

Astronomie: Physikalische Größen

Description

Gehört zu: [Astronomie](#), [Physik](#)

Siehe auch: [Scheinbare Helligkeit](#), [Entfernungsbestimmung](#), [Zeitmessung](#), [Thermodynamik](#), [Energie](#), [Elektrisches Feld](#), [Magnetisches Feld](#)

Stand: 21.04.2023

Physikalische Größen: SI-Basiseinheiten

Die französische Akademie der Wissenschaften erhielt 1790 von der französischen Nationalversammlung den Auftrag, ein einheitliches System von Maßen und Gewichten zu entwerfen. Sie folgt dabei den Prinzipien, die Grundeinheiten aus naturgegebenen Größen abzuleiten, alle anderen Einheiten darauf zurückzuführen und alle, mit Ausnahme der Zeit, dezimal zu vervielfachen und zu unterteilen. Als Grundeinheiten wurden Meter, Gramm und Sekunde gewählt.

1889 Gründung der Generalkonferenz für Maße und Gewicht (CGPM = Conférence Générale des Poids et Mesures)

Aktuell (im Jahre 2020) sind als sog. **SI-Basiseinheiten** (französisch *Système international d'unités*) international definiert:

1. Meter (m) → Länge
2. Sekunde (s) → Zeit
3. Kilogramm (kg) → Masse
4. Ampere (A) → Stromstärke (1948)
5. Kelvin (K) → [Temperatur](#) (1954, 1968)
6. Mol (mol) → [Stoffmenge](#) (1971)
7. Candela (cd) → Lichtstärke (1979)

Länge: Meter

1790: Erste Definition des Meters als zehnmillionster Teil des Erdmeridianquadranten

1960 wurde dieses "Urmeter" abgelöst durch eine neue Definition des Meters als Vielfaches der Wellenlänge eines Krypton-Lasers zu definieren.

Die Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung, die vom Kryptonisotop ^{86}Kr ausgestrahlt wird, wurde 1960 als Grundlage für die Definition des Meters gewählt. Ein Meter wurde als das 1.650.763,73fache der Wellenlänge der vom Nuklid ^{86}Kr beim Übergang vom $^5\text{d}_5$ in den $^2\text{p}_{10}$ -Zustand ausgesandten und sich im Vakuum ausbreitenden Strahlung definiert.

1983 hat die 17. Generalkonferenz für Maße und Gewicht das Verhältnis zwischen Lichtgeschwindigkeit und Meterdefinition umgekehrt.

Dabei wurde die Lichtgeschwindigkeit als Naturkonstante definiert zu 299 792 458 m/s und das Meter definiert als *Die Strecke, die Licht im Vakuum während der Zeit von 1/299 792 458 Sekunden zurücklegt*.

Zeit: Sekunde

1790: Erste Definition der Sekunde als 1/86 400ster Teil des **mittleren Sonnentages**

1967 hat man der Sekunde eine atomphysikalische Definition gegeben: *Die Sekunde ist das 9 192 631 770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids Cs-133 entsprechenden Strahlung.*

Masse: Gramm / Kilogramm

Ursprünglich sollte ein Kilogramm der Masse von einem Liter Wasser entsprechen.

1790: Erste Definition des Gramms als Gewicht, später als Masse von 1 cm³ reinem Wasser bei 4 °C und einem Druck von 760 mm Quecksilbersäule

1890: Das Urkilogramm als ein Zylinder aus Platin-Iridium

2019: 20. Mai 2019: Mit Hilfe einer Siliziumkugel wird die Masse eines Si-Atoms bestimmt und damit die Größe des [Planckschen Wirkungsquantums h](#). Danach dreht man den Spiegel um und legt die Größe des Planckschen Wirkungsquantums als Naturkonstante so wie gerade gemessen fest (so wie es früher schon mit der Lichtgeschwindigkeit geschah). Nun kann man definieren: Das Kilogramm, Einheitenzeichen **kg**, ist die SI-Einheit der Masse. Es ist definiert, indem für die **Planck-Konstante h** der Zahlenwert $6.62607015 \cdot 10^{-34}$ Js festgelegt wird, wobei $1 \text{ Js} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ ist, wobei der Meter und die Sekunde unabhängig als SI-Einheiten definiert sind.

Stromstärke: Ampere

1898 wurde 1 Ampere im Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten des Deutschen Kaiserreichs als die Stärke desjenigen Stromes definiert, der aus einer wässrigen Silbernitrat-Lösung mittels Elektrolyse in einer Sekunde 1,118 mg Silber abscheidet. Das so definierte Ampere ist später als **internationales Ampere** bezeichnet worden; das mit den restlichen Basiseinheiten kompatible dagegen als **absolutes Ampere**.

1948 wurde das Ampere über die Lorentzkraft zweier Leiter aufeinander definiert: 1 A ist die Stärke des zeitlich konstanten elektrischen Stromes, der im Vakuum zwischen zwei parallelen, unendlich langen, geraden Leitern mit vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt und dem Abstand von 1 m zwischen diesen Leitern eine Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ Newton pro Meter Leiterlänge hervorrufen würde.

2019 Auf der 26. Generalkonferenz für Maße und Gewicht beschlossen, das Ampere und andere SI-Basiseinheiten mit Wirkung zum 20. Mai 2019 neu zu definieren. Mit dieser Neudefinition des Internationalen Einheitensystems basiert das Ampere auf der Elementarladung, der ein fester Zahlenwert zugewiesen wurde: $1.602176634 \cdot 10^{-19}$ C. Seitdem hängt die Definition des Amperes nur mehr von der Definition der Sekunde ab, nicht mehr jedoch vom Meter und vom Kilogramm.

Temperatur: Kelvin

1948 wurde durch die 9. Generalkonferenz für Maße und Gewicht (CGPM) festgelegt, dass eine absolute thermodynamische Skala den Tripelpunkt des Wassers als einzigen fundamentalen Fixpunkt haben sollte. Vor allem die starke Abhängigkeit des Siedepunkts vom Luftdruck hatte die Temperatureichung über die bisherigen Fixpunkte schwierig gemacht. Der Tripelpunkt hingegen war leicht und eindeutig reproduzierbar.

1954 wurde das Kelvin von der CGPM in der bis zum 19. Mai 2019 gültigen Form definiert und zur Basiseinheit erklärt. Dadurch bekam zugleich das Grad Celsius eine neue Definition. Die Bezeichnung war zunächst "Grad Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)" und wurde 1967 auf "Kelvin (K)" geändert. Die Definition lautete seitdem: "Das Kelvin, die Einheit der thermodynamischen Temperatur, ist der 273,16-te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers."

2019: Anbindung an die thermische Energie: Die thermodynamische Temperatur eines Systems ist direkt proportional zu der mittleren kinetischen Energie der ungeordneten Bewegung seiner mikroskopischen Teilchen. Die thermische Energie (Formelzeichen: Q) eines Systems ist Teil der sog. "Inneren Energie" (U) des Systems.

Die **Boltzmann-Konstante** ist der Proportionalitätsfaktor ($1.380649 \cdot 10^{-23}$ Joule/Kelvin). Solange die Einheiten von Energie (Joule) und Temperatur (Kelvin) unabhängig voneinander definiert waren, musste die Boltzmann-Konstante experimentell bestimmt werden. Diese Messungen wurden im Laufe der Zeit immer präziser und erreichten schließlich die Genauigkeit der Realisierung des Kelvin über den Tripelpunkt des Wassers. Damit war die Existenz zweier konkurrierender Definitionen nicht mehr zu rechtfertigen. Der Boltzmann-Konstanten wurde ein fester Wert in der Einheit J/K zugewiesen und das Kelvin dadurch direkt an das Joule gekoppelt. Der Wert der Boltzmann-Konstanten, die seitdem ein nur durch Konvention festgelegter Skalierungsfaktor ist, wurde so gewählt, dass das neue Kelvin möglichst genau mit dem alten übereinstimmt. Diese Änderung trat mit der Revision des Internationalen Einheitensystems am 20. Mai 2019 in Kraft.

Stoffmenge: Mol

Die Maßeinheit der Stoffmenge ist das Mol, eine SI-Basiseinheit.

1971: Ein Mol ist die Menge einer Substanz, in der gleichviel Moleküle sind, wie in 12 g von Kohlenstoff ^{12}C .

2019: Eine Stoffmenge von 1 Mol (= 1 mol) enthält die durch die Avogadro-Konstante ($N_A = 6.02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) festgelegte Teilchenzahl. Die Avogadro-Konstante ist der Proportionalitätsfaktor zwischen der Stoffmenge und der Teilchenzahl $N(X)$. Teilchen können hier

Atome, Ionen, Moleküle oder auch Elektronen sein. Formelzeichen und Teilchenart X werden zusammen als n_X oder $n(X)$ angegeben.

Lichtstärke: Candela

Für die Messung der [Himmelhelligkeit](#) ist die Lichtstärke (intensity) gemessen in **Candela** interessant. Wobei die SI-Definition besagt:

Eine Lichtquelle hat die Lichtstärke $I_v = 1$ cd, wenn sie monochromatisches Licht der Frequenz 540×10^{12} Hertz (555 nm) aussendet und dabei in einen Raumwinkel von 1 sr (Steradian) eine Leistung von 1/683 Watt abgibt.

Von Candela abgeleitete Einheiten:

- Lichtstrom Φ_v , gemessen in Lumen (lm): Eine Lichtquelle der Lichtstärke $I_v = 1$ cd strahlt in einen Raumwinkel von 1 sr einen Lichtstrom von 1 lm (Lumen) ab. Also $\text{lm} = \text{cd sr}$
- Leuchtdichte L_v , gemessen in Candela pro Quadratmeter (cd m^{-2} oder $\text{lm m}^{-2} \text{sr}^{-1}$)
- Beleuchtungsstärke E, gemessen in Lux (lx): Lichtstrom pro m^2 . Also $\text{lx} = \text{lm m}^{-2}$

Bei all diesen Größen handelt es sich darum, wie die Licht-Intensität vom menschliche Auge als Helligkeiten etc. wahrgenommen wird. Für die Beleuchtungsindustrie ist es wichtig, so etwas zu messen.

Physikalisch ist aber nicht die menschlich wahrgenommene Licht-Intensität sondern die Energieabgabe im gesamten Spektralbereich (also über alle Wellenlängen) relevant. Beispielsweise wird die Intensität einer Strahlungsquelle in Joule pro Sekunde (Watt) gemessen. Dafür benötigt man keine solchen Maßeinheiten wie Candela etc.

Abgeleitete SI-Einheiten

Als sog. abgeleitete SI-Einheiten (mit eigenem Namen) sind festgelegt:

- Kraft: Newton: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
- Energie: Joule = $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$
- Leistung: Watt: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3$
- Elektrische Ladung: Coulomb: $1 \text{ C} = 1 \text{ A s}$
- Elektrische Spannung: Volt: $1 \text{ V} = 1 \text{ W} / \text{A} = 1 \text{ kg m}^2 / (\text{A} \cdot \text{s}^3)$
- Magnetische Flußdichte: Tesla: $1 \text{ T} = 1 \text{ N} / \text{A m} = 1 \text{ kg} / (\text{A} \cdot \text{s}^2)$
- Lichtstrom: Lumen: $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sterad}$
- $\hat{a}?$

Andere Einheiten

[Drehimpuls](#): $\left(\frac{\text{m}^2 \text{ kg}}{\text{s}} \right)$

[Wirkung](#): $\left(\text{J s} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} \text{ s} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}} \right)$

CATEGORY

1. Astronomie
2. Physik

POST TAG

1. Physik

Category

1. Astronomie
2. Physik

Tags

1. Physik