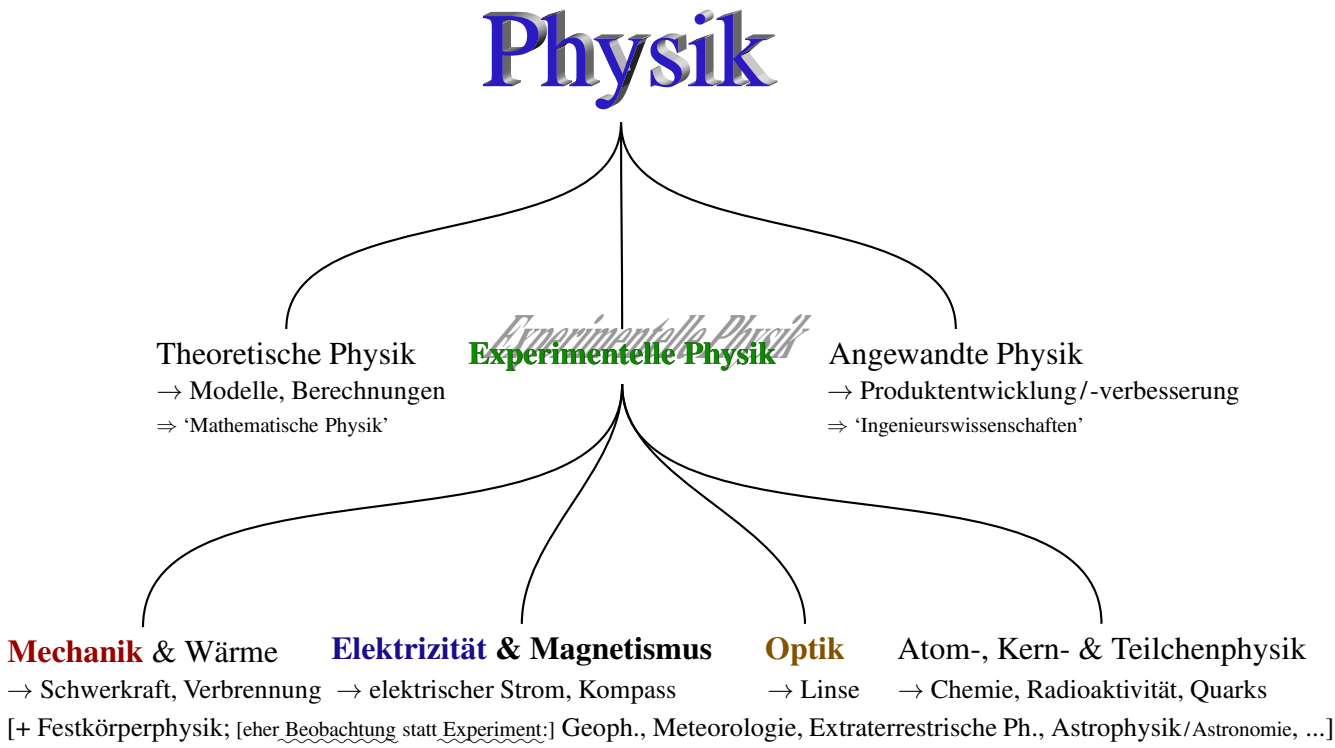
Physik

1. Was bedeutet Physik?

Physik (wörtl.: Naturlehre bzw. -forschung) untersucht die grundlegenden Phänomene (d.h. mit den Sinnen wahrgenommene Ereignisse, z.B. Komet, Blitz, Luftspiegelung etc.) in der Natur. Dabei sucht man einfache und dennoch gültige Beschreibungen (Modelle) und leitet hieraus Gesetzmäßigkeiten ab. Die Physik ist die fundamentalste der Naturwissenschaften (dies bedeutet, dass z.B. die Biologie auf die Physik zurückgreifen muss – die Physik andererseits mit anderen Bereichen zusammenarbeitet) und ist zugleich Basis für Ingenieurswissenschaften und Medizin. Zudem sind Mathematik und Physik eng verbunden, so dass vielfach Mathematik durch die Physik erst Gestalt bekommt.

2. Einteilung der Physik



Die experimentelle Physik erstellt aus Wahrnehmungen ('Phänomenen') Hypothesen (Annahmen, Fragestellungen), die über Versuche (d.h. 'Experimente') bestätigt ('verifiziert'; Vorsicht: nicht bewiesen) oder verworfen ('falsifiziert') werden.
Zu einem Versuch gehört immer ein Protokoll, das das Experiment so ausführlich beschreibt, dass andere nur mit dieser Anleitung den Versuch wiederholen können, sowie die Ergebnisse (qualitativ [Merkmale beschreibend] und quantitativ [messend]) festhält.
Alle Deutungen, Folgerungen und neuen Fragestellungen, die sich ggf. unmittelbar aus dem Experiment ergeben, müssen von den Ergebnissen deutlich abgegrenzt werden.
Physikalische Größen werden bei Experimenten messend (d.h. quantitativ) erfasst, wobei physikalische Größen immer aus Zahlenwert und Einheit {dimensionslose Größen haben als Einheit '1' oder eine Hilfseinheit wie z.B. ° bei einem 2-dim. Winkel}, ggf. zusätzlich aus einer Richtungsinformation bestehen und in einer math. Beziehung (d.h. mit $=, >, \geq, <, \leq, \propto$ | $\sim$) durch ein Formelzeichen dargestellt werden (z.B. Strecke: s mit Einheit Meter: m).

Wissenschaftliche Notation

In allen Naturwissenschaften sollten Zahlenangaben immer in einer speziellen Schreibweise erfolgen:
1) Eine Vorkommastelle (1 – 9),
2) sinnvolle Anzahl Nachkommastellen,
3) bei Messwerten der Messfehler in Klammern (zumeist 2 Stellen; direkt neben den Stellen, auf die dieser sich bezieht),
4) Basis 10,
5) ganzzahliger Exponent (ggf. negativ),
6) Einheit(en) in SI-Basiseinheiten [SI: Système international d'unités] bzw. daraus abgeleiteten Einheit(en).
Bei der wissenschaftlichen Schreibweise werden keine Vorsilben (s.u.) der Einheiten verwendet.
-) Um Zahlenkolonnen besser lesbar zu machen wird empfohlen, immer alle drei Ziffern ausgehend vom Komma einen geringen Abstand als optische Trennung einzufügen – Trenner durch "." im Deutschen bzw. "," im Englischen sollten nie verwendet werden!

Beispiele:
a) Elementarladung, e (vor der Festlegung am 20.05.2019):
$1{,}602\,176\,565\,(22)\cdot 10^{-19}$ C, wenn man den Fehler in anderer Schreibweise angibt:
$(1{,}602\,176\,565 \pm 0{,}000\,000\,022)\cdot 10^{-19}$ A s, und ohne Exponent ergäbe sich:
$(0{,}000\,000\,000\,000\,000\,000\,160\,217\,656\,5 \pm 0{,}000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,002\,2)$ A s !
b) Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (c_0) beträgt:
$2{,}997\,924\,58\cdot 10^{8}$ m/s (exakt, da hierüber seit 1983 das Meter definiert ist – weitere Festlegungen erfolgten deutlich später, siehe nächste Seite!)

Die SI-Basiseinheiten

Name der physikalischen Größe	Symbol	Einheitenname	Einheitenbezeichnung
Länge/Strecke	l/s	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	I_V	Candela	cd

***Vorsilben**: dezimale Teile oder Vielfache*

Zehnerpotenz	Vorsilbe	Symbol	Zehnerpotenz	Vorsilbe	Symbol
10^{-1}	Dezi	d	10	Deka	da
10^{-2}	Zenti	c	10^{2}	Hekto	h
10^{-3}	Milli	m	10^{3}	Kilo	k
10^{-6}	Mikro	μ	10^{6}	Mega	M
10^{-9}	Nano	n	10^{9}	Giga	G
10^{-12}	Piko	p	10^{12}	Tera	T
10^{-15}	Femto	f	10^{15}	Peta	P
10^{-18}	Atto	a	10^{18}	Exa	E
10^{-21}	Zepto	z	10^{21}	Zetta	Z
10^{-24}	Yocto	y	10^{24}	Yotta	Y
10^{-27}	Ronto	r	10^{27}	Ronna	R
10^{-30}	Quecto	q	10^{30}	Quetta	Q

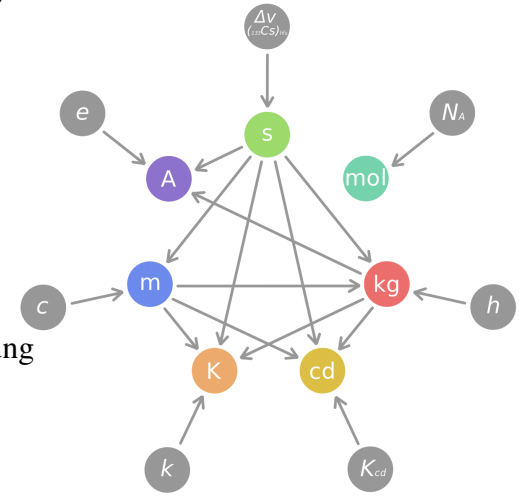
Exponenten sind übrigens auch deshalb zu bevorzugen, weil eine Billion nicht eindeutig ist:
Im GB-Englischen ist 'billion' 10^{12}, im amerikanischen Englisch ist 'billion' 10^{9}, da Amerikaner keine Milliarde, Billiarde, Trilliarde, Quadrilliarde, ... verwenden! Dieser Unterschied ist bei *englischen* Quellen zu beachten!

Auf der Generalkonferenz für Maß und Gewicht hat das Internationale Büro für Maß und Gewicht 11/2022 die Vorsilben q, r, R und Q eingeführt.

Neue Definition der Basiseinheiten über wissenschaftliche Konstanten

Wie man sieht hängen alle neuen (noch im Empfehlungs-Stadium befindlichen) Definitionen der Basiseinheiten von Naturkonstanten ab, die nun keinen Messfehler mehr besitzen sondern exakt sind:

1) Feinstrukturkonstante: $\Delta\nu\left(^{133}\mathrm{Cs}\right)_{\mathrm{hfs}} = 9\,192\,631\,770$ Hz;
2) Lichtgeschwindigkeit: $c = 2,997\,924\,58 \cdot 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$;
3) Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$;
4) Elementarladung: $e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$;
5) Boltzmann-Konstante: $k = 1,380\,649 \cdot 10^{-23}\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}$;
6) Avogadro-Konstante (Lohschmitt-Zahl): $N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$;
7) Lichtausbeute: $K_{\mathrm{cd}} = 683\ \frac{\mathrm{lm}}{\mathrm{W}}$ bei monochromatischer Strahlung von $540 \cdot 10^{12}$ Hz.



Nur die Einheiten Sekunde und Mol hängen nur von einer Konstanten ab (s: $\Delta\nu$ und mol: N_A), bei den anderen sind mehrere zu berücksichtigen (m: $\Delta\nu \oplus c$, A: $\Delta\nu \oplus e$, kg: $\Delta\nu \oplus c \oplus h$, K: $\Delta\nu \oplus c \oplus h \oplus k$ sowie cd: $\Delta\nu \oplus c \oplus h \oplus K_{cd}$).

Beschluss bei der 26. CGPM am 16. Nov. 2018, Einführung am Weltmetrologietag, dem 20. Mai 2019.

Abgeleitete SI-Einheiten

Name der phys. Größe	Symbol	Einheitenname	Einheitenbezeichnung	Definition
Frequenz	ν	Hertz	Hz	$\frac{1}{\mathrm{s}}$
Geschwindigkeit	v			$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Beschleunigung	a			$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
Kraft	F	Newton	N	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s}^2}$
Druck	p	Pascal	Pa	$\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m \cdot s}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$
Energie (Arbeit)	E	Joule	J	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{s}^2} = \mathrm{N \cdot m} = \mathrm{V \cdot C}$
Leistung	P	Watt	W	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{s}^3} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \mathrm{V \cdot A}$
Elektrische Ladung	Q	Coulomb	C	$\mathrm{A \cdot s}$
Elektrische Spannung	U	Volt	V	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{A \cdot s}^3} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{A}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}}$
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{A}^2 \cdot \mathrm{s}^3} = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$
Elektrischer Leitwert	G	Siemens	S	$\frac{\mathrm{A}^2 \cdot \mathrm{s}^3}{\mathrm{kg \cdot m}^2} = \frac{1}{\Omega}$
Elektrische Kapazität	C	Farad	F	$\frac{\mathrm{A}^2 \cdot \mathrm{s}^4}{\mathrm{kg \cdot m}^2} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{V}}$
Magnetfeld	B	Tesla	T	$\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^2 \cdot \mathrm{A}} = \frac{\mathrm{V \cdot s}}{\mathrm{m}^2}$
Magnetischer Fluß	ϕ	Weber	Wb	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{s}^2 \cdot \mathrm{A}} = \mathrm{V \cdot s}$
Induktivität	L	Henry	H	$\frac{\mathrm{kg \cdot m}^2}{\mathrm{s}^2 \cdot \mathrm{A}^2} = \frac{\mathrm{V \cdot s}}{\mathrm{A}}$
Aktivität	$\mathcal{A}$	Becquerel	Bq	$\frac{1}{\mathrm{s}}$

Einheitennamen, die von Personen abgeleitet sind, werden grundsätzlich groß geschrieben.

Die Einheit 'Joule' wird nach einer Empfehlung von Sir Charles Darwin und der British Standards Association mit langem „u“ gesprochen.

Andere benutzte Einheiten

Einheitsname	Symbol	Umrechnung	Verwendung
Tag	d	$1\,\mathrm{d} \mathrel{\hat{=}} 24\,\mathrm{h} \mathrel{\hat{=}} 1\,440\,\mathrm{min} \mathrel{\hat{=}} 86\,400\,\mathrm{s}$	
Elektronenvolt	eV	$1\,\mathrm{eV} := e \cdot 1\,\mathrm{V} \mathrel{\hat{=}} 1{,}602\,177\,33\,(49) \cdot 10^{-19}\,\mathrm{J} \mathrel{\hat{\approx}} 8\,065{,}541\,\mathrm{cm}^{-1}$	Teilchenphysik
	erg	$1\,\mathrm{erg} \mathrel{\hat{=}} 10^{-7}\,\mathrm{J}$	altes cgs-System
Kalorie	cal	$1\,\mathrm{cal} \mathrel{\hat{=}} 4{,}1868\,\mathrm{J}$	Wärmeenergie
Kayser	cm^{-1}	$1\,\mathrm{cm}^{-1} \mathrel{\hat{\approx}} 1{,}239\,842 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{eV} \mathrel{\hat{\approx}} 1{,}986\,447 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J}$	Spektroskopie
Jansky	Jy	$1\,\mathrm{Jy} \mathrel{\hat{=}} 10^{-26}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{Hz}}$	Radioastronomie
	dyn	$1\,\mathrm{dyn} \mathrel{\hat{=}} 10^{-5}\,\mathrm{N}$	altes cgs-System
Kilopond	kp	$1\,\mathrm{kp} := 1\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 9{,}8\,\mathrm{N}$	(alt)
Atomare Masseneinheit	u	$1\,\mathrm{u} := \frac{1}{12} \cdot m\left({}^{12}_{6}\mathrm{C}\right) = 1{,}660\,540\,2\,(10) \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$	Chemie
Atmosphäre	atm	$1\,\mathrm{atm} \mathrel{\hat{=}} 760\,\mathrm{Torr} \mathrel{\hat{=}} 1{,}013\,25\,\mathrm{bar} \mathrel{\hat{=}} 101\,325\,\mathrm{Pa}$	
Torr ($\rightarrow$ Torricelli)	Torr	$1\,\mathrm{Torr} \equiv 1\,\mathrm{mm\ Hg} \mathrel{\hat{\approx}} 133{,}322\,\mathrm{Pa}$	
Bar	bar	$1\,\mathrm{bar} \mathrel{\hat{=}} 10^5\,\mathrm{Pa}$	
Celsius	°C	$\triangle\vartheta = 1\,^\circ\mathrm{C} \mathrel{\hat{=}} 1\,\mathrm{K} = \triangle T, \quad T = \vartheta \cdot 1\,\frac{\mathrm{K}}{^\circ\mathrm{C}} + 273{,}15\,\mathrm{K}$	(populär)
Réaumur	°R	$1\,^\circ\mathrm{R} \mathrel{\hat{=}} 1{,}25\,\mathrm{K} = \triangle T, \quad T = x \cdot 1{,}25\,\frac{\mathrm{K}}{^\circ\mathrm{R}} + 273{,}15\,\mathrm{K}$	(selten)
Fahrenheit	°F	$1\,^\circ\mathrm{F} \mathrel{\hat{=}} 0{,}\overline{5}\,\mathrm{K} = \triangle T, \quad T = x \cdot \frac{5}{9}\,\frac{\mathrm{K}}{^\circ\mathrm{F}} + \left(255 + \frac{3{,}35}{9}\right)\,\mathrm{K}$	(engl.-sprachige Länder)
Ångström	Å	$1\,\text{Å} \mathrel{\hat{=}} 10^{-10}\,\mathrm{m}$	Atomphysik etc.
Paralaxensekunde	pc	$1\,\mathrm{pc} \mathrel{\hat{=}} 3{,}085\,677\,580\,7\,(4) \cdot 10^{16}\,\mathrm{m}$	Astronomie
Astronomische Einheit	AE	$1\,\mathrm{AE} \mathrel{\hat{=}} 1{,}495\,978\,707\,00\,(3) \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}$	Extraterrestik
Lichtjahr	Lj	$1\,\mathrm{Lj} \mathrel{\hat{=}} 9{,}460\,53\ldots \cdot 10^{15}\,\mathrm{m}$	(populär)
Winkeleinheiten, $\frac{\text{radian}}{\text{deg}} \equiv \frac{\text{rad}}{^\circ}$	$\frac{360}{2 \cdot \pi}$	$57{,}295\,779\,513\,082\,320\,876\,798\,154\,814\,105\,170\,332\ldots$	(allgemein)
Raumwinkeleinheiten, $\frac{\text{sterad}}{\text{deg}^2} \equiv \frac{\text{sr}}{\square^\circ}$	$\frac{360^2}{(2 \cdot \pi)^2}$	$3\,282{,}806\,350\,011\,743\,794\,781\,694\,607\,995\,175\,500\ldots$	(allgemein)
Barn	b	$1\,\mathrm{b} \mathrel{\hat{=}} 10^{-28}\,\mathrm{m}^2$	Teilchenphysik (WQ)
Elektrostatische Einheit	esu / st Cb	$1\,\mathrm{esu} \equiv 1\,\mathrm{stCb} \mathrel{\hat{=}} \frac{1}{2\,997\,924\,580}\,\mathrm{C} \approx 3{,}335\,641 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{C}$	altes cgs-System
Gauß	G	$1\,\mathrm{G} \mathrel{\hat{=}} 10^{-4}\,\mathrm{T}$	altes cgs-System
Oerstedt	Oe	$1\,\mathrm{Oe} \mathrel{\hat{=}} 79{,}577\,\mathrm{A/m}$	altes cgs-System
Curie	Ci	$1\,\mathrm{Ci} \mathrel{\hat{\approx}} 3{,}7 \cdot 10^{10}\,\mathrm{Bq}$	Aktivität (alt)
Gray	Gy	$1\,\mathrm{Gy} \mathrel{\hat{=}} 1\,\mathrm{J/kg}$	Energiedosis
Sievert	Sv	$1\,\mathrm{Sv} \mathrel{\hat{=}} 1\,\mathrm{J/kg}$	Äquivalentdosis
Solare Neutrinoeinheit	SNU	$1\,\mathrm{SNU} = 1\,\nu - \text{Einfang}/(\mathrm{s} \cdot 10^{36}\ \text{Targetteilchen})$	Neutrinophysik

Das griechische Alphabet

A	α	alpha	I	ι	iota	P	ρ, ϱ	rho
B	β, β	beta	K	κ	kappa	Σ	σ, ς	sigma
Γ	γ	gamma	Λ	λ	lambda	T	τ	tau
Δ	δ	delta	M	μ	mü	Υ	υ	ypsilon
E	ε, ϵ	epsilon	N	ν	nü	Φ	φ, ϕ	phi
Z	ζ	zeta	Ξ	ξ	xi	X	χ	chi
H	η	eta	O	o	omikron	Ψ	ψ	psi
Θ	ϑ, θ	theta	Π	π, ϖ	pi	Ω	ω	omega

Die vier Grundkräfte der Physik

Einzeln oder in Kombination sind die vier fundamentalen Wechselwirkungen verantwortlich für sämtliche bekannten physikalischen Prozesse, seien es Prozesse zwischen Elementarteilchen oder zwischen Materie und Feldern in makroskopischen Ausmaßen, sei es auf der Erde, in Sternen oder im Weltraum. Weitere Arten von Wechselwirkungen scheinen zur Beschreibung der Natur nicht erforderlich.
Im heutigen Standardmodell der Elementarteilchenphysik werden zwei dieser vier Wechselwirkungen – die elektromagnetische und die schwache Wechselwirkung – aus einer gemeinsamen Grundlage hergeleitet, die den Namen elektroschwache Wechselwirkung trägt, so dass man heute eher von drei fundamentalen Wechselwirkungen spricht.
Andererseits enthält das Standardmodell das neuartige Higgs-Feld, das durch eine besondere Art der Wechselwirkung den zunächst als masselos angesetzten Fermionen, z.B. den Elektronen, ihre Masse verleiht. Diese Wechselwirkung wird jedoch gewöhnlich nicht als fünfte fundamentale Wechselwirkung bezeichnet.
1) Schwerkraft: als Newtonsche Mechanik im 17. Jahrhundert beschrieben ($\vec{F} = m \cdot \vec{a}$: Grundgleichung der Mechanik; $\vec{F}_{A\to B} = -\vec{F}_{B\to A}$: Actio gleich Reactio; $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$: Superpositionsprinzip) für nichtrelativistische Fälle (d.h. $v << c_0$), für relativistische Fälle über die Allgemeine Relativitätstheorie beschreibbar – eine mit der Quantenmechanik kompatible Quantenfeldtheorie wurde bisher noch nicht gefunden. Dies gilt als größte Hindernis, eine gemeinsame fundamentale Kraft (Weltformel: bei $E \approx 10^{19}$ GeV sind 1 – 4 gleich stark; zunächst ist Ziel, 2 – 4 zu beschreiben über die große vereinheitlichte Theorie –'Grand Unified Theory': GUT) zu finden.
2) Elektromagnetische Wechselwirkung: ab Mitte des 19. Jahrhunderts als eine Grundkraft der Natur identifiziert und durch die Maxwell-Gleichungen beschrieben (erklären Phänomene der Elektrizität, des Magnetismus und der Optik). Im Gegensatz zur Gravitation (beide haben unendliche Reichweite) lässt sich diese Kraft abschirmen oder gar eliminieren! Die Quantenfeldtheorie heißt Quantenelektrodynamik (QED).
3) Schwache WW wurde 1934 von Fermi entdeckt und beschrieben.
4) Starke Wechselwirkung: Die Quantenfeldtheorie der starken Wechselwirkung ist die Quantenchromodynamik (QCD).

Die 4 Wechselwirkungen

WW:	Starke WW	Elektromagnetische WW	Schwache WW	Gravitation
RW:	10^{-15} m $\hat{=}$ 1 fm	∞	10^{-18} m $\hat{=}$ 1 am	∞
AT:	8 Gluonen (g), Mesonen [1])	Photonen (γ) mit Spin 1 & Masse 0 [2])	Weakonen $(W^{\pm}, Z^0)$, Vektorbosonen [3])	Gravitonen (G) mit Spin 2 & Masse 0
RS:	$\alpha_S \approx 1$	$\alpha \equiv \alpha_e \approx \frac{1}{137}$	10^{-5}	10^{-38}
QL:	3 Farbladungen	positiv und negativ	schwache Ladungen	Masse
BT:	Quarks	el. geladene Teilchen	Quarks und Leptonen	alle
TL:	$< 10^{-21}$ s	$> 10^{-20}$ s $< 10^{-16}$ s	$\sim 10^{-10}$ s	—
AW:	Kernkräfte: stabile Protonen und Kerne	Licht, Atomare Kräfte: stabile Atome und Moleküle	Radioaktive Zerfälle	Astronomische Kräfte: Schwerkraft, etc.

WW: Wechselwirkung; RW: Reichweite; AT: Austauschteilchen; RS: Relative Stärke [4]); QL: Quelle/Ladung; BT: Beinflusste Teilchen; TL: Typische Lebensdauer bei nachfolgendem Zerfall durch die WW; AW: Auswirkungen

[1]): $m_g = 0\,\text{eV},\ \text{Spin}_g = 1,\ I\left(J^P\right) = 0\left(1^-\right)$, tragen wie Mesonen Farbe-Antifarbe, wobei die g's zwar farbneutral („weiß") sein können, aber nicht Farb-Singuletts (invariant unter Farb-$SU(3)$-Transformation).
[2]): $m_\gamma < 3 \cdot 10^{-27}$ eV, $Q_{el,\gamma} < 2 \cdot 10^{-32} \cdot e$, τ_γ: stabil, $I\left(J^{PC}\right) = 0,1\left(1^{--}\right)$.
[3]): $m_W = 80,22\,(26)$ GeV $\approx 85 \cdot m_p$, $\tau_{W^\pm} \approx 2,9 \cdot 10^{-25}$ s: $W \to e\nu_e\,/\,\mu\nu_\mu\,/\,q\overline{q}$, $\text{Spin}_{W^\pm} = 1,\ J = 1$;
$m_{Z^0} = 91,187\,(7)$ GeV $\approx 97 \cdot m_p$, $\tau_{Z^0} \approx 2,6 \cdot 10^{-25}$ s: $Z^0 \to e^+e^-\,/\,\mu^+\mu^-\,/\,q\overline{q}$, $\text{Spin}_{Z^0} = 1,\ J = 1$.
[4]): Die relative Stärke der WW hängt von der jeweiligen Kopplungskonstanten α_i ab, die wiederum von den beteiligten Teilchen (z. B. ϕ-Meson: $\alpha_S \approx 0,5$, Ψ-Meson: $\alpha_S \approx 0,2$) und dem Impulsübertrag q abhängt. Bei der schwachen WW ist die Kopplungskonstante relativ groß (μ-Zerfall: $\alpha_W \approx \frac{1}{29}$), dafür kommt aber eine Abschwächung durch den Propagatorterm der massereichen Feldquanten zustande. Die für die vier WW-en angegebenen relativen Stärken gelten für den uns (leicht) zugänglichen niederenergetischen Bereich.

Elektromagnetisches Spektrum

Einteilung des elektromagnetischen Spektrums gemäß DIN 5030 in Spektralbereiche

Bereich	Wellenlänge λ/[nm]	Frequenz ν/[THz]	Photonenergie Q/[eV]
γ-Strahlung	< 0.01	$> 3 \cdot 10^7$	$> 124 \cdot 10^3$
Harte Röntgenstrahlung	$0{,}01$ – $0{,}5$	$3 \cdot 10^7$ – $6 \cdot 10^5$	$124 \cdot 10^3$ – $2{,}5 \cdot 10^3$
Weiche Röntgenstrahlung	$0{,}5$ – 10	$6 \cdot 10^5$ – $3 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^3$ – 124
Extremes Ultraviolett (XUV/EUV)	10 – 100	$3 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^3$	124 – $12{,}4$
Vakuum Ultraviolett (VUV) } (UV-C)	100 – 200	3000 – 1500	$12{,}4$ – $6{,}2$
Fernes Ultraviolett (FUV) } (UV-C)	200 – 280	1500 – 1070	$6{,}2$ – $4{,}4$
Mittleres Ultraviolett (UV-B)	280 – 315	1070 – 950	$4{,}4$ – $3{,}9$
Nahes Ultraviolett (UV-A)	315 – 380	950 – 790	$3{,}9$ – $3{,}3$
sichtbares Licht (VIS)	380 – 780	790 – 385	$3{,}3$ – $1{,}6$
Nahes Infrarot (NIR): IR-A	780 – 1400	385 – 215	$1{,}6$ – $0{,}9$
IR-B	1400 – 3000	215 – 100	$0{,}9$ – $0{,}4$
Mittleres Infrarot (MIR) } IR-C	3000 – $5 \cdot 10^4$	100 – 6	$0{,}4$ – $0{,}025$
Fernes Infrarot (FIR) } IR-C	$5 \cdot 10^4$ – 10^6	6 – $0{,}3$	$0{,}025$ – 10^{-3}
Radiobereich	$> 10^6$	$< 0{,}3$	$< 10^{-3}$

'Astronomische Einteilung' des elektromagnetischen Spektrums in Spektralbereiche

Bereich	Wellenlänge λ	Frequenz ν/[Hz]	Photonenergie Q
γ	< 2 pm	$> 1{,}5 \cdot 10^{20}$	> 620 keV
Röntgen (X-Strahlen)	2 pm – 10 nm	$1{,}5 \cdot 10^{20}$ – $3 \cdot 10^{16}$	620 keV – 124 eV
Ultraviolett	10 nm – 400 nm	$3 \cdot 10^{16}$ – $7{,}5 \cdot 10^{14}$	124 eV – 3,1 eV
„sichtbares“ Licht	400 nm – 770 nm	$7{,}5 \cdot 10^{14}$ – $3{,}9 \cdot 10^{14}$	3,1 eV – 1,6 eV
Infrarot	770 nm – 100 μm	$3{,}9 \cdot 10^{14}$ – $3 \cdot 10^{12}$	1,6 eV – 12 meV
sub mm	100 μm – 1 mm	$3 \cdot 10^{12}$ – $3 \cdot 10^{11}$	12 meV – 1,2 meV
Radio	1 mm – 20 m	$3 \cdot 10^{11}$ – $15 \cdot 10^6$	1,2 meV – 62 neV

Der „sichtbare“ (visuelle) Teil des Spektrums

Absorbiertes Licht			„Rest-Licht“
Wellenzahl $\tilde{\nu}$ / [cm^{-1}]	Wellenlänge λ/[nm]	Farbe	Farbeindruck
25000 – 23000	400 – 435	violett	gelbgrün
23000 – 20800	435 – 480	blau	gelb
20800 – 20400	480 – 490	grünblau	orange
20400 – 20000	490 – 500	blaugrün	rot
20000 – 17850	500 – 560	grün	purpur
17850 – 17200	560 – 580	gelbgrün	violett
17200 – 16800	580 – 595	gelb	blau
16800 – 16500	595 – 605	orange	grünblau
16500 – 13000	605 – 770	rot	blaugrün

Elektromagnetisches Spektrum in der Atomphysik			**Transparenz**	
Entstehungsart	Energiebereich	Wellenlängenbereich	Stoff	Wellenlängenbereich
Innere Elektronenübergänge ($\tau \sim 10^{-15}$ s)	115 keV – 10 eV	10 pm – 120 nm VUV, XUV, X	Luft	180 nm $< \lambda <$ 1,2 μm
			a. Quarz	170 – 200 nm $< \lambda <$ 4,5 μm
Ü. von Valenzelektronen ($\tau \sim 10^{-8}$ s)	20 eV – 0,1 eV	50 nm – 10 μm NIR, VIS, UV	LiF [1]	$\lambda > 105$ nm
			Luft [2]	$\lambda \leq 0{,}25$ nm, $h \cdot \nu \geq 5$ keV
Molekulare Schwingungsü. (Vibrationen)	0,5 eV – 0,05 eV	2 μm – 20 μm MIR, NIR	**Atmosphärenabsorption** *)	
			O_3	200 nm $< \lambda <$ 300 nm
Molekulare Rotationsüberg.	0,05 eV – 0,001 eV	20 μm – 1 mm FIR, MIR	O_2	110 nm $< \lambda <$ 250 nm
			Gase [4]	0,01 nm $< \lambda <$ 110 nm

*) Astronomische Beobachtungen sind vom Erdboden aus wegen Atmosphärenabsorption nur im “optischen Fenster” von 300 nm (O_3) bis 1 μm (H_2O) [bis 20 μm noch in einigen schmalen Fenstern] und im “Radiofenster” von (1–5) mm (O_2) bis $\sim$ 50 m (Reflexion der Ionosphäre) möglich.