

1. Einleitung

1.1. Was ist Physik

- $\varphi\upsilon\sigma\iota\zeta$ = Ursprung, Naturordnung, das Geschaffene lt. den griechischen Naturphilosophen, z.B. Aristoteles (384 - 322 v.d.Z.)
- im Gegensatz zur Metaphysik (das, was im Aristoteleschen System **nach** der Physik behandelt wird, also die gesamte ideelle Welt)
- griechische Naturphilosophie:
 - Beginn des naturwissenschaftlichen Denkens; Entmythologisierung der Natur
 - Natur als (sehr komplizierter) Mechanismus, den man im Prinzip verstehen kann; Gesetzmäßigkeiten statt undurchschaubares Wirken von Göttern und Dämonen
- weitere Etappen:
 - klassische Physik
 - moderne Physik (Quantenphysik, Relativität) ~ 1920
- „Verständnis der Natur“ = Erkennen von Gesetzmäßigkeiten
- → Naturbeobachtung ⇒ Schlussfolgerung (z.B. Gesetze der Planetenbewegung)
- Bloßes Beobachten reicht oft nicht aus, da die Natur zu kompliziert ist (Überlagerung von Einflüssen), und man z.B. auch optischen Täuschungen zum Opfer fallen kann
- ⇒ (gezieltes) **Experiment** = „Frage an die Natur“
= Ausschluss störender Einflüsse, ggf. Verstärkung des gewünschten/interessierenden Effektes
- Mit dem Experiment eng verknüpft sind zwei weitere Komplexe:
 - physikalische Größen, Maßeinheiten, Messung, Messfehler (vgl. <1.2.>)
 - physikalische Modelle, Theorien, Rolle der Mathematik (vgl. <1.3.>)

1.2. Die Rolle des Experimentes

- Wesen des Experimentes ist die **Messung** (= Vergleich zweier Größen)

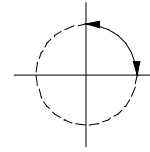
Beispiel:

Physikalische Größe Länge hat Maßeinheit Meter (m). Vergleich einer gegebenen Distanz mit dieser Maßeinheit ⇒ „Distanz beträgt 1,54 m“

- **Maßeinheiten** sind durch **Normale** oder **Standards** definiert; Messgeräte müssen regelmäßig mit diesen verglichen (geeicht, kalibriert) werden
- Die verwendeten Normale hängen vom Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik ab.

Beispiel: Meter ■

1799: 1/10.000.000 des Erdquadranten



1875: Urmeter (Pt-Ir-Stab mit Strichen)

$$\Delta x = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = 10^{-6}$$

1960: über die Wellenlänge einer bestimmten Strahlung, die Krypton-86-Atome aussenden

$$\frac{\Delta x}{x} = 10^{-8}$$

1983: (wegen der inzwischen erreichten enormen Genauigkeit der Zeitmessung)

$$\frac{\Delta t}{t} \approx 10^{-14}$$

„1 m ist die Strecke, die das Licht im Vakuum in $\frac{1}{299792458} \text{ s}$ zurücklegt“.

!

Damit ist c keine Messgröße mehr und beträgt definitionsgemäß $299.792.458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$!

!

– **Grundgrößen** und **abgeleitete Größen**, z.B.



Länge s } Geschwindigkeit $v = \frac{s}{t}$
 Zeit t

– Über die Auswahl der Grundgrößen sind bestimmte **Maßsysteme** definiert. Seit 1960 in vielen Ländern verbindlich: **SI-System** (le Système International d' Unités)

7 Grundgrößen	mit der entsprechenden SI-Basiseinheit		SI
Länge	Meter	m	
Zeit	Sekunde	s	
Masse	Kilogramm	kg	
elektrische Stromstärke	Ampere	A	
Temperatur	Kelvin	K	
Stoffmenge	Mol	mol	
Lichtstärke	Candela	cd	

Kommentar: ◆

- Alle anderen Größen sind aus den Grundgrößen abgeleitet, ebenso ihre Maßeinheiten aus den Basiseinheiten. Allerdings haben manche abgeleiteten Einheiten eigene Namen (N, J, W, V, ...)
- Die Auswahl der Grundgrößen erfolgt nach Zweckmäßigkeit. Prinzipiell würden drei Grundgrößen, z.B. Länge, Zeit, Masse reichen!

- Es gibt immer noch/immer wieder:
 - SI-fremde Maßeinheiten, z.B. Torr, atm, cal, yard, inch, ...
 - andere Maßsysteme



ggf. anderes Aussehen von Formeln;
z.B. tritt beim CGS-System (cm-g-sec) das $1/4\pi\epsilon_0$ in den Gleichungen der Elektrodynamik

- **Messgenauigkeit** und **-reproduzierbarkeit**



wie groß ist der maximal mögliche Fehler?



liefert Wiederholung der Messung zu anderer Zeit und/oder anderen Bedingungen dasselbe Ergebnis?

- ⇒ Dies nicht so wichtig für die Schauversuche der Vorlesung, jedoch sehr für wissenschaftliche Arbeit
- ⇒ siehe Praktikum!

1.3. Physikalische Modelle und Theorien

- Experimente meist so gestaltet, dass bestimmte Einflüsse deutlich messbar sind, andere (störende) Einflüsse dagegen unterdrückt werden.

Beispiel: ■

- Fallgesetz:
- Körper mit hoher Massendichte
 - kein Wind u.a.
 - am besten Vakuumturm

⇒ Fall-Verhalten nur von Masse des Körpers abhängig, alle sonstigen Eigenschaften (Dichte, Form, ...) sind unerheblich

⇒ Bild (Modell) der **Punktmasse**

- **Physikalische Gesetze**, die in der Regel durch Formeln ausgedrückt werden, sind den Vereinfachungen des Modells angepasst, d.h., Dinge, die in dem betrachteten Zusammenhang keine Rolle spielen, kommen nicht mehr vor.

⇒ Einfachheit und Klarheit. Man muss aber immer wieder überprüfen, ob die Voraussetzungen des Modells im konkreten Fall gelten

- **Hypothesen**

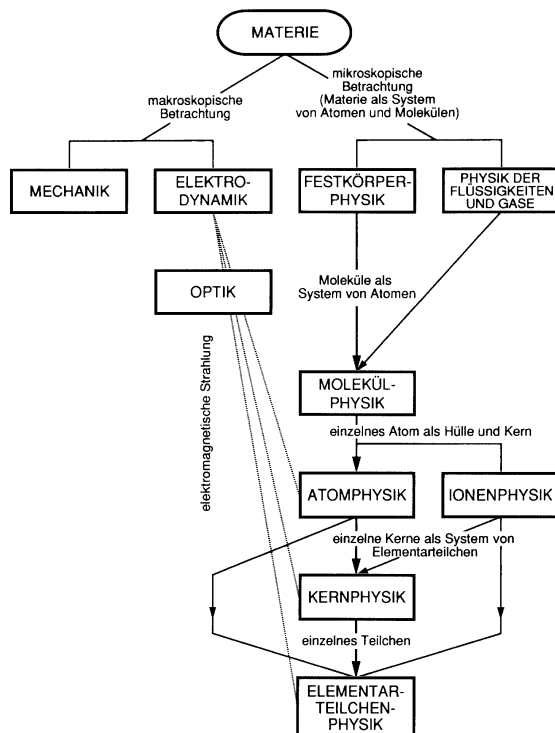
- sind mehr oder weniger („Arbeitshypothese“) begründete Vermutungen
- dienen oft dem Entwurf von Experimenten („Wenn ... so ist, dann müsste doch ...“)
- sind die Vorstufen von Gesetzmäßigkeiten

Prinzipiell ist die Physik natürlich immer offen für unerwartete experimentelle Ergebnisse, insofern ist keine Gesetzmäßigkeit „absolut“. Mit zunehmender Vervollständigung des Bildes von der Welt, der zunehmenden Menge von zusammenpassenden und sich gegenseitig stützenden Befunden, steigt natürlich

das Zutrauen in die gefundenen Gesetzmäßigkeiten. Deshalb wird z.B. die Suche nach einem perpetuum mobile als Zeitverschwendung abgelehnt.

- **Theorien** sind die (überwiegend mathematische) Formulierung gefundener oder hypothetischer¹ Gesetzmäßigkeiten. Sie beziehen sich auf ein bestimmtes physikalisches Modell, d.h., bestimmte Bedingungen (z.B. das Fehlen von Reibung beim Fallgesetz).
 - wichtige Rolle der Mathematik und der Computertechnik
 - Arbeitsteilung Experimentalphysik - Theoretische Physik wegen des enormen Wissensvolumens (Kepler, Newton, Galilei waren nicht spezialisiert!)
 - „Experimente mit dem Computer“ = Herausfinden der wesentlichen Gesetzmäßigkeiten/Theoriebildung anhand experimentell überprüfter Konstellationen und Berechnung experimentell praktisch unzugänglicher Konstellationen

1.4. Der „Stammbaum der Physik“



Bedeutung der Mechanik:

- grundlegend für vieles andere
- beispielhaft (z.B. bezüglich Modellbildung)

([1], S. 14)

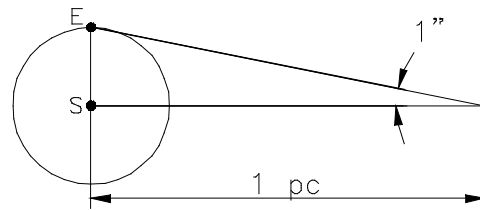
1.5. Wichtige Größen und Maßeinheiten

1.5.1. Länge: m

			Vorsilbe lt. SI-System	
10^3	m	1 km	kilo	} → feinstbearbeitete Oberfläche
10^{-3}	m	1 mm	milli	
10^{-6}	m	1 μ m	mikro	
10^{-9}	m	1 nm	nano	
10^{-12}	m	1 pm	pico	

¹ Es gibt auch Theorien, die zunächst hypothetisch sind!

10^{-15} m	1 fm	femto	→	Atomkern-Durchmesser
10^{-10} m	1 Å	Angström	→	Atom-Durchmesser
1 Lichtjahr	1 Lj	$= 9,465 \cdot 10^{15}$ m		
1 Parsec	1 pc	$= 3 \cdot 10^{16}$ m		



1.5.2. Zeit: s

Die Sekunde ist definiert als das 9.192.631.770-fache der Periodendauer eines bestimmten Übergangs zwischen Energieniveaus des ^{133}Cs -Atoms.



$5 \cdot 10^{17}$ s	Alter des Universums
$1 \cdot 10^{17}$ s	Alter der Erde
$2 \cdot 10^{13}$ s	Zeit seit der Entwicklung des ersten Menschen

10^{-3} s	1 ms	
10^{-6} s	1 μ s	
10^{-9} s	1 ns	→ Anregungsdauer eines Atoms
10^{-12} s	1 ps	→ ultrakurzer Laserpuls; „Ultrakurzzeitphysik“
10^{-15} s	1 fs	→ Periodendauer einer Lichtwelle

1.5.3. Masse: kg

Masse (zur Zeit noch) definiert über den in Paris aufbewahrten 1 kg-Pt-Ir-Zylinder (früher: $1 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$).

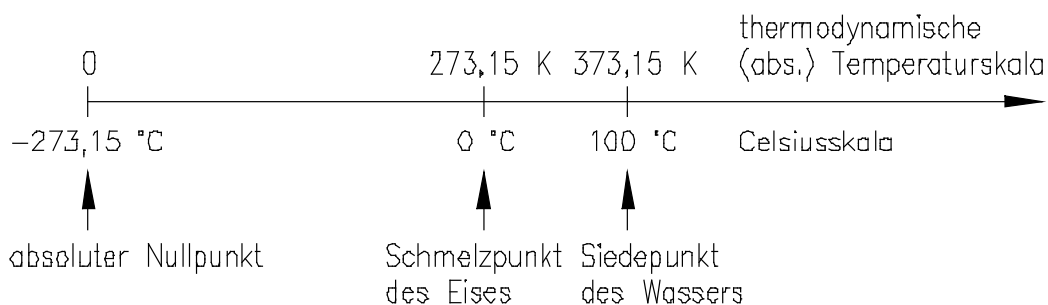


Angestrebt: Übergang zu Si-Einkristallkugel mit definierter Atomanzahl (= Anschluss an genauer meßbare atomare Einheiten)

extreme Beispiele:	Masse eines Elektrons:	10^{-30} kg
	Masse der Sonne:	10^{30} kg
	Masse der Milchstraße:	10^{42} kg

1.5.4. Temperatur: K

Ein Kelvin ist der 273,16te Teil der thermodynamischen Temperatur am Tripelpunkt des Wassers. (Der Tripelpunkt des Wassers liegt bei $273,16 \text{ K} = 0,01 \text{ }^\circ\text{C}$.)



1.5.5. Winkel

Im Alltag, in der Geographie usw.:

$$1^\circ = \frac{1}{360} \text{ Vollkreis}$$

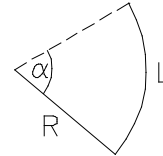
$$1^\circ = 60' = 60 \cdot 60''$$

(Bogenminute) (Bogensekunde)

!

zweckmäßig:

$$\text{Bogenmaß} = \frac{\text{Bogenlänge } L}{\text{Radius } R}$$



!

Dann ist der Vollkreis = $\frac{2\pi R}{R} = 2\pi$.

Streng genommen hat der Winkel im Bogenmaß auch eine Maßeinheit:

SI-Einheit: der Radiant; $[\alpha] = \text{rad} = \text{m} \cdot \text{m}^{-1}$

SI

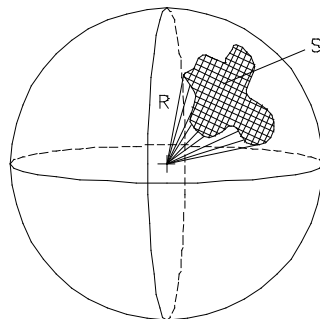
Der Vollkreis ist also $2\pi \text{ rad} \approx 6,28 \text{ rad}$; $1 \text{ rad} \approx 57^\circ$

Der Physiker spricht aber von „Winkel $3/4\pi$ “ o.ä.

1.5.6. Raumwinkel

Der Raumwinkel ist definiert über die eingeschlossene Fläche S auf der Kugeloberfläche, geteilt durch das Quadrat des Kugelradius.

!



$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Der Vollwinkel ist daher $\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi$.

Kommentar:

- Die Fläche S ist ein beliebiger (in sich geschlossener) Teil der Kugeloberfläche.
- Der Raumwinkels u.a. wichtig für die Beschreibung von Strahlungsemission.
- SI-Einheit: der Steradian; $[\Omega] = \text{sr} = \text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$

◆

SI