

1) Einführung

Medizin ↔ Physik
medizinische Untersuchungsmethoden
Therapien (u.a. mit radioaktiver Strahlung)
Anatomie, Physiologie

- Ziel der Physik: quantitative Beschreibung der Natur
- Empirische & exakte Wissenschaft: Experiment ↔ Theorie
⇒ enorm erfolgreiches Konzept!

- Experimente:
 - + reproduzierbar
 - + quantitativ
 - + genau
- objektivierbarer Messvorgang: Vergleich mit Referenzmaß

⇒ $\text{Physikalische (Mess-)Größe} = (\text{Zahl} \pm \text{Unsicherheit}) \cdot \text{Einheit}$

NB: Zahl ohne Einheit hat keine physikalische Aussagekraft
(vgl. Geldbetrag ohne Währungsangabe)

Intermezzo: Andere Maßsysteme

▶ historisch: Apothekergewicht (1858)

1 Pfund = 12 Unzen = 373,2 g ; 1 Unze = 8 Drachmen;
 1 Drachme (engl. dram) = 3 Skrupel ; 1 Skrupel = 20 Gran
 1 Gran (engl. grain) = 64,799 mg

▶ angloamerikanisch:

1 Zoll (engl.: inch) $\hat{=}$ 2,54 cm

1 Fuß = 12 inch $\hat{=}$ 30,48 cm

1 Meile = 5280 feet $\hat{=}$ 1,609 km

1 Seemeile = 6080 feet $\hat{=}$ 1,853 km

engl. Gewichte
 Handelsgewicht:
 Avoirdupois
 (avdp)

}	1 pound (Pfund) = 7000 grain $\hat{=}$ 453,592 g
	1 ounce (Unze) = $\frac{1}{16}$ pound $\hat{=}$ 28,3495 g
	1 dram (Drachme) = $\frac{1}{16}$ ounce $\hat{=}$ 1,7718 g
	1 grain (Gran) = 64,799 mg

(seit 1960 einheitlich
 in USA, GB, Kanada)

1.1 Basisgrößen, Basiseinheiten

(SI-System)

Größe	übl. Symbol	Namen	Abkürzung
Länge	(x, s, l)	Meter	m
Zeit	(t)	Sekunde	s
Masse	(m)	Kilogramm	kg
elektrische Stromstärke	(I)	Ampere	A
Lichtstärke	(I)	Candela	cd
Temperatur	(T)	Kelvin	K
Stoffmenge	(n)	Mol	mol

1.2 Abgeleitete Größen

Volumen	(V)	Kubikmeter	m^3
Geschwindigkeit	(v)	Meter pro Sekunde	m/s

NB: Messvorschrift $v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \hat{=} \text{mittlere Geschwindigkeit}$

Energie

(E)

Joule

$$J = Nm = \frac{kgm^2}{s^2}$$

auch zulässig / gebräuchlich / historisch:

Volumen

Liter

Temperatur

Grad Celsius

Druck

(p)

Torr / mm-Quecksilbersäule

l

°C

Torr / mmHg

und weitere

Bar

bar

1.3 Dezimalvorsätze

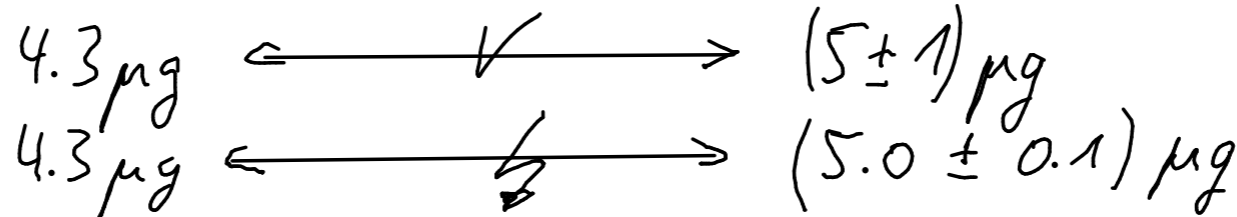
Vorsatz / Präfix	Wert	Abk.	Vorsatz / Präfix	Wert	Abk.
Dezi	$10^{-1} = 0.1$	d	Deka	$10^1 = 10$	da
Centi	$10^{-2} = 0.01$	c	Hekto	$10^2 = 100$	h
Milli	$10^{-3} = 0.001$	m	Kilo	10^3	k
Mikro	$10^{-6} = 0.000001$	μ	Mega	10^6	M
Nano	10^{-9}	n	Giga	10^9	G
Pico	10^{-12}	p	Tera	10^{12}	T
Femto	10^{-15}	f	Peta	10^{15}	P
Atto	10^{-18}	a	Exa	10^{18}	E

7.4 Messunsicherheiten, Messfehler

- Keine Messung ohne Messunsicherheit
→ Messzahlen ohne Angabe der Messunsicherheit sind bedeutungslos

- Messunsicherheit ...

- ▶ ... quantifizieren Unsicherheiten einer Messung (Zahl \pm Unsicherheit) · Einheit
- ▶ innerhalb Messunsicherheit Übereinstimmung
des wahren Werts mit Messzahl



- Arten von Messunsicherheiten

- ▶ statistische Unsicherheiten, zufällige Fehler

- Ablesungenauigkeiten (z.B. bei Längenmessung mit Lineal)
- unkontrollierbare Störungen
- Zufälligkeit des untersuchten Ereignisses

→ reduzierbar durch mehrfache Wiederholung der Messung und Kombination (z.B. Mittelung) der Messwerte aus den einzelnen Messungen

➤ systematische Fehler

- Eichung der Messapparatur (z.B. Genauigkeit der Millimeterteilung am Lineal)
- Durchführung der Messung (z.B. Auswahl der Messprobe, ... der Probanden, Zeitpunkt der Messung, ...)

→ nur zum Teil reduzierbar durch Abänderung / Verbesserung des Versuchsaufbaus

NB: systematische Fehler können durch so genannten Bias (= Voreingenommenheit, Befangenheit) entstehen
zur Vermeidung von Bias: z.B. Doppel-Blind-Studien

2 Mechanik

- ▶ Kinematik : Bewegung ohne Kräfte
- ▶ Dynamik : —" — mit —" —

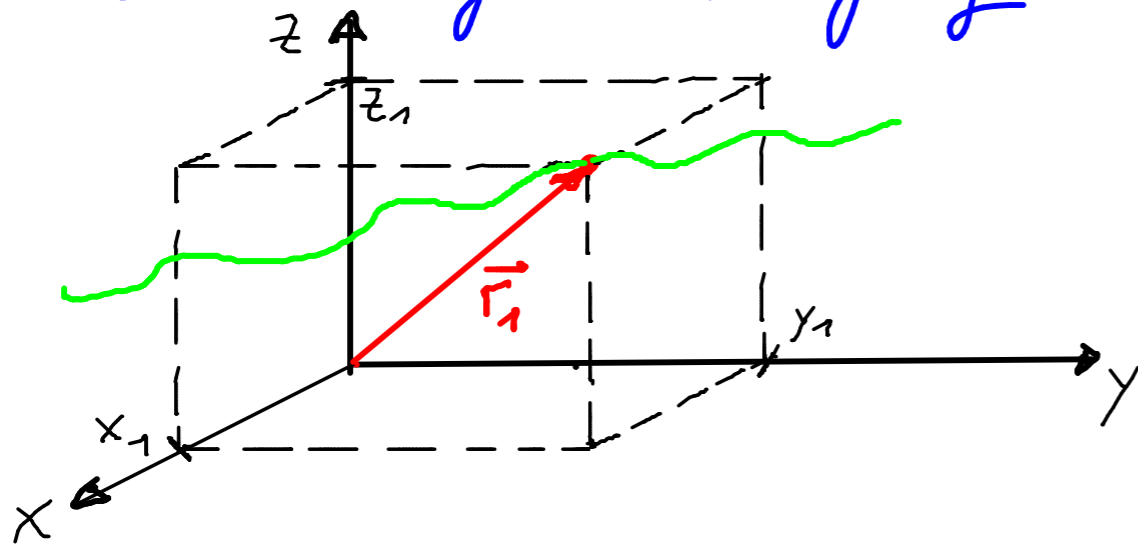
2.1 Kinematik eines Massenpunktes

- Massenpunkt



Bewegung : Translation, Drehbewegung

- Beschreibung der Bewegung



$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(t_1) \\ y(t_1) \\ z(t_1) \end{pmatrix} \text{ zum Zeitpunkt } t_1$$

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix} \text{ ist allgemeine Bahnkurve}$$

● Einschub : Koordinatensysteme



Kugelkoordinaten:

Längengrade φ : $-180^\circ \dots +180^\circ$
 östlich \uparrow \uparrow westlich

Breitengrade θ : $-90^\circ \dots +90^\circ$
 südlich \uparrow \uparrow nördlich

Mathematik: Umrechnung zwischen Koordinatensystemen

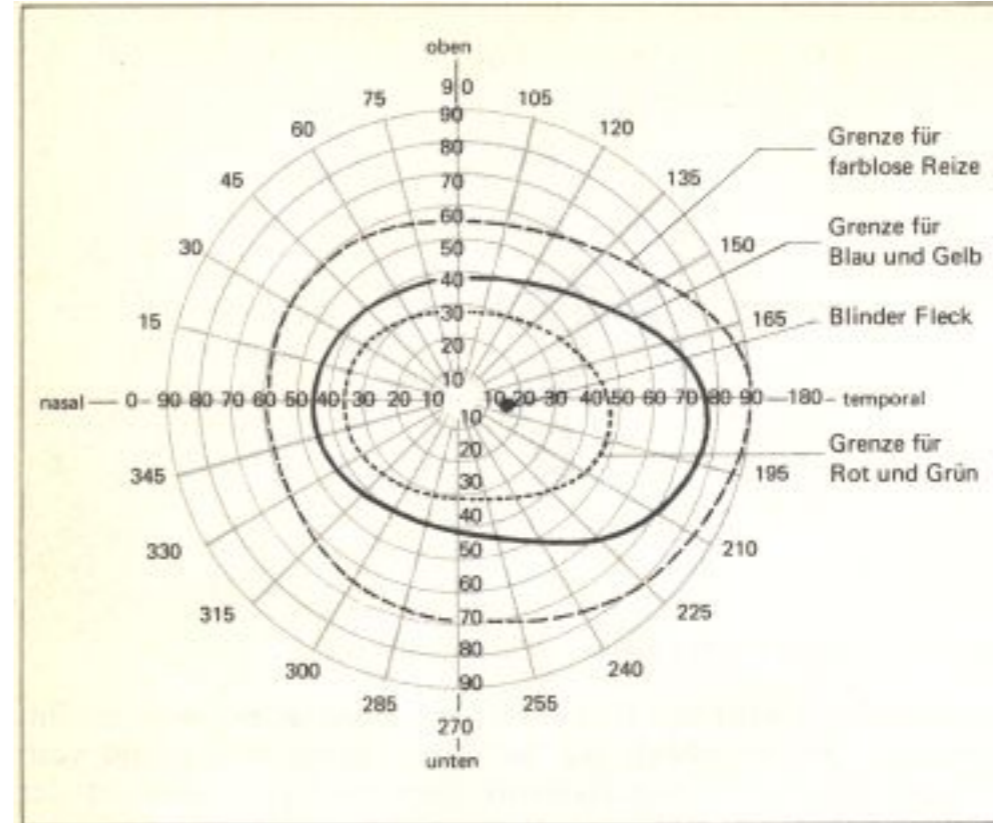


Abb. 1.11 Das Gesichtsfeld des rechten Auges.

- 1-dimensionale Bewegung
Arten der Bewegung:

▶ **ruhend** ($v=0$)

▶ **gleichförmig geradlinig** ($v = \text{const.}$)

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

▶ **gleichförmig beschleunigt** ($a = \text{const.}$)

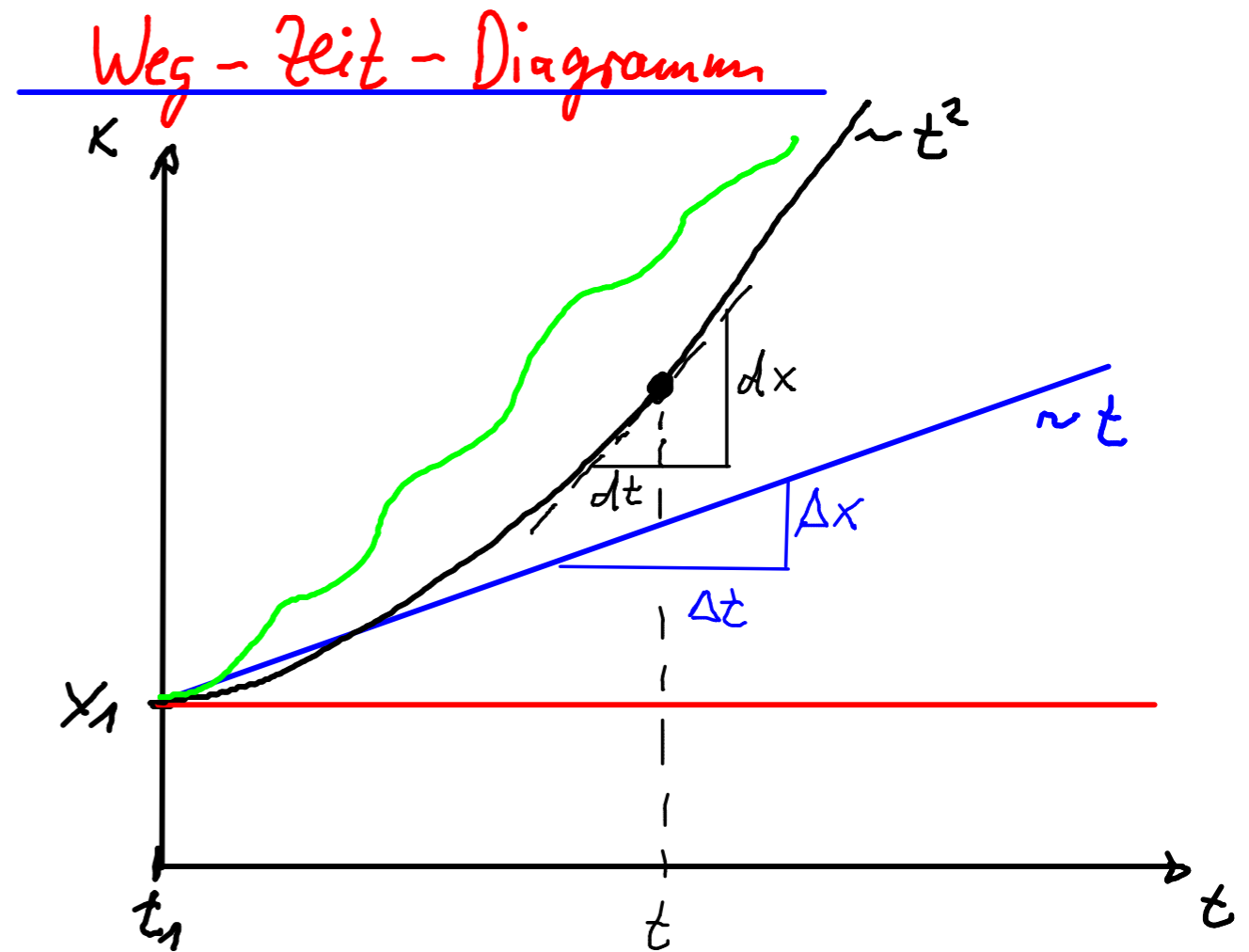
$v \hat{=}$ Steigung der Tangente

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{Beschleunigung}$$

▶ **ungleichförmige Bewegung**

• **Geschwindigkeit** = $\frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{benötigte Zeit}}$

$$v := \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$$



Experimente: 1) Gewehrslugel durch zwei rotierende Scheiben

Treffer bei Winkel: $\varphi_1 = 250^\circ$, $\varphi_2 = 265^\circ \rightarrow \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 15^\circ$
 25 Umdrehungen/s = $25 \cdot \frac{360^\circ}{s} = 9000^\circ/s$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta\varphi}{9000^\circ/s} = \frac{15^\circ}{9000^\circ/s} = 1.67 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1.67 \text{ ms}$$

Flugzeit
zwischen
Scheiben

Abstand zwischen Scheiben: $\Delta x = 0.5 \text{ m}$

$$\Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.5 \text{ m}}{1.67 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 299.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \pm \text{Messunsicherheit z.B. durch Fehler bei Winkelablesung}$$

2) Lichtgeschwindigkeit aus Licht-Hin- und -Rück-Laufzeit für Strecke

Strecke $\Delta x = 2 \cdot 13.889 \text{ m} = 27.778 \text{ m}$

Laufzeit $\Delta t = 92.2 \text{ ns} = 92.2 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{27.778 \text{ m}}{92.2 \cdot 10^{-9} \text{ s}} \approx 301 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 301\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} \pm \text{Messunsicherheit}$$

vgl. Literaturwert: $299\,793 \frac{\text{km}}{\text{s}}$