

1: Kinematik der Translation

I. Was ist Physik ?

Der Ansatz des Physikers

Analyse der Einheiten

Approximation/Abschätzung

II. Wie beschreibt man eine Translationsbewegung ?

Momentan-Geschwindigkeit und -Beschleunigung

Koordinatensysteme

Vorbereitung auf die Vorlesung und Übungen

Kapitel im Giancoli **vor dem Kurs zu lesen** (3 Seiten):

1-7 Dimensions and dimensional analysis

2-1 Reference frames and displacement

Vorbereitende Übungen (12) **vor der Übungssession** zu erledigen:

Das ch. 2.2 ex. P17; ch. 2.5 ex. 8

Giancoli 1-2, 8, 36, 37;

MRUA (6): Giancoli 2-1, 2-4, 2-21, 2-27, 2-30, 2-41

Giancoli Kapitel 1-3 bis 1-7 und 2-1 bis 2-5

1-1

1-1. Was ist die physikalische Vorgehensweise ?

In der Physik benutzt man häufig

eine Idealisierung des Systems (Modell)

1. Vernachlässigung gewisser Effekte

(e.g. Reibungskräfte, Coriolis-Effekt)

2. Geometrische Vereinfachungen

(e.g. Darstellung des Rades durch einen Zylinder; Objekte als Massenpunkte)

3. Approximationen

Bewusste Vernachlässigung von der Theorie vorgegebenen Effekte, nachdem ihre Unwichtigkeit für die Modellierung bestätigt ist. (e.g. Vernachlässigung der Effekte der speziellen Relativitätstheorie für die Mechanik)

4. Extrapolation durch Abstraktion

Man analysiert ein theoretisch denkbares, aber nicht realisierbares Szenario. (e.g. Auto ohne Räder; Rakete fliegt nahe der Lichtgeschwindigkeit)

Lernziel: Einführung in diese Prinzipien durch Beispiele und Theorie im Rahmen der Mechanik (beinhaltet auch **die Denkweise des Physikers**).

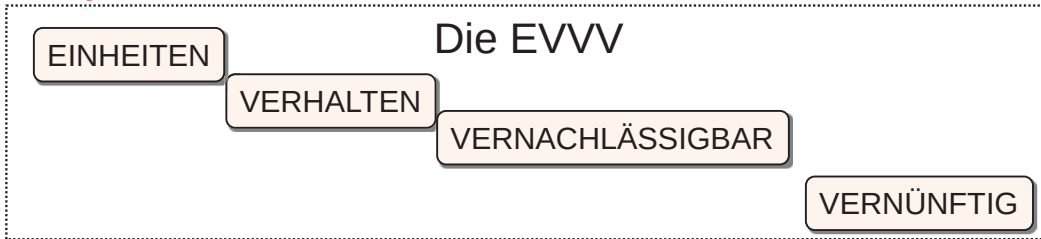
Eine Herausforderung besteht in der Entwicklung der Fähigkeit, die Ähnlichkeit zweier Situationen zu erkennen ...

1-3

Wie denkt der Physiker und welches ist sein Arsenal?

Jeder Wissenschaftler/Ingenieur macht Fehler, manchmal schwerwiegende

1. Hat das Resultat die richtigen physikalischen **Einheiten** ?
2. Beinhaltet das Resultat eine korrekte oder zumindest **angemessene** Lösung, bei extrem hohen (bis unendlich) oder sehr tiefen Werten (gar gegen null) ?
3. Ist der **Effekt** wirklich wichtig ?
4. Ist das gerechnete Resultat **angemessen**?



NB. Fehler sind immer möglich; das Gegengift: Üben, üben, üben ...

1-2. Welche DREI Bestandteile beinhaltet eine Messung ?

Gesetze/Hypothesen

- **beschreiben quantitative Beziehungen zwischen gemessenen Größen**
- **Können getestet werden**

Gesetze sind gültig, bis sie

- **durch Experimente widerlegt werden**

Um ein Gesetz zu testen/widerlegen

» Oder eine Hypothese

- **Braucht es Experimente/Beobachtung**

» Immer auf quantitativen und reproduzierbaren **Messungen** basierend

Die DREI Bestandteile einer Messung

1. Eine gemessene Zahl
2. Mit einer gemessenen oder geschätzten Unsicherheit
3. und physikalische Einheit

Warum benützt man signifikante Stellen ?

Unsicherheit: Wann sind zwei Messungen verschieden ?

Die Unsicherheit der Messung muss kleiner als der gesuchte Unterschied sein.

Physik

- Unsicherheit oft bekannt oder berechenbar
 - » Beispiel: Körpergrösse im Vergleich zu einer Türe

Andere Forschungsrichtungen:

- Unsicherheit vor dem Experiment nicht bekannt
 ⇒ Unsicherheit durch mehrfache Messungen einschätzen
 + statistische Tests (siehe 2. Jahr!)

Wissenschaftliche Notation/signifikante Stellen:

3 signifikante Stellen
 $g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$
 $g = 10 = 1 \cdot 10^1 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}$
 1 signifikante Stelle

Welche Einheiten benützen wir in diesem Kurs ?

Das internationale System (SI)

adopté par la 11e Conférence générale des poids et mesures (1960)

Grandeur de base		Unité SI de base	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
longueur	$l, x, r, \text{ etc.}$	mètre	m
masse	m	kilogramme	kg
temps, durée	t	seconde	s
courant électrique	I, i	ampère	A
température thermodynamique	T	kelvin	K
quantité de matière	n	mole	mol
intensité lumineuse	I_v	candela	cd

Facteur	Nom	Symbole	Facteur	Nom	Symbole
10^1	déca	da	10^{-1}	déci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c cm
10^3	kilo	k km, kg	10^{-3}	milli	m mm, mg, ms
10^6	méga	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G GWh	10^{-9}	nano	n nm
10^{12}	téra	T TJ	10^{-12}	pico	p ps, pN

Wozu dient eine Dimensions-/Einheitsanalyse ?

Grundeinheiten (ex):

- ☐ Distanz (m)
- ☐ Zeit (s)
- ☐ Masse (kg)



Wenn zwei Grössen/Ausdrücke identisch sind (i.e. $A=B$)

⇒ müssen die Einheiten von A und B **automatisch** die selben sein

Abgeleitete Einheiten (ex):

- o Geschwindigkeit (m/s),
- o Beschleunigung (m/s²)
- o Kraft (N= kg m/s²)
- o Energie (J = kg m²/s²)

1-3. Wozu dient die Abschätzung von Grössenordnungen ?

von pico (10⁻¹²) zu Giga (10⁹)

Warum sind Schätzungen **immer nützlich** ?

Sie vertrauen doch Ihrem Taschenrechner !

- o Immer ?
- o Wirklich ?

1) Flüchtigkeitsfehler beim Tippen ...

- o Umwandlung von Einheiten
- o Fehleingaben

Wie kann man sich schützen ?

- » Grössenordnung approximativ einschätzen
- ✓ Sicherstellen, dass man nicht um eine Grössenordnung daneben liegt

2) Ein Experiment verifizieren/kontrollieren :
Grössenordnung abschätzen

3) Die gestellte Frage benötigt nur eine grobe Präzision

Schätzungen (der Grössenordnung):

Bestimmen ob ein Resultat vernünftig ist

Wie kann man die Kopfrechnung vereinfachen ?

Strassenkampf-Mathe : 3 Zahlen muss man kennen

Einschätzen der Rechnung

Vor dem Gebrauch des Taschenrechners !

1. Zuerst nach Grössenordnung trennen
2. In Etappen durchführen !

Die drei Zahlen, man beherrschen muss :

- a) 1
- b) 10
- c) «etwas» [(etwas)²=10]

NB. «etwas» ist grösser als 3 (ca. π)

Beispiel:

$$(2\pi)^2 = ?$$

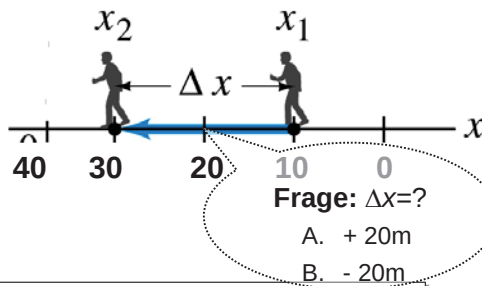
$$= 4 \cdot (\text{etwas})^2 = 40$$

1-4. Was beschreibt die Bewegung eines Objektes ?

Grund-Definitionen : Position, (Durchschnitts-)Geschwindigkeit

Geschwindigkeit:

Die Position verändert sich mit der Zeit



Die mathematische Beschreibung,
(i.e. Betrag und Vorzeichen der Position
und Geschwindigkeit)
hängt vom Koordinatensystem ab.

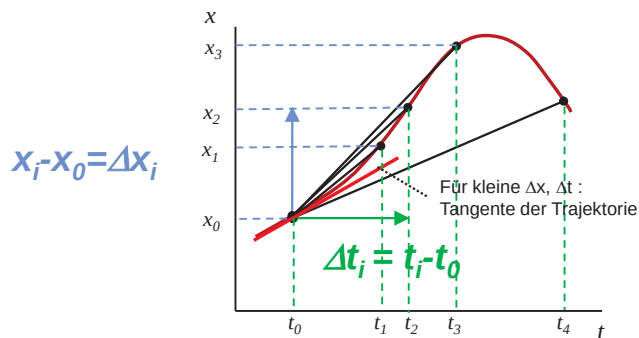
Aber nicht die Beobachtung !

Durchschnittsgeschwindigkeit
(average velocity)
 $\equiv \Delta x / \Delta t$

Durchschnittlicher Geschwindigkeitsbetrag
(average speed)
 $= |\Delta x / \Delta t|$

Wie unterscheidet sich die durchschnittliche von der momentanen Geschwindigkeit?

Durchschnittsgeschwindigkeit = $\Delta x / \Delta t$



Definition: Momentane Geschwindigkeit $\equiv$
Durchschnittsgeschwindigkeit eines infinitesimalen Zeitintervalls

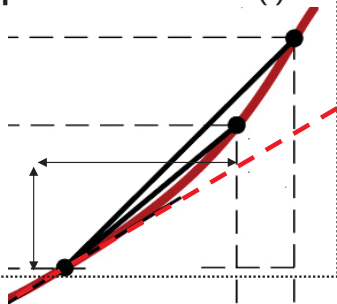
$$v = \lim_{\Delta t_i \rightarrow 0} (\Delta x_i / \Delta t_i) \equiv dx/dt$$

$\equiv$ Steigung bei infinitesimalem Δt

Wie kann man eine Funktion linearisieren ?

Zwei Gleichungen, die man kennen muss

Lineare Approximation von $x(t)$



Für kleine Δt
[siehe auch Analyse I Taylor Serien] :

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{dx}{dt}$$

$$\sin x \approx x$$

$$(1 + kx)^\beta \approx 1 + k\beta x$$

$$x \ll 1$$

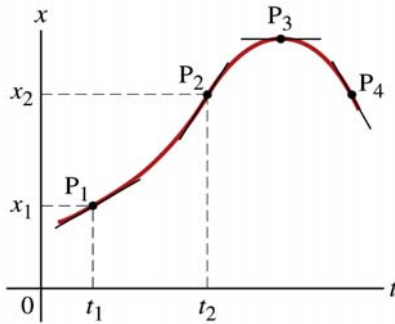
Substitution: x durch f ; t durch x

$$x(t) \approx t \cdot \frac{dx}{dt}(0) + x(0)$$

$$\frac{x(t) - x_0}{t - t_0} = \frac{dx}{dt}(t_0) \quad \left. \begin{matrix} x_0 = x(0) \\ t_0 = 0 \end{matrix} \right\} x(t) - x(0) = t \cdot \frac{dx}{dt}(0)$$

Was, wenn die Geschwindigkeit mit der Zeit variiert ?

«Beschleunigung» im physikalischen Sinne



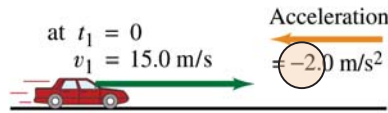
Einheit: Geschwindigkeit/Zeit = [m/s²]

Definition: Momentane Beschleunigung

$$a(t) = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Big|_{\lim \Delta t \rightarrow 0} \equiv \frac{dv(t)}{dt}$$



NB. Wenn ein Objekt in geradliniger Bewegung zu Ruhe kommt, müssen die Vorzeichen von v und a verschieden sein!



Bremsendes Fahrzeug

Wie beschreibt man die geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung ?

Situation: Man lässt ein Objekt mehrfach fallen und misst die Zeit t die einer gewissen bekannten Distanz y_i entspricht. **Frage:** $y_i(t) = ?$

Annahme $a = \text{const.}$

Analyse der Dimensionen:

$$\begin{aligned} y &\propto f(m, a, t) = m^\alpha a^\beta t^\gamma \\ [m] &= [kg]^\alpha [m/s^2]^\beta [s]^\gamma : \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \alpha=0 \\ \beta=1 \\ \gamma=2 \end{array} \right\} y \propto at^2$$

	t
$y_1 = 0.1\text{m}$	
$y_2 = 0.4\text{m}$	
$y_3 = 1.6\text{m}$	

Beobachtung: Zurückgelegte Distanz
 $y \propto \text{Zeit } t^2$

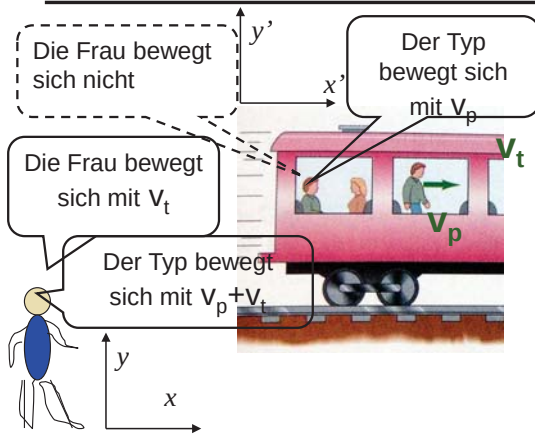
Zeitgleichung:

$$x(t) = ca_0 t^2 + v_0 t + x_0$$

v konstant

1-5. Was bestimmt x , v und a ?

Inertialsysteme (RI)



Definition:

Inertialsystem (RI) = Bezugssystem mit konstanter Geschwindigkeit

(Auch als « Référentiel galiléen » bekannt)

⇒ Die physikalischen Gesetze hängen nicht vom RI ab (**Einstein 1905**)

Beispiel: Welcher Zug bewegt sich ?

Die Position eines Objektes wird bezüglich eines Bezugssystems gemessen:

» Die Koordinaten x, y **auf den Perron bezogen**,

» x', y' **auf den Zug bezogen**

Der Zug bewegt sich im Bezugssystem x, y mit einer Geschwindigkeit v_t