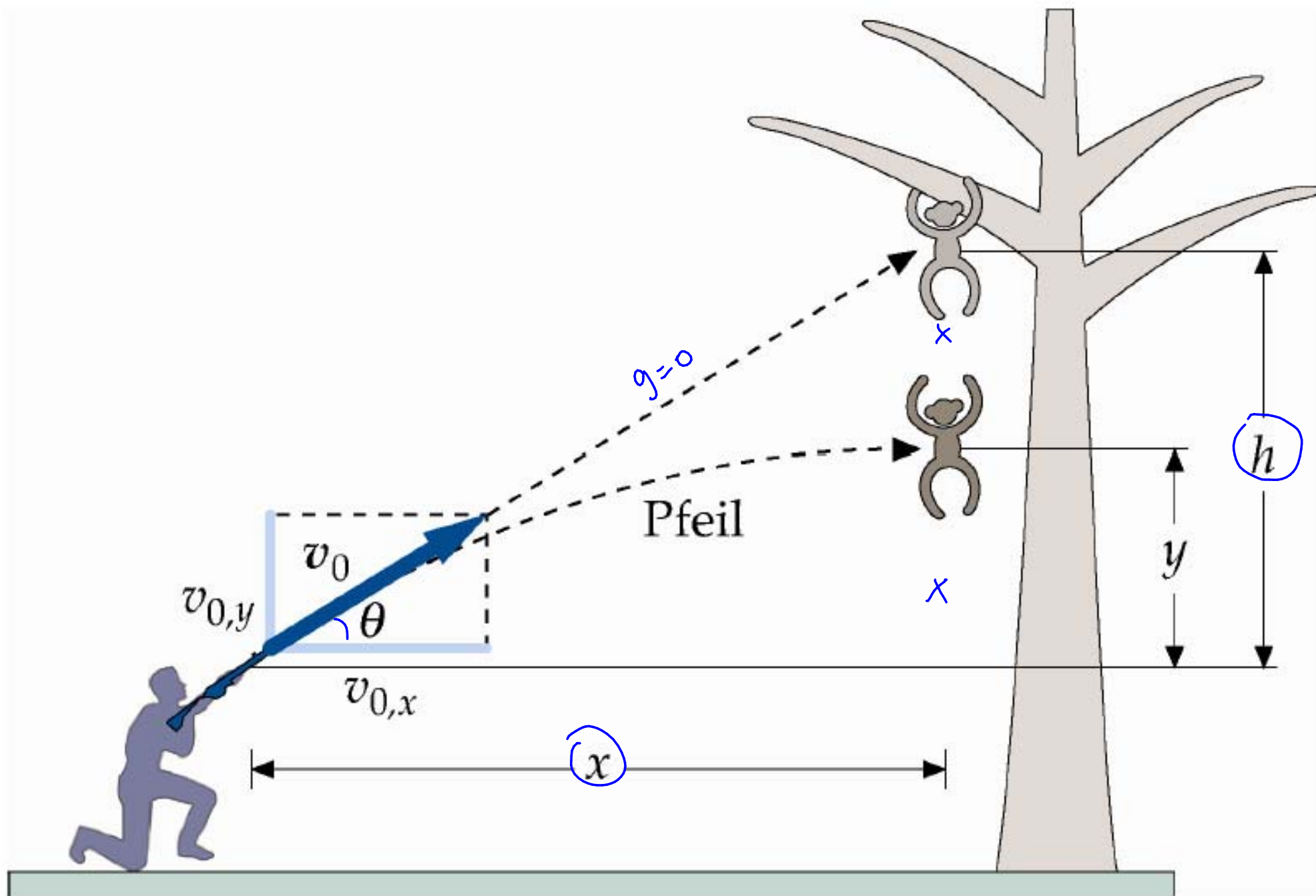
$v_2 \propto t$
 wg.
 Erdbeschl.
 g

Δx	Δt
50 cm	324 ms
100 cm	456 ms
150	558 ms

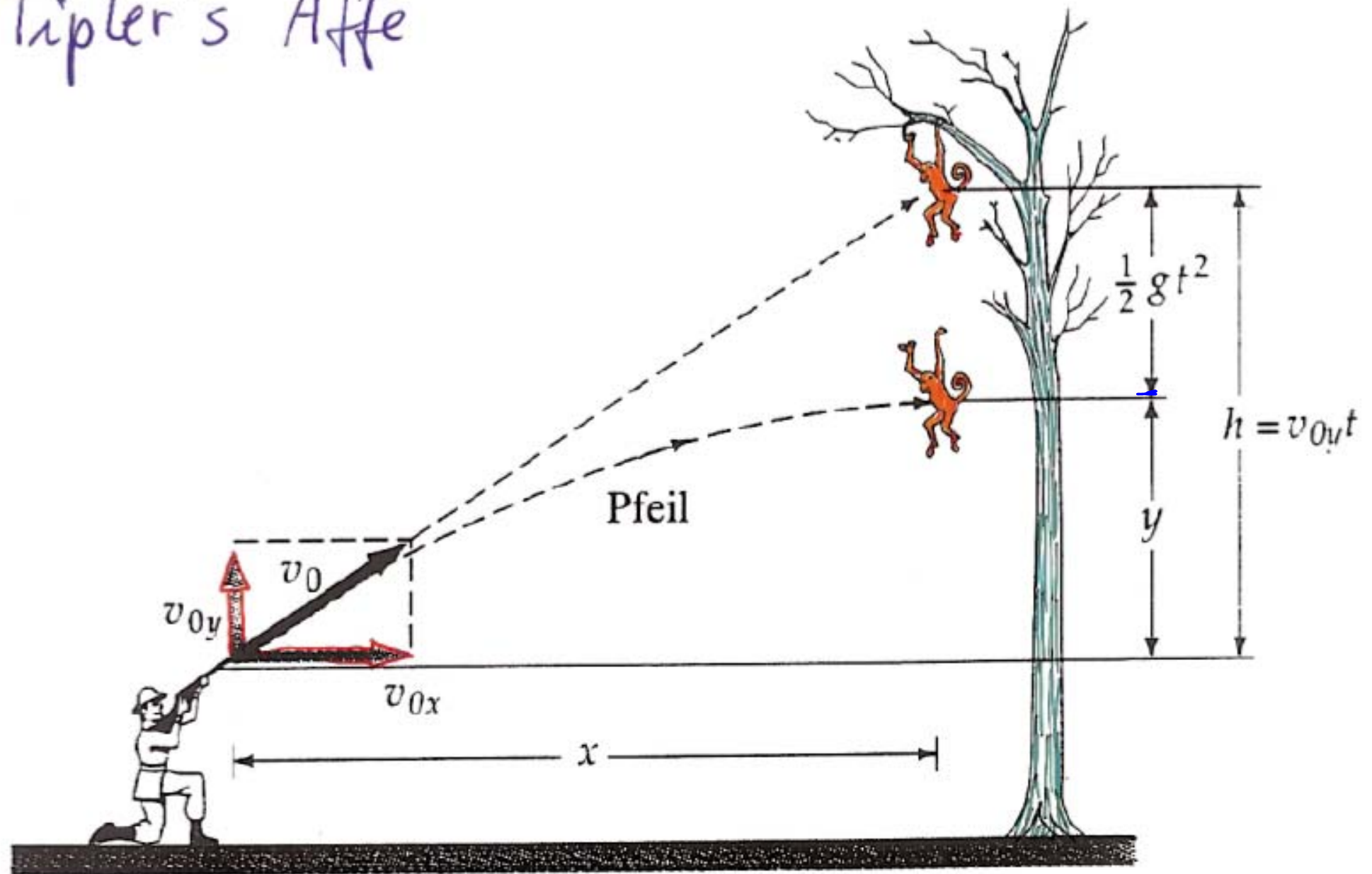
Schlampige Protokollführung.

- Im Praktikum besser machen!





"Tipler's Affe"



$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = h - \frac{1}{2}gt^2$$

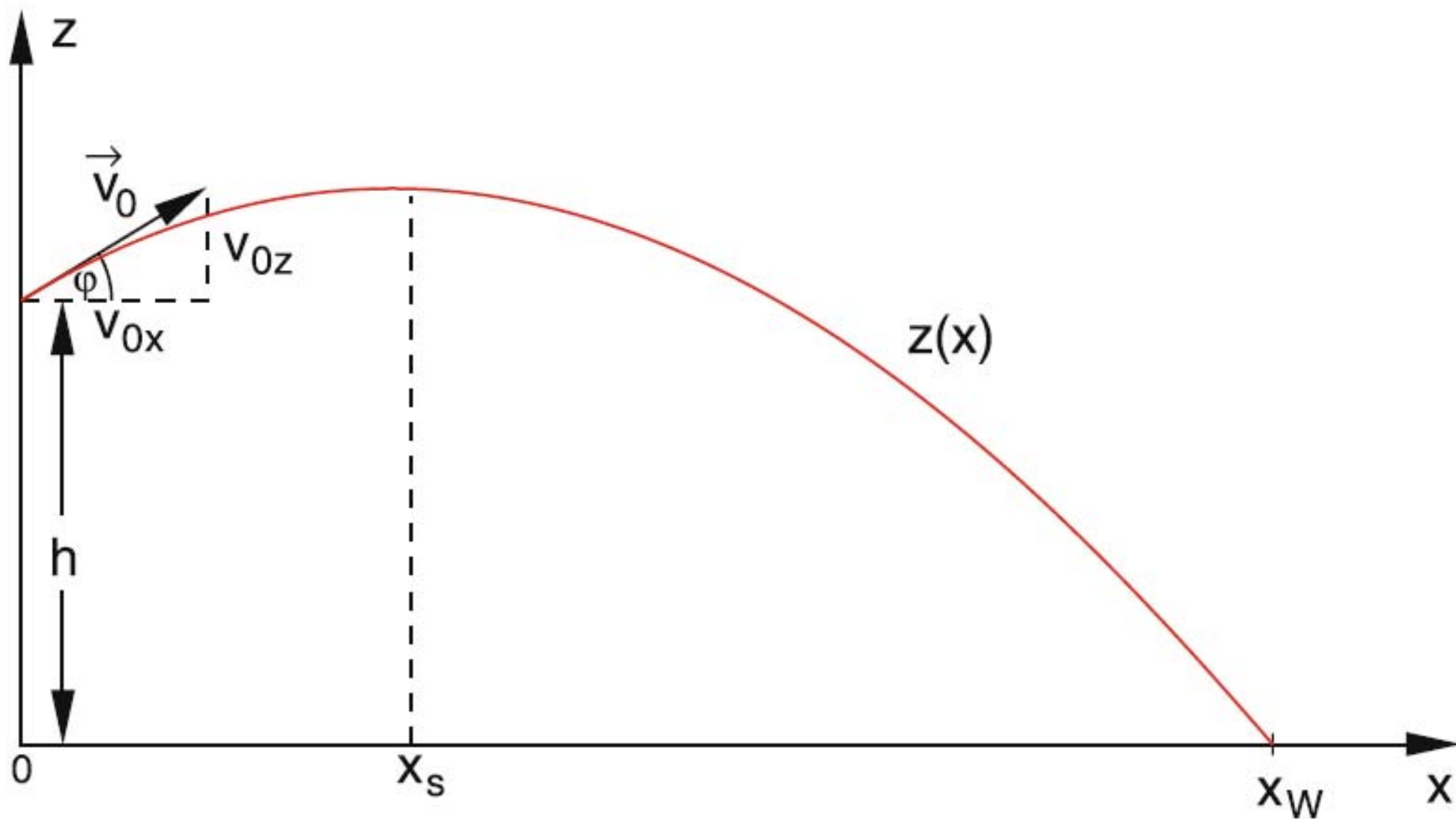


Abb. 2.9. Schräger Wurf

Schräger Wurf

Anfangsgeschwindigkeit:

$$t_0 = 0$$

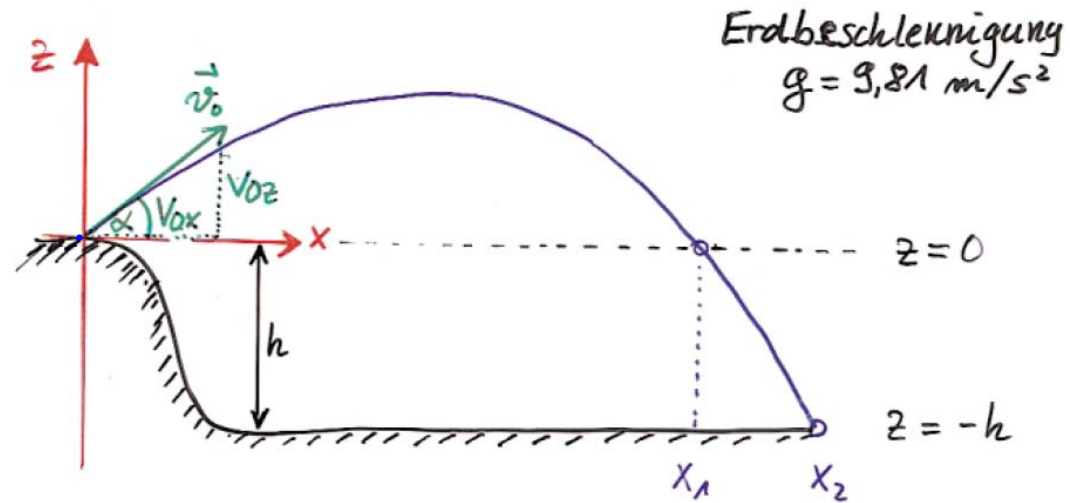
$$\vec{v}_0 = \vec{v}(t=t_0=0) = \begin{pmatrix} v_{0x} \\ 0 \\ v_{0z} \end{pmatrix}$$

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

$$\left. \begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_{0z} &= v_0 \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad \tan \alpha = \frac{v_{0z}}{v_{0x}}$$

Anfangsort: $\vec{r}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ [„freier Wahl“ $\rightarrow$ einfaches sys.]

Beschleunigung: $\vec{a}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{pmatrix}$ [„freier Fall, keine Luftwiderstand, etc.]



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

↪ nochmal integrieren von $\vec{v}(t) \Rightarrow \vec{r}(t)$

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

integr. konst. !!!
≡ hier 0

$$= \begin{pmatrix} v_{0x} t \\ 0 \\ v_{0z} t - \frac{1}{2}gt^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \equiv 0 \\ z(t) \end{pmatrix}$$

