

Anhang A Definitionen und Einheiten

A.1 Lateinische Symbole

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
a		m	(11.1)	Kleiner Plasmaradius im Torus
a_{eff}		m		Effektiver Plasmaradius
\mathbf{A}		Tm	(11.11)	Vektorpotential
A_i		-		Kernmassenzahl
\mathbf{B}		T		Magnetfeld
c	$2,9979 \times 10^8$	m/s		Lichtgeschwindigkeit
c_s		m/s	(3.125)	Schallgeschwindigkeit
c_{se}	$\sqrt{\gamma_e T_e / m_e}$	m/s	(3.123)	Elektronenschallgeschwindigkeit
c_{si}	$\sqrt{(T_e + \gamma_i T_i) / m_i}$	m/s	(3.125)	Ionenschallgeschwindigkeit
e	1	e		Elementarladung
	$1,602 \times 10^{-19}$	As		
$e^2 / 4\pi \epsilon_0$	$1,44 \times 10^{-9}$	eVm		
\mathbf{E}		V/m		Elektrisches Feld
f		-	(3.17)	Zahl der Freiheitsgrade
$f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$		s^3/m^6	(7.2)	Boltzmann-Verteilungsfunktion
\mathcal{F}		kg/ms^2	(4.34)	Kraftoperator
$f_M(\mathbf{v})$		s^3/m^3	(7.6)	Maxwell-Verteilung
$f_{MJ}(\mathbf{v})$		s^3/m^3	(7.24)	Maxwell-Jüttner-Verteilung
\mathbf{F}_{pon}		eV/m^4	(6.20)	Ponderomotorische Kraft
g	9,81	m/s^2		Gravitationsbeschleunigung
\mathcal{H}	$\int d^3v f \ln f$	-	(7.39)	H-Funktion

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
h	$6,5821 \times 10^{-16}$	eVs		Planck-Wirkungsquantum
$\hbar c$	$1,9733 \times 10^{-7}$	eVm		
\mathbf{j}	$en(\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_e)$	A/m ²	(3.19)	Elektrische Stromdichte
j_{bs}		A/m ²	(13.32)	Bootstrap-Strom
\mathcal{J}			(2.78)	Adiabatische Invariante
k	$2\pi/\lambda$	1/m	(5.3)	Wellenzahl
\mathbf{k}		1/m	(5.3)	Wellenvektor
k_B	$1,3807 \times 10^{-23}$	J/K		Boltzmann-Konstante
	$8,6173 \times 10^{-5}$	eV/K		
L_c		m	(16.1)	Verbindungslänge
m_e	$5,1100 \times 10^5$	eV/c ²		Ruhemasse des Elektrons
m_i	$9,3827 \times 10^8$	eV/c ²		Ruhemasse des Protons
M	$\sqrt{\sigma B_0^2 d^2 / \eta}$	-	(3.140)	Hartmann-Zahl
\mathcal{M}	u_i / c_{si}	-	(6.6)	Mach-Zahl
\mathcal{M}_A	u_i / v_A	-	(3.66)	Alfvén-Mach-Zahl
n		m ⁻³		Teilchenzahldichte
n_c		m ⁻³	(5.40)	Cutoff-Dichte
n_n		m ⁻³		Neutralgasdichte
N	ck/ω	-	(5.9)	Brechungsindex
N_A	$6,0221367 \times 10^{23}$	1/mol		Avogadro-Zahl
N_D	$\sim T_e^{3/2} / \sqrt{n_e}$	-	(1.15)	Plasmaparameter
p	nT	eV/m ³	(3.5)	Kinetischer Druck
\hat{p}	p/ρ_m	(m/s) ²	(15.10)	Thermische Energiedichte
P_{ij}	$\langle v_{si} v_{sj} \rangle$	eV/sm ² c ²	(7.82)	Drucktensor
p_m	$B^2/2\mu_0$	TA/m ³	(3.69)	Magnetischer Druck
P_M	$\eta/\rho_m \eta_m$	-	(3.57)	Prandl-Zahl
q		e		Elektrische Ladung
\mathbf{q}		eV/m ²	(7.95)	Wärmeflussdichte
q_s	rB_ϕ/RB_θ	-	(11.4)	Sicherheitsfaktor
R_0		m	(11.3)	Großer Plasmaradius im Torus
R_E	6371	km	(2.99)	Erdradius
R_M	$\mu_0 \sigma uL$	-	(3.56)	Magnetische Reynolds-Zahl
R_{Sp}	B_M/B_0	-	(2.63)	Spiegelverhältnis
s	$(r/q_s)/(dq_s/dr)$	-	(11.8)	Magnetische Verscherung
S	$\mu_0 \sigma v_A L$	-	(3.58)	Lundquist-Zahl

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
\mathbf{S}	$\mathbf{E} \times \mathbf{B}/\mu_0$	eV/m ² s	(5.27)	Poynting-Vektor
T		eV	(3.4)	Temperatur
\mathbf{u}		m/s	(7.76)	Strömungsgeschwindigkeit
U		eV		Potentielle Energie
\mathbf{v}		m/s		Einzelteilchengeschwindigkeit
\bar{v}	$2v_{\text{th}}/\sqrt{\pi}$	m/s	(7.15)	Mittlere Geschwindigkeit
$\langle v^2 \rangle$	$3v_{\text{th}}^2/2$	m/s	(7.12)	Mittlere quadratische Geschw.
v_A	$B/\sqrt{\mu_0 m_i n}$	m/s	(4.57)	Alfvén-Geschwindigkeit
\mathbf{v}_{ph}	ω/k	m/s	(5.2)	Phasengeschwindigkeit
\mathbf{v}_g	$\partial\omega/\partial k$	m/s	(5.8)	Gruppengeschwindigkeit
v_{th}	$\sqrt{2T/m}$	m/s	(7.11)	Thermische Geschwindigkeit
V_{pr}		m ⁶ /s ³		Phasenraumvolumen
W		eV		Kinetische Energie
W_A		eV		Austrittsarbeit
W_{ion}		eV	(9.94)	Ionisationsenergie
Z_{eff}	$(n_H + n_I Z_I^2)/n_e$	-	(10.13)	Effektive Ladungszahl
Z_i		-		Ionenladungszahl

A.2 Griechische Symbole

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
α		rad	(2.59)	Neigungswinkel
β	$\sqrt{m/2T}$	s/m	(7.8)	Konstante in der Maxwell-Verteilung
β	$p/(B^2/2\mu_0)$	-	(3.87)	Plasma- β
β_p	$p/(B_0^2/2\mu_0)$	-	(3.82)	Poloidales Plasma- β
$\gamma_{e,i}$	$(f+2)/f$	-	(3.17)	Adiabatenkoeffizient
γ		-	-	Anwachsrate
γ_{se}		-	(9.18)	Sekundärelektronenemissionskoeffizient
$\gamma_{t,e}$		5,35	(16.27)	Elektronenenergietransmissionskoeffizient
$\gamma_{t,i}$		2,5	(16.29)	Ionenenergietransmissionskoeffizient
γ_g	$6,67408 \times 10^{-11}$	$m^3/kg s^2$	(2.19)	Gravitationskonstante
	$3,57627 \times 10^{-38}$	$m^3 c^2/eVs^2$		
γ_L		-	(7.21)	Lorentz-Faktor
Γ_c	$\sim n^{1/3}/T$	-	(1.4)	Kopplungsparameter
Γ_n	nu	1/m ² s	(7.78)	Teilchenflussdichte
δ_b		m	A. 16.15	Charakteristische Blob-Breite
δ_{Ba}	$\rho_{L\theta} \sqrt{\epsilon}$	m	(13.27)	Breite einer Bananenbahn
δ_0	c/ω_{pe}	m	(5.52)	Stoßfreie Eindringtiefe
δ_c		m	(5.61)	Stoßbehaftete Eindringtiefe
Δ_s		m	(12.1.1)	Shafranov-Verschiebung
ϵ	a/R	-	(11.1)	Inverses Aspektverhältnis
$\bar{\epsilon}$		A/Tmc ²	(5.19)	Dielektrischer Tensor
\mathcal{E}	$u^2/2$	(m/s) ²	(15.10)	Kinetische Energiedichte
ϵ_0	$8,8542 \times 10^{-12}$	As/Vm		Dielektrizitätskonstante
	$5,5263 \times 10^7$	e/Vm		
$\epsilon_0 \mu_0$	1	1/c ²		
η		kg/ms	(3.127)	Kinematische Viskosität
$\eta_{e,i}$	$(\nabla T_{e,i}/T_{e,i})/(\nabla n/n)$	-	(4.2)	
η_m	$1/\mu_0 \sigma$	m ² /s	(3.50)	Magnetische Viskosität
θ		rad	Abb. 11.1	Poloidale oder azimutale Koordinate
t	RB_θ/rB_φ	-	(11.4)	Rotationstransformation
κ	$5n_e T_e \tau_e / 2m_e$	1/ms	(8.123)	Thermische Leitfähigkeit
κ_ϵ	a/b	-	(11.2)	Elliptizität des Plasmaquerschnitts
λ		m		Wellenlänge

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
λ_e	$\sim T_e^2/n_e$	m	(8.86)	Mittl. freie Weglänge d. Elektronen
λ_D	$\sim \sqrt{T_e/n_e}$	m	(1.14)	Debye-Länge
λ_i	$\sim T_i^2/Z_i^A n_i$	m	(8.87)	Mittlere freie Weglänge von Ionen
λ_n	$\sqrt{L_c D_r / 0,5 \bar{c}_s}$	m	(16.6)	Dichteabfalllänge
λ_q	$2\lambda_{T_e} / 7$	m	(16.18)	Leistungsabfalllänge
λ_{T_e}	$\sim \sqrt{n_{\text{sep}} / T_{\text{sep}}^{5/2}}$	m	(16.15)	Temperaturabfalllänge
$\ln \Delta$		-	(8.23)	Coulomb-Logarithmus
μ	$mv_{\perp}^2 / 2B$	eV/T	(2.49)	Magnetisches Moment
μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	Tm/A		Permeabilitätskonstante
	$2,0134 \times 10^{-25}$	Vs ² /em		
μ_{\parallel}	σ / en	m ² /V	(8.114)	Beweglichkeit parallel z. Magnetfeld
μ_r	$m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$	eV/c ²	(8.4)	Reduzierte Masse
ν	$1/\tau$	1/s	(8.82)	Stoßfrequenz
Π_{ij}	$P_{ij} - p_i \delta_{ij}$	eV/sm ² c ²	(7.88)	Asymmetrischer Drucktensor
ξ	$v_{\text{the},i} n_n \sigma_0$	1/s	Abb. 4.11	Verschiebungsfeld
ρ	$q_e n_e + q_i n_i$	e/m ³	(3.2)	Ladungsdichte
ρ_L	$\sqrt{2mT}/ q B$	m	(2.14)	Larmor-Radius
ρ_m	mn	eV/m ³ c ²	(3.1)	Massendichte
ρ_s	$\sqrt{m_i T_e} / eB$	m	(15.50)	Driftparameter
σ		A/Vm		Elektrische Leitfähigkeit
σ_L	$\sim T_e^{3/2}$	A/Vm	(8.108)	Leitfähigkeit (Lorentz-Modell)
σ_{Sp}	$0,51\sigma_L$	A/Vm	(8.111)	Spitzer-Leitfähigkeit
σ_0	5×10^{-19}	m ²	(3.157)	Neutralteilchen-WQ
σ_C		A/Vm	(3.167)	Cowling-Leitfähigkeit
σ_H		A/Vm	(3.153)	Hall-Leitfähigkeit
σ_P		A/Vm	(3.152)	Pedersen-Leitfähigkeit
σ_{fus}		m ²	(10.5)	Fusionswirkungsquerschnitt
τ		s		Stoßzeit
τ_A	L/V_A	s	(3.59)	Alfvén-Zeit
τ_{ab}		s	(8.59)	Abbremszeit
τ_B	$\mu_0 \sigma L^2$	s	(3.52)	Magnetische Diffusionszeit
τ_e	$\sim T_e^{3/2} / n_e$	s	(8.76)	Elektronen-Impulsrelaxationszeit
τ_E	W/P	s	(10.9)	Energieeinschlusszeit
τ_E^i	$\sim T_e^{3/2} / Z_i n$	s	(8.64)	Elektron-Ion-Energierelaxationszeit
τ_i	$\sim T_i^{3/2} / Z_i^A n_i$	s	(8.78)	Ionen-Impulsrelaxationszeit
τ_{tr}	$R/\epsilon v$	s	(13.12)	Transitzeit

Symbol	Wert	Einheit	Gleichung	Name
ϕ		V		Elektrostatisches Potential
φ		rad	Abb. 11.1	Toroidale Koordinate
χ		m ² /s	(8.125)	Wärmeleitkoeffizient
ψ		Tm ²	(11.15)	Magnetischer Fluss
ω_c	qB/m	1/s	(2.8)	Gyrationsfrequenz (\pm möglich)
ω_{ce}	eB/m_e	1/s		Gyrationsfrequenz der Elektronen
ω_{ce}^*	$eB/(m_e\gamma_L)$	1/s	(7.22)	Relativistische Gyrationsfrequenz
ω_{ci}	eB/m_i	1/s		Gyrationsfrequenz der Ionen
$\omega_p = \omega_{pe}$	$\sqrt{e^2 n_e / \epsilon_0 m_e}$	1/s	(1.23)	Plasmafrequenz
ω_{pi}	$\sqrt{e^2 n_i / \epsilon_0 m_i}$	1/s	(1.24)	Plasmafrequenz der Ionen
Ω	$\nabla \times \mathbf{u}$	1/s	(15.9)	Vortizität
Ω^*	$\langle \Omega^2 \rangle / 2$	1/s	(15.15)	Enstrophie

A.3 Umrechnungen

Temperaturen werden hier meistens in Elektronenvolt angegeben. Daher ist es oft einfacher, Energien ebenfalls in Elektronenvolt statt in Joule zu verwenden. Die Tabelle gibt dafür nützliche Umrechnungen an.

Größe	Symbol	SI	hier
Elementarladung	e	$1,602 \times 10^{-19}$ As	e
Elektronenmasse	m_e	$9,109 \times 10^{-31}$ kg	$0,511 \times 10^6$ eV/c ²
Protonenmasse	m_p	$1,672 \times 10^{-27}$ kg	$9,38 \times 10^8$ eV/c ²
Magnetfeld	B	T	$T = \text{Vs/m}^2$
Energie	W	$\text{J} = \text{kgm}^2/\text{s}^2$	$6,275 \times 10^{18}$ eV
Leistung	P	$\text{W} = \text{kgm}^2/\text{s}^3$	$6,275 \times 10^{18}$ eV/s
Druck	p	$\text{Pa} = \text{kg/ms}^2$	$6,275 \times 10^{18}$ eV/m ³

Obwohl *Pascal* schon seit Langem als SI-Einheit für den Druck festgelegt worden ist, werden in wissenschaftlichen Publikationen weiterhin auch andere Einheiten verwendet. Hier also eine Umrechnungstabelle für Druckeinheiten. Z. B. ist $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa} = 100 \text{ Nm}^{-2}$.

	Pa	Torr	mbar	atm	n_0 (m ⁻³)
1 Pa =	1	0,0075	0,01	$9,87 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{20}$
1 Torr =	133	1	1,33	$1,32 \times 10^{-3}$	$3,55 \times 10^{22}$
1 mbar =	100	0,75	1	$9,87 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{22}$
1 atm =	$1,013 \times 10^5$	760	1013	1	$2,69 \times 10^{25}$

Dichten gelten bei Normaltemperatur T_{norm} . Zur Umrechnung von Druck in Teilchendichten muss man wissen, dass bei *Normalbedingung* ($p_{norm} = 1013,25 \text{ hPa}$; $T_{norm} = 273,15 \text{ K}$) die Teilchendichte aus der Avogadro-Zahl $N_A = 6,0221367 \times 10^{23}$ 1/mol und dem Molvolumen $V_m = 22,414 \text{ dm}^3/\text{mol}$ folgt zu $n_{norm} = N_A/V_m = 2,68677 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

Anhang B Formelsammlung

B.1 Vektoralgebra

$$\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = \mathbf{c} \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b}) = \mathbf{b} \cdot (\mathbf{c} \times \mathbf{a}) \quad (\text{B.1})$$

$$\mathbf{a} \times (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = \mathbf{b}(\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}) - \mathbf{c}(\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}) \quad (\text{B.2})$$

$$\mathbf{a} \times (\mathbf{a} \times \mathbf{c}) = (\mathbf{a} \cdot \mathbf{c})\mathbf{a} - a^2\mathbf{c} = -a^2\mathbf{c}_\perp \quad (\text{B.3})$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{a}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{a}) - \Delta\mathbf{a} \quad (\text{B.4})$$

$$\begin{aligned} \nabla(\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}) &= (\mathbf{a} \cdot \nabla)\mathbf{b} + (\mathbf{b} \cdot \nabla)\mathbf{a} + \\ &\quad \mathbf{a} \times (\nabla \times \mathbf{b}) + \mathbf{b} \times (\nabla \times \mathbf{a}) \end{aligned} \quad (\text{B.5})$$

$$\mathbf{a} \times (\nabla \times \mathbf{a}) = \frac{1}{2}\nabla a^2 - (\mathbf{a} \cdot \nabla)\mathbf{a} \quad (\text{B.6})$$

$$\nabla \cdot (\phi\mathbf{b}) = \phi\nabla \cdot \mathbf{b} + (\mathbf{b} \cdot \nabla)\phi \quad (\text{B.7})$$

$$\nabla \times (\phi\mathbf{b}) = \phi\nabla \times \mathbf{b} + (\nabla\phi) \times \mathbf{b} \quad (\text{B.8})$$

$$\nabla \times (\mathbf{a} \times \mathbf{b}) = \mathbf{a}(\nabla \cdot \mathbf{b}) - \mathbf{b}(\nabla \cdot \mathbf{a}) + (\mathbf{b} \cdot \nabla)\mathbf{a} - (\mathbf{a} \cdot \nabla)\mathbf{b} \quad (\text{B.9})$$

$$\nabla \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b}) = -\mathbf{a} \cdot (\nabla \times \mathbf{b}) + \mathbf{b} \cdot (\nabla \times \mathbf{a}) \quad (\text{B.10})$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{b}) = 0 \quad (\text{B.11})$$

$$\nabla \times (\nabla\phi) = 0 \quad (\text{B.12})$$

Spezielle Formen für das Magnetfeld

$$(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} = (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{B} - 1/2\nabla B^2 \quad (\text{B.13})$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{B}) = -\Delta\mathbf{B} \quad (\text{B.14})$$

B.2 Integralsätze

$$\text{Stokes-Satz : } \int_S (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot d\mathbf{S} = \int_c \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l} \quad (\text{B.15})$$

$$\text{Gauß-Satz : } \int_V (\nabla \cdot \mathbf{A}) d^3r = \int_S \mathbf{A} \cdot d\mathbf{S} \quad (\text{B.16})$$

B.3 Die Maxwell-Gleichungen

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (\text{B.17})$$

$$\text{Poisson-Gleichung : } \nabla \cdot \mathbf{E} = -\Delta\phi = \rho/\epsilon_0 \quad (\text{B.18})$$

$$\text{Faraday-Gesetz : } \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (\text{B.19})$$

$$\text{Ampère'sches Gesetz : } \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (\text{B.20})$$

Integralformen:

$$\text{Faraday-Gesetz : } \oint_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (\text{B.21})$$

$$\text{Ampère'sches Gesetz : } \oint_c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int_S \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S} \quad (\text{B.22})$$

Galilei-invariante Form der Felder

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (\text{B.23})$$

$$\mathbf{B}' = \mathbf{B} + \frac{1}{c^2} \mathbf{v} \times \mathbf{E} \quad (\text{B.24})$$

Vektorpotential in Coulomb-Eichung

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = 0 \quad (\text{B.25})$$

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} \quad (\text{B.26})$$

$$\mathbf{E} = -\nabla\phi - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \quad (\text{B.27})$$

B.4 Vektoroperatoren und Koordinaten

Kartesische Koordinaten x, y, z :

$$\nabla\phi = \frac{\partial\phi}{\partial x}\mathbf{e}_x + \frac{\partial\phi}{\partial y}\mathbf{e}_y + \frac{\partial\phi}{\partial z}\mathbf{e}_z \quad (\text{B.28})$$

$$\nabla \cdot \mathbf{a} = \frac{\partial a_x}{\partial x} + \frac{\partial a_y}{\partial y} + \frac{\partial a_z}{\partial z} \quad (\text{B.29})$$

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{a} = & \left(\frac{\partial a_z}{\partial y} - \frac{\partial a_y}{\partial z} \right) \mathbf{e}_x + \\ & \left(\frac{\partial a_x}{\partial z} - \frac{\partial a_z}{\partial x} \right) \mathbf{e}_y + \left(\frac{\partial a_y}{\partial x} - \frac{\partial a_x}{\partial y} \right) \mathbf{e}_z \end{aligned} \quad (\text{B.30})$$

Zylinderkoordinaten r, θ, z

$$\nabla\phi = \frac{\partial\phi}{\partial r}\mathbf{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\theta}\mathbf{e}_\theta + \frac{\partial\phi}{\partial z}\mathbf{e}_z \quad (\text{B.31})$$

$$\nabla \cdot \mathbf{a} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ra_r) + \frac{1}{r}\frac{\partial a_\theta}{\partial\theta} + \frac{\partial a_z}{\partial z} \quad (\text{B.32})$$

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{a} = & \left(\frac{1}{r}\frac{\partial a_z}{\partial\theta} - \frac{\partial a_\theta}{\partial z} \right) \mathbf{e}_r + \\ & \left(\frac{\partial a_r}{\partial z} - \frac{\partial a_z}{\partial r} \right) \mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r}(ra_\theta) - \frac{\partial a_r}{\partial\theta} \right) \mathbf{e}_z \end{aligned} \quad (\text{B.33})$$

Kugelkoordinaten r, θ, φ . Oberfläche: $S = 4\pi r^2$; Volumen: $V = 4\pi r^3/3$.

$$\nabla\phi = \frac{\partial\phi}{\partial r}\mathbf{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\theta}\mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi}\mathbf{e}_\varphi \quad (\text{B.34})$$

$$\nabla \cdot \mathbf{a} = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2 a_r) + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta a_\theta) + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial a_\varphi}{\partial\varphi} \quad (\text{B.35})$$

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{a} = & \frac{1}{r\sin\theta} \left(\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta a_\varphi) - \frac{\partial a_\theta}{\partial\varphi} \right) \mathbf{e}_r + \\ & \left(\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial a_r}{\partial\varphi} - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ra_\varphi) \right) \mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r}(ra_\theta) - \frac{\partial a_r}{\partial\theta} \right) \mathbf{e}_\varphi \end{aligned} \quad (\text{B.36})$$

Toruskoordinaten r, θ, φ und $R = R_0 + r \cos \theta$ (siehe [Abb. 11.1](#)). Oberfläche: $S = 4\pi^2 Rr$; Volumen: $V = 2\pi^2 Rr^2$.

$$\nabla\phi = \frac{\partial\phi}{\partial r}\mathbf{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\theta}\mathbf{e}_\theta + \frac{1}{R}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi}\mathbf{e}_\varphi \quad (\text{B.37})$$

$$\nabla \cdot \mathbf{a} = \frac{1}{rR} \left\{ \frac{\partial}{\partial r}(rRa_r) + \frac{\partial}{\partial\theta}(Ra_\theta) + \frac{\partial}{\partial\varphi}(ra_\varphi) \right\} \quad (\text{B.38})$$

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{a} = & \frac{1}{R} \left\{ \frac{\partial}{\partial\theta}(Ra_\varphi) - \frac{\partial}{\partial\varphi}(ra_\theta) \right\} \mathbf{e}_r + \\ & \frac{1}{R} \left\{ \frac{\partial a_r}{\partial\varphi} - \frac{\partial}{\partial r}(Ra_\varphi) \right\} \mathbf{e}_\theta + \\ & \frac{1}{r} \left\{ \frac{\partial}{\partial r}(ra_\theta) - \frac{\partial}{\partial\theta}a_r \right\} \mathbf{e}_\varphi \end{aligned} \quad (\text{B.39})$$

B.5 Die Fehlerfunktion

Die Fehlerfunktion tritt bei der Berechnung von Streuprozessen auf. Sie ist definiert über ein Integral der Form

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x d\xi e^{-\xi^2} \quad (\text{B.40})$$

und kann in eine Reihe entwickelt werden:

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i x^{2i+1}}{i!(2i+1)}. \quad (\text{B.41})$$

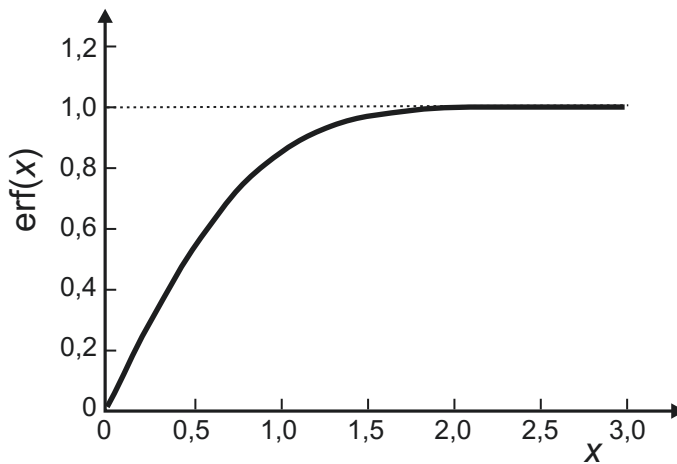
Sie ist in [Abb. B.1](#) grafisch dargestellt und kann in bestimmten Bereichen durch einfache Funktionen angenähert werden:

$$\begin{aligned} \operatorname{erf}(x > 2) &\approx 1, \\ \operatorname{erf}(x < 0.3) &\approx \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(x - \frac{x^3}{3} \right). \end{aligned} \quad (\text{B.42})$$

B.6 Die Gamma-Funktion

Bei Rechnungen mit Maxwell- oder Gauß-Verteilungen treten häufig Integrale der Form auf:

$$\int_0^{\infty} dx x^\alpha e^{-\beta^2 x^2} = \frac{1}{2} \beta^{-(\alpha+1)} \Gamma\left(\frac{\alpha+1}{2}\right). \quad (\text{B.43})$$

**Abb. B.1** Die Fehlerfunktion

Die *Gamma-Funktion* berechnet sich aus der rekursiven Formel $\Gamma(\alpha + 1) = \alpha\Gamma(\alpha)$ mit den Startwerten $\Gamma(1) = \Gamma(2) = 1$ und $\Gamma(1.5) = \sqrt{\pi}/2$. In **Tab. B.1** sind einige Werte für Γ angegeben.

Tab. B.1 Einige Werte der Gamma-Funktion $\Gamma(x)$

x	1	2	3	4	5	6	7
Γ	1	1	2	6	24	120	720
x	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
Γ	$\sqrt{\pi}$	$\frac{1}{2}\sqrt{\pi}$	$\frac{3}{4}\sqrt{\pi}$	$\frac{15}{8}\sqrt{\pi}$	$\frac{105}{16}\sqrt{\pi}$	$\frac{945}{32}\sqrt{\pi}$	$\frac{10395}{64}\sqrt{\pi}$

B.7 Teilchen- und Flüssigkeitsdriften

Driften		
$E \times B$ -Drift	$\mathbf{v}_D^{E \times B} = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{B^2}$	(2.18)
Gravitationsdrift	$\mathbf{v}_D^g = \frac{m\mathbf{g} \times \mathbf{B}}{qB^2}$	(2.20)
Polarisationsdrift	$\mathbf{v}_D^{pol} = \frac{m}{qB^2} \dot{\mathbf{E}}$	(2.74)
Nur im Teilchenbild		
Krümmungsdrift	$\mathbf{v}_D^k = \frac{2W_{ }}{qR_k^2} \frac{\mathbf{R}_k \times \mathbf{B}}{B^2}$	(2.32)
Gradientendrift	$\mathbf{v}_D^{\nabla B} = -\frac{W_{\perp}}{q} \frac{\nabla_{\perp} B \times \mathbf{B}}{B^3}$	(2.20)
Nur im Flüssigkeitsbild		
Diamagnetische Drift	$\mathbf{u}^{dia} = -\frac{\nabla p \times \mathbf{B}}{\rho B^2}$	(3.93)

B.8 Flüssigkeitsgleichungen

MHD-Gleichungen		
Kontinuitätsgleichung	$\partial_t \rho_m + \rho_m (\nabla \cdot \mathbf{u}) = 0$	(3.20)
Quasineutralität	$\nabla \cdot \mathbf{j} = 0$	(3.22)
Bewegungsgleichung	$\rho_m \partial_t \mathbf{u} = \mathbf{j} \times \mathbf{B} - \nabla p$	(3.31)
Ohm'sches Gesetz	$\mathbf{j} = \sigma (\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B})$	(3.39)
Zweiflüssigkeitsgleichungen		
Kontinuitätsgleichung	$\partial_t \rho_m + \nabla \cdot (\rho_m \mathbf{u}) = 0$	(7.101)
Bewegungsgleichung	$\rho_m (\partial_t + \mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} - n \langle \mathbf{F} \rangle + \nabla p = 0$	(7.102)
Energiegleichung	$\partial_t \left(\frac{3}{2} n T \right) + \nabla \cdot \left(\frac{5}{2} T \Gamma_n + \mathbf{q} \right) = \mathbf{u} \cdot \nabla p$	(7.103)

Stichwortverzeichnis

A

Abbremslänge, 230
Abbremsung schneller Teilchen, 274
Abbremszeit, 230, 277
Abfalllänge, 514–519
 Dichte-, 296, 479, 483, 515
 Leistungs-, 518, 525, 536
 Temperatur-, 517
Abschälschicht, 364, 512, 515, 516
Adiabatenkoeffizient, 54, 93, 95, 151, 168
adiabatische Elektronen, 94, 475
adiabatische Invariante, 37
 am Beispiel des Pendels, 38
 dritte, 42
 longitudinale, 40
 transversale, 39
adiabatische Kompression, 37
advective Ableitung, 481
äquatorialer Elektrojet, 107
Alfvén-Geschwindigkeit, 67, 72, 135, 181, 490
Alfvén-Mach-Zahl, 73
Alfvén-Welle, 94, 137, 175
 longitudinale, 137, 187
 torsionale, 137
 Transversale, 134, 137–139, 181
Alfvén-Zeit, 67, 507
ambipolare Diffusionskonstante, 296
ambipolarer Teilchenfluss, 295, 318, 445
ambipolares elektrisches Feld, 295, 430, 444, 448, 533
 in toroidaler Geometrie, 448
Ampère'sches Gesetz, 59, 74, 76, 97, 126, 552
anodische Glühzone, 310
anodischer Dunkelraum, 310

anomaler Transport, 429
Anwachsrate, 114, 115, 130
 der Austauschinstabilität, 125
 einer Driftwelle, 487, 494
Appleton-Hartree-Dispersionsrelation, 172, 191
Aspektverhältnis, 364
Aston-Dunkelraum, 308
Atmosphärenwind, 107
Auroral electrojet, 109
außerordentliche Welle, *siehe* X-Welle
Austauschinstabilität, 116, 117, 122, 142, 476, 538
 Anwachsrate, 125, 539
 Einfluss von Verscherung, 477

B

Bahnkorrektur, 34
Ballooning-Instabilität, 120, 404
Ballooning-Mode, 404
Bananenbahn, 419
 Breite, 419
 toroidale Präzession, 421
Bananenteilchen, 418ff
 Anteil in Maxwell-Verteilung, 420
 Instabilität, 477
barometrische Höhenformel, 100
 ∇B -Drift, *siehe* Gradientendrift
Beam-Emissionsspektroskopie, 504, 537
benetzte Fläche, 518
Bennett-Pinch, 78
Bernstein-Welle, 192
Beweglichkeit, 291, 316

Bewegungsgleichung, 53, 56, 57, 239
 2. Ordnung, 202
 im thermalisierten Plasma, 244
 linearisierte, 127, 151

Biasing, 507

Birkeland-Leitfähigkeit, 104

Blanket, 354

Blitze, 2, 77

Blob, 125, 536, 537

Bogenentladung, 314, 480

Bohm-Diffusionskoeffizient, 480

Bohm-Geschwindigkeit, 321

Bohm-Gross-Welle, 166, 249

Bohm-Kriterium, 200, 320, 332

Boltzmann'sches H-Theorem, 225

Boltzmann-Faktor, 8, 94, 197, 318

Boltzmann-Gleichung, 212, 224

Boltzmann-Relation, 94, 488

Boltzmann-Stoßterm, 223

Boltzmann-Verteilungsfunktion, 212, 218

Bootstrap-Strom, 386, 402, 422

Boussinesque-Näherung, 482

Bragg-Bedingung, 160

Braginskii-Gleichungen, 243

Brechungsindex, 147, 163, 172

Bremse

elektromagnetische, 99

Bremsstrahlung, 357

Brown'sche Bewegung, 227

Brutreaktion, 354

Burgers-Gleichung, 457, 458

C

Cauchy'sche Integralformel, 248

Charney-Modell, 495

Child-Langmuir-Gesetz, 326

CMA-Diagramm, 187, 189, 192

Couette-Strömung, 100

Coulomb-Logarithmus, 268

Cowling-Leitfähigkeit, 109

C-Stellarator, 350

Cusp-Feld, 119, 383

Cutoff-Dichte, 156, 255

Cutoff-Schicht, 159

CXRS (Ladungsaustauschspektroskopie), 451, 452

D

D-Region, 101

Debye-Abschirmung, 7

senkrecht zum Magnetfeld, 90

Debye-Hückel-Potential, 9, 267

Debye-Kugel, 10, 267

Debye-Länge, 9, 167, 197, 200, 296, 318, 326

senkrecht zum Magnetfeld, 92

Debye-Schicht, 201, 318, 521

Dekorrelation, 505

Detachment, 365, 512, 529

partielles, 530

vollständiges, 530

diamagnetische Drift, 83

diamagnetische Frequenz, 484

diamagnetischer Strom, 57, 81, 84

Diamagnetismus, 23, 80

Dichteabfalllänge, 479, 515, 516

Dichtegrenze, 407

dielektrisch behinderte Entladung, 302

dielektrischer Tensor, 150

im kalten magnetisierten Plasma, 171

differenzieller Wirkungsquerschnitt, 265

Diffusion

im Geschwindigkeitsraum, 268

eines Magnetfeldes im Plasma, 63

als Random-Walk, 231

Diffusionsgleichung, 231, 285

Diffusionskoeffizient, 230, 285

im Bananengebiet, 439

Bohm-, 480

elektromagnetischer, 478

im Geschwindigkeitsraum, 229

klassischer, 431

paralleler, 292

Random-Walk-, 233

senkrechter, 298

turbulenter, 473

Dispersionsrelation, 147

einer Driftwelle, 487

Disruption, 401, 402

Dissipationsbereich, 462

Divertor, 365, 379, 512

Divertorkonzepte, 519

Divertorstrom, 534

Doppelschicht, 326

Doppelsonde, 328

Doppler-Reflektometrie, 160

Dreieckigkeit, 364

- Dreiwellenkopplung, 496
 Drift, 19
 diamagnetische, 83
 $E \times B$ -, 20, 83
 $E \times B$ -, mit Bahnkorrektur, 34
 Gradienten-, 23, 25, 84
 Gravitations-, 21, 83, 116
 Krümmungs-, 24, 25, 84
 Polarisations-, *siehe* Polarisationsdrift
 Driftbewegung, 19
 Driftflächen, 416
 driftkinetische Gleichung, 226, 447
 Driftnäherung, 480
 Driftparameter, 477, 480
 Driftwelle, 92, 475, 479–490
 Anwachsrate, 494
 Dispersionsrelation, 494
 Driftwellenturbulenz, 490–496
 Druck, 50
 dynamischer, 526
 Einheiten, 549
 kinetischer, 526
 Druckdiffusionsterm, 58
 Vernachlässigung, 60
 Drucktensor, 238
 mikroskopisches Bild, 245
 Drude-Modell, 162
 Dunkelraum
 Aston-, 308
 Faraday-, 309
 Hittorf-, 309
 dunkle Entladung, 314
 Durchflusssensor, 99
 Durchschlagsfeldstärke, 305
 dynamische Reibung, 268
 dynamische Verdünnung, 325
 dynamischer Druck, 526
 dynamischer Reibungskoeffizient, 229
 Dynamo, *siehe* Plasmadynamo
 α -Dynamo, 70
 Dynamo-Schicht, 106
- E**
- $E \times B$ -Drift, 83
 ECCD (electron cyclotron resonance current drive), 257
 ECE (Elektronzyklotronstrahlung), 217
 ECR-Entladungen, 303
 ECRH (Elektronzyklotronresonanzheizung), 254
 Eindringtiefe, 156, 161, 190, 205
 stoßbehaftete, 164, 546
 stoßfreie, 161, 489, 546
 einfach magnetisierter Torus, 122–126, 394, 538
 Einfangsbedingung, 420
 im magnetischen Spiegel, 31, 412
 im Torus, 420
 eingefrorener Fluss, 66, 135, 398
 Einschusszeit
 Energie-, 355, 359, 497
 Teilchen-, 497
 Einschusszeitskalierung, 358f
 Einstein-Relation, 230, 292
 Einwärtsdrift nach Ware, 422
 elektrische Leitfähigkeit, *siehe* Leitfähigkeit, 290
 elektrische Raumantriebe, 110
 elektrischer Leitfähigkeitstensor, 151
 elektrischer Strom, *siehe* Strom
 elektrisches Feld
 ambipolares, 430, 444
 elektromagnetische Bremse, 99
 elektromagnetische Pumpe, 99
 elektromagnetische Turbulenz, 477
 Elektron-Bernstein-Welle, 192
 Elektron-Elektron-Impulsrelaxationszeit, 281
 Elektron-Ion-Energierelaxationszeit, 278, 279
 Elektronen-Energietransmissionskoeffizient, 522
 Elektron-Positron-Plasma, 92
 Elektronensättigungsstrom, 320
 Elektronenanlaufbereich, 328
 Elektronenschallgeschwindigkeit, 93, 166, 490
 Elektronenschallwelle, *siehe*
 Bohm-Gross-Welle
 Elektronenstoßionisation, 304
 Elektronenträgheit, 58, 489
 Elektronenwurzel, 441, 451
 Elektronzyklotronresonanzheizung, 178, 182, 254, 257
 Elektronzyklotronstrahlung, 217
 Elektronzyklotronwelle, 173, 174, 178
 elektrostatische Ionenschwingungen, 168
 elliptisch polarisierte Welle, 148
 Elliptizität, 364
 emissive Sonde, *siehe* Glühsonde

Energiebilanz, 499
 Energieeinschlusszeit, 355, 359, 497
 Energiegleichung, 242
 linearisierte, 128
 im thermalisierten Plasma, 245
 Energieprinzip, 113
 Energierelaxationszeit, 279
 Elektron-Ion-, 278, 279
 Energietransmissionskoeffizient
 Elektronen-, 522
 Ionen-, 523
 totaler, 524
 Energieübertrag schneller Teilchen, 275
 Enstrophie, 461
 Erde
 Ionosphäre, 13, 100
 Magnetfeld, 44
 E-Region, 101
 ETG-Mode, 119, 476
 Euler-Gleichung, 49, 53, 457

F

Faraday-Dunkelraum, 309
 Faraday-Gesetz, 27, 61, 552
 Faraday-Rotation, 178, 181
 Faraday-Scheibe, 67
 Fehlerfunktion, 273, 554
 Feldliniengleichung, 47, 373, 382
 Fermi-Beschleunigung, 42
 Fermi-Energie, 7
 Fick'sches Gesetz, 285, 498
 Figure-8-Stellarator, 345, 387
 Filamente, *siehe* Blob
 Floating-Potential, 320
 Flüssigkeitsgleichungen, 50ff
 Fluktuationen, 455ff
 Fluktuationsmessung, 159, 324
 Flussfläche, 363, 368
 Flute-Instabilität, 119
 F-Maximum, 101
 Fokker-Planck-Gleichung, 227, 230, 268
 Fokker-Planck-Stoßterm, 230
 F-Region, 101
 Fourier-Transformation, 468
 freie Energie, 113
 Fringe, 158
 Führungszentrum, 19
 Funken, 2

Fusionsprodukt, 357
 Fusionsreaktion, 354
 Coulomb-Schwelle, 352
 Ratenkoeffizient, 353

G

Galilei-Transformation, 62
 Gamma-Funktion, 554
 Gas puff imaging, 537
 $1/\nu$ -Gebiet, 441
 ν -Gebiet, 442
 Gasentladung, 5, 308
 gefangene Teilchen, 418ff, 477
 Geschwindigkeit
 mittlere, 215
 mittlere quadratische, 215
 Strömungs-, 50
 thermische, 214
 Gesetz von Biot-Savart, 368
 Gibbs-Ensemble, 212
 Gleichgewichtsbedingung, 57, 74, 75, 127
 Gleichspannungsentladung, 308
 Glimmentladung, 308, 314
 Glühsonde, 329
 Grad-Shafranov-Gleichung, 395
 Gradientendrift, 23, 25, 84
 Gravitationsdrift, 20, 83, 116
 Greenwald-Dichte, 410
 β -Grenze, 393
 günstige Krümmung, 118, 403
 Gyration, 18
 Gyrationenfrequenz, 17
 relativistische, 217, 258
 gyrokinetische Gleichung, 227

H

Hall-Antrieb, 110
 Hall-Leitfähigkeit, 104
 Hall-Strom, 58, 67
 Hall-Term, 58
 Vernachlässigung, 60
 Hartmann-Strömung, 96
 Hartmann-Zahl, 98
 Hasegawa-Mima-Gleichung, 494
 Hasegawa-Wakatani-Gleichungen, 492
 Heliac, 388
 helikal gefangene Teilchen, 425

Helikon-Entladungen, 303
 Helikonwelle, 179
 Heliotron, 346
 Helmholtz-Wirbelsätze, 460
 Hittorf-Dunkelraum, 309
 H-Mode, 505
 Hochfeldseite, 124
 Hochrecycling, 524
 Hoop-Kraft, 378, 396
 HSX, 385
 Hybrid-Stellaratoren, 386
 Hybridfrequenzen, 184
 Hybridwelle
 obere, 174, 184, 186, 191–192
 untere, 175, 184, 186, 251
 hydrodynamische Ableitung, 52
 Hysterese, 507

I

ICRH (Ion Cyclotron Resonance Heating), 180
 ideale Flüssigkeit, 457
 ideale MHD, 126
 $i\delta$ -Modell, 487
 Impulsrelaxationszeit, 281
 Elektron-Elektron-, 281
 Ion-Elektron-, 282
 Ion-Ion-, 281
 Impulsübertrag, 270
 induktive Entladung, 302
 Induktivität eines Plasmas, 336
 Inertial range, 539
 Inertialbereich, 462
 Infrarotkatastrophe, 466
 Instabilität, 113
 Austausch-, 116, 142, 403, 476, 537
 Ballooning-, 120, 404
 Flute-, 119
 kinetische, 113, 251
 Kink-, 121, 399
 Knick-, 121, 398
 Kruskal-Schwarzschild-, 143
 Rayleigh-Taylor-, 113, 114
 Rillen-, 119
 Sausage-, 121
 Strömungs-, 113
 stromgetriebene, 120
 Würstchen-, 121
 Zweistrom-, 206, 208

Interferometrie, 157
 intermittenter Transport, 536
 inverse Kaskade, 466, 496
 Inverse Landau-Dämpfung, 251
 Ionen-Energietransmissionskoeffizient, 523
 Ionenantrieb, 110
 Ionenszillationen, 169, 199
 Ionensättigungsstrom, 320, 323
 Ionenschallgeschwindigkeit, 95, 136, 168, 321
 für zwei Temperaturen, 333
 Ionenschallwelle, 168, 195, 200
 Ionenschwingungen
 elektrostatische, 168
 Ionenwurzel, 441, 451
 Ionisationsenergie, 2, 304, 339
 Ionisationsgrad, 2, 5
 Ionisationslänge, 304
 Ionosphäre, 12, 100
 Ionzyklotronwelle, 175, 180
 ITG-Mode, 119, 476

J

Jet-Stream, 495
 JET-Tokamak, 350
 JT-60, 379
 Jupiter, 495

K

kaltes Plasma, 152
 Kapazität eines Plasmas, 336
 kapazitive Entladung, 302, 334
 Kármán-Wirbelstraße, 457
 Kaskade, *siehe* turbulente Kaskade
 Kathodenfall, 316
 Kathodenschicht, 308, 314
 KdeV-Gleichung, 197
 kinetische Energiedichte, 460
 kinetische Instabilität, 113, 251
 Kink-Instabilität, 121, 399
 Kink-Mode, 399
 klassischer Stellarator, 424
 klassischer Transport, 429, 430ff
 Kleinwinkelstreuung, 267
 Knick-Instabilität, 121, 292
 Kodeponierung, 513
 Kohärenzspektrum, 471
 Kohlenstoffzyklus, 352

- Kollisionalität, 492
 kompressionale Alfvén-Welle, *siehe*
 Alfvén-Welle, longitudinale
 Kontinuitätsgleichung, 51, 55, 237
 linearisierte, 128, 151
 im thermalisierten Plasma, 244
 Konvektion, 242
 Kopplungsparameter, 6
 Korona, 4
 Korrelationslänge, 469, 473
 Korrelationszeit, 469, 473
 Korrespondenzprinzip, 538
 Korteweg-de-Vries-Gleichung, 197
 Kreuzkorrelationsfunktion, 469
 Kreuzleistungsspektrum, 471
 Kreuzphase, 471, 474, 504
 Kreuzphasenspektrum, 471, 472
 Kronecker-Delta, 468
 Krook-Stoßterm, 394
 Krümmungsdrift, 24, 25, 84
 Kruskal-Schwarzschild-Instabilität, 143
 Kruskal-Shafranov-Grenze, 400
 K41-Theorie, 462
- L**
- Ladungsaustauschspektroskopie, 451, 452
 Ladungsdichte, 49
 Landau-Dämpfung, 247, 256
 Langevin-Gleichung, 230
 Langmuir-Oszillation, 154
 Langmuir-Sonde, 317ff, 503, 528, 537
 mit nicht-thermischen Elektronen, 331
 langsame X-Welle, 186
 Larmor-Radius, 17, 299
 Larmor-Radius-Effekt, 34, 254
 Laserstreuung, 504
 Lawson-Kriterium, 357
 Leistungsabfalllänge, 517, 518
 Skalierung, 536
 Leistungsspektrum, 468, 471
 Leitfähigkeit, 53, 162, 290, 339
 Birkeland-, 104
 Cowling-, 109
 Hall-, 104
 Pedersen-, 104
 senkrechte, 290
 Spitzer-, 290
 im stoßbehafteten Plasma, 102
 thermische, 292, 293
 Wechselstrom-, 161
 Leitfähigkeitstensor, 104, 151
 Leitwert eines Plasmas, 336
 Lenz'sche Regel, 36
 Levitron, 379
 LHD (Large Helical Device), 347
 Limiter, 365
 linearer Pinch, 75, 84, 120, 344
 linearer Stellarator, 384
 linearer Tokamak, 366
 Linearisierung, 195
 liniengemittelte Dichte, 158
 Liouville-Gleichung, 211, 218
 L-Mode, 505
 Lorentz-Faktor, 206, 216
 Lorentz-Gas, 224
 Lorentz-Kraft, 15
 Lorentz-Modell, 288
 Lower hybrid wave, *siehe* untere Hybridwelle
 Lundquist-Zahl, 67, 73
- M**
- Mach-Zahl, 197
 Magnetfeld
 der Erde, 44
 mit günstiger Krümmung, 118
 Krümmungsradius, 74
 Rippel, 424
 des stromführenden Rings, 377
 eines Torsatrons, 423
 mit ungünstiger Krümmung, 118, 382
 Magnetfeldkonfiguration, 363ff
 magnetische Diffusionszeit, 64
 magnetische Flussfläche, 363, 368
 magnetische Insel, 371
 Natürliche, 374
 magnetische Koordinate, 372, 384
 magnetische Mulde, 80, 383
 magnetische Rekonnektion, 65
 magnetische Reynolds-Zahl, 66, 69
 magnetische Spannkraft, 74, 136
 magnetische Verscherung, 366, 373, 476
 magnetischer Druck, 74
 magnetischer Fluss, 29, 66, 368
 eingefrorener, 66
 magnetischer Hügel, 80, 383
 magnetischer Spiegel, 27, 29, 40, 118

magnetisches Moment, 27, 29, 39, 414
 eines Stromrings, 377
 magnetisches Pumpen, 443, 446
 magnetisiertes Plasma, 105, 283
 magnetoakustische Alfvén-Welle, 139
 Magnetohydrodynamik, *siehe* MHD
 magnetohydrodynamische Gleichungen, *siehe*
 MHD-Gleichungen
 magnetohydrodynamischer Generator, 99
 Magneto hydrokinematik, 51
 Magnetopause, 46
 magnetosonische Alfvén-Welle, *siehe*
 Alfvén-Welle, longitudinale
 Magnetosphäre der Erde, 44
 Marfe, 408
 Markov-Stoßprozess, 229
 Massendichte, 49
 Maxwell-Boltzmann-Verteilung, 8
 Maxwell-Gleichungen, 61, 552
 linearisierte, 150
 der Magnetostatik, 367
 Maxwell-Jüttner-Verteilung, 218, 259
 Maxwell-Verteilung, 213, 225
 Mercier-Kriterium, 404
 Mesosphäre, 101
 MHD (Magneto hydrodynamik), 51, 59
 MHD-Gleichgewichte, 73
 MHD-Gleichungen, 59, 61
 linearisierte, 127
 Minimum-B-Anordnung, 383
 Mischungslängen-Modell, 473, 503
 Mittelwert, 467
 mittlere freie Weglänge, 283
 im Neutralgas, 305
 mittlere quadratische Abweichung, 467
 Mobilität, 291, 315
 mod- B -Konturen, 423
 η_e -Mode, 119
 η_i -Mode, 119
 Moden, 397
 Modenanalyse, 114, 126
 Modenkonversion, 192
 Multipolfelder, 382
 Murakami-Parameter, 407

N

Näherung der kleinen Geschwindigkeiten, 56
 Navier-Stokes-Gleichung, 54, 63, 456

 hydromagnetische, 96
 NBI, *siehe* Neutralteilcheninjektion
 NCSX, 385
 Negative Glimmzone, 309
 negative Glühzone, 309
 Neigungswinkel, 30, 414
 NEOART, 450
 Neoklassik, 429
 neoklassische Tearing-Mode, 402
 neoklassische Viskosität, 443
 neoklassischer Transport, 429, 438–507
 Neutralgasreibung, 102, 107
 Neutralteilchen, 1
 Wirkungsquerschnitt, 105
 Neutralteilcheninjektion, 228, 274, 416, 506
 Neutronen-Multiplikatoren, 354
 Neutronenstern, 69
 Nichtlinearität, 195, 458
 Niederfeldseite, 124
 Nordlichter, 3
 Normalbedingung, 549
 Normiertes β , 407

O

obere Hybridwelle, 174, 184, 185, 191–192
 Ohm'sche Heizung, 339
 Ohm'sches Gesetz, 104, 487
 im stoßbehafteten magn. Plasma, 104
 verallgemeinertes, 57, 61, 487
 Ohm'sches Plasma, 409
 Onsager-Symmetrie, 294
 O-Punkt, 372
 Orbital Motion Theory, 328
 ordentliche Welle, 182
 Oszillation
 Langmuir-, 154
 Plasma-, 154, 247
 Raumladungs-, 154
 O-Welle, 182
 O1-Welle, 255
 O2-Welle, 255
 O-X-B-Konversion, 192

P

Paramagnetismus, 80
 β -Parameter, 358
 Paschen-Kurve, 312

- Paschen-Minimum, 313
 Paschen-Parameter, 312
 passierende Teilchen, 417
 Pauli-Prinzip, 7
 PDF (Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung),
 503, 537
 Pedersen-Leitfähigkeit, 104
 Pedersen-Strom, 110
 Periodenzahl beim Stellarator, 347, 424
 Pettawatt-Laser, 204
 Pfirsch-Schlüter-Strom, 346, 394, 436
 Pfirsch-Schlüter-Transport, 433–438
 Photosphäre, 4
 Picket Fence, 119
 Pinch, 344
 Bennett-, 78
 Instabilitäten, 78
 linearer, 75, 84, 120, 344
 linearer θ -, 345
 Screw-, 78, 121, 345, 403
 toroidaler, 42, 345
 z -, *siehe* Pinch, linearer
 Pitch-Winkel, 30, 413
 Plasma
 Definition, 7
 entartetes, 6
 ideales, 6
 Parameter, 7, 10, 268
 relativistisches, 6
 Plasma- β , 81
 Plasmaantrieb, 99
 Plasmaätzen, 318
 Plasmabeschleuniger, 99
 Plasmachemie, 301
 Plasmadoppelschicht, 310
 Plasmadynamo, 5, 67
 Plasmaerzeugung, 302ff
 Plasmafilament, *siehe* Blob
 Plasmafrequenz, 12, 153
 relativistische, 206
 Plasmakinematik, 62
 Plasmaleuchten, 308
 Plasmanäherung, 11
 Plasmaoszillation, 154, 247
 Plasmaparameter, 7, 10, 268
 Plasmapotential, 317
 Plasmaradius
 effektiver, 364
 großer, 364
 kleiner, 364
 Plasmaresonanz, 190, 191
 Plasmarotation, 385
 Plasmatechnologie, 301
 Plasmawandwechselwirkung, 216, 301, 511
 Plasmawellenzahl, 205
 Plateau-Gebiet, 440
 Poincaré-Plot, 371, 384
 Poisson-Gleichung, 8, 61, 552
 Poisson-Klammer, 492
 Polarimetrie, 181, 182
 Polarisationsdrift, 35, 88f, 91, 482
 verallgemeinerte, 90
 Polarisationsstrom, 90
 Polaroval, 109
 β -poloidal, 78
 poloidale Flussaufweitung, 519
 ponderomotorische Kraft, 202
 positive Säule, 310
 Potentialfunktion, 272
 im thermalisierten Plasma, 273
 Poynting-Vektor, 152
 Prallplatten, 365
 Prandl-Zahl, 67
 Protonenzyklus, 352
 Protonosphäre, 101
 Pumpe
 elektromagnetische, 99
- Q**
- Quasineutralität, 11, 123, 296, 332
 Q-Wert, 358
- R**
- radiales elektrisches Feld, 426, 505
 Einfluss auf Stellaratortransport, 427
 Random-Walk, 227, 231
 Diffusionskoeffizient, 233
 Ratenkoeffizient, 531
 Raumantrieb
 elektrischer, 110
 Raumladungsozillation, 154
 Rayleigh-Taylor-Instabilität, 113,
 114
 Recycling, 513
 Recyclings koeffizient, 513
 Recyclingszone, 513

- reduzierte Masse, 263
 Reflektometrie, 157, 504, 505
 Reibungskraft, 53
 Neutralgas-, 102, 107
 Rekonnektion, 67
 Sweet-Parker-, 70
 relativistische Grenze, 6
 relativistische Gyrationfrequenz, 217, 258
 relativistische Plasmafrequenz, 206
 Relaxationszeit, 274ff
 Ansatz nach Krook, 224
 resistive MHD, 126
 Resistivität, 290
 Resonanz
 toroidale, 427, 438, 450
 Reynolds-Stress, 89, 495f, 507
 Reynolds-Zahl, 457
 magnetische, 66, 69
 RF-Entladung, 302
 Richardson-Dushman-Gleichung, 330
 Rillen-Instabilität, 119
 Ringstrom in der Ionosphäre, 46
 Rosenbluth-Potentiale, 272
 Rossby-Wellen, 495
 Rotation
 toroidale, 449
 Rotationstransformation, 365
 im Stellarator, 387
 Rückwärtswelle, 192
 Runaway-Elektronen, 284
 Rutherford-Streuung, 264
 Rutherford-Wirkungsquerschnitt, 266
- S**
- Sägezahn, 401
 Saha-Gleichung, 2
 Sättigungsstrom
 Elektronen-, 320
 Ionen-, 320, 323
 Sausage-Instabilität, 121
 Schallgeschwindigkeit
 Elektronen-, 93, 166, 490
 Ionen-, 95, 136, 168, 321, 333
 Schallwelle, 136, 484
 Scher-Alfvén-Welle, 138
 Scherrate, 505
 Scherströmung, 443, 505, 534
 Schicht, 318
 schichtbestimmter Bereich, 540
 Schichtdicke, 326
 Schichtgrenze, 318
 schnelle Alfvén-Welle, 138
 schnelle X-Welle, 186
 Schockwelle, 199
 Schwerpunktsystem, 262
 Scrape-off Layer, *siehe* Abschälsschicht
 Screw-Pinch, 78, 122, 345, 403
 s - α -Diagramm, 405
 Seeliger-Regel, 309
 Sekundärelektronenemission, 311
 Selbstfokussierung, 205
 Separatrix, 364, 372, 512
 Shafranov-Verschiebung, 394, 405
 Sheath connected, 540
 Sicherheitsfaktor, 365
 Skalierungsgesetze, 499
 Skintiefe, *siehe* Eindringtiefe
 S-Kurve, 508
 SMART-1-Raumsonde, 111
 SMT, *siehe* einfach magnetisierter Torus
 Snowflake-Divertor, 521
 SOL, *siehe* Abschälsschicht
 solare Flares, 71
 Soliton, 198ff
 Sonne, 4, 69
 Strahlungstemperatur, 4
 Sonnenkorona, 4
 Sonnenwind, 71
 S-Parameter, 535
 sphärischer Tokamak, 406
 Spheratron, 379
 Spiegel, *siehe* magnetischer Spiegel
 Spiegelmaschine, 348
 Einfangsbedingung, 412
 Feldlinien, 380
 Spiegelverhältnis, 31, 381
 Spikulen, 4
 Spitzer-Leitfähigkeit, 290
 Spulensteigungswinkel, 389
 Sq-Ströme, 107
 Stabilitätsgebiete, 405
 Stabilitätstheorie, 126
 Steigungswinkel einer Feldlinie, 366
 Stellarator, 119, 345ff, 382
 C-, 350
 Figure-8-, 346, 387
 Heliac-, 388

- Stellarator (*Fort.*)
 klassischer, 346, 424
 linearer, 384
 Optimierung, 385
 quasi-axisymmetrischer, 385
 TJ-II, 388
 Wendelstein 7-X, 348, 422
- Stirling-Formel, 232
- stochastische Heizung, 340
- Störungstheorie, 202
- Stoßfrequenz, 105, 161, 283
 senkrechte, 290
- Stoßparameter, 263
- Stoßrate, 305
- Stoßterm
 in linearer Näherung, 288
 Krook'scher, 288
- Stoßwelle, 199
- Stoßzeit, 224, 281
- Strahlstrom, 109
- Strahlungsinstabilität, 408
- Stratosphäre, 101
- Streamer, 476
- Streck-Dreh-Falt-Mechanismus, 70
- Stretch, twist and fold (Streck-Dreh-Falt-Mechanismus), 70
- Streuung, 221, 264
- Streuung, 261ff
 Kleinwinkel-, 267
 Rutherford-, 264
- Strom, 289
 -dichte, 55
 Bootstrap-, 386, 402, 422
 Hall-, 58, 67
 Pfirsch-Schlüter-, 346, 394, 436
 Polarisations-, 90
- Stromfilament, 71
- stromgetriebene Instabilität, 399
- Stromtrieb, 256
- Strömungsfunktion, 464, 490
- Strömungsgeschwindigkeit, 50, 237
- Strömungsinstabilität, 113
- südatlantische Anomalie, 44
- Super-X-Divertor, 521
- Superbananenbahnen, 426
- Suydam-Kriterium, 403
- Sweet-Parker-Rekonnektion, 70
- T**
- Tachokline, 495
- Tearing-Mode, 374, 402ff, 408
- Teilcheneinschlusszeit, 497
- Teilchenfluss, 237
- Teilchen-Pinch, 502
- Teilchen-Recycling, 497
- TEM (Trapped electron mode), 477
- Temperatur, 50
- Temperaturabfalllänge, 517
- Testteilchen, 268
- TFTR, 350
- thermionische Entladung, 302
- thermische Energiedichte, 460
- thermische Geschwindigkeit, 214
- thermische Leitfähigkeit, 292
 parallele, 293
- Thermodiffusion, 292, 502
- Thermosphäre, 101
- TJ-II, 388
- Tokamak, 82, 118, 119, 349, 378
 linearer, 366
- Tornado, 464
- toroidale Resonanz, 427, 437, 438, 450
- toroidale Rotation, 449
- toroidaler Pinch, 42, 345
- Torsatron, 346
 Magnetfeldkonturen, 423
- torsionale Alfvén-Welle, 138
- Townsend-Entladung, 311, 314
- Townsend-Koeffizient, 306
- Trägheitsbereich, 539
- Transitzeit, 415
 mit radialem E -Feld, 437
- Transport, 429–508
 ambipolarer, 433
 anomaler, 429
 im $1/\nu$ -Gebiet, 441, 450
 im ν -Gebiet, 442
 klassischer, 429, 430ff
 neoklassischer, 429, 438ff, 445
 Pfirsch-Schlüter-, 433–438
 Plateau-Gebiet, 440
 turbulenter, 429, 455, 467–479
- Transportbarriere, 495, 496, 504, 534
- Transportkoeffizienten, 285
- transversale Alfvén-Welle, 134, 137, 139, 181, 483
- Trapped electron mode, 477

- Tripelprodukt, 357, 393
 Trivelpiece-Gould-Mode, 179
 Troposphäre, 100
 Troyon-Grenze, 406
 T3-Tokamak, 350
 turbulente Kaskade
 direkte, 462
 duale, 466
 inverse, 466, 496
 turbulenter Transport, 429, 455, 466–479
 Turbulenz, 195, 456ff
 Driftwellen-, 490–497
 elektronentemperaturgradientgetr., 456
 ionentemperaturgradientgetr., 456
- U**
- Umlauffrequenz, 414
 ungünstige Krümmung, 118, 382, 403, 538
 untere Hybridwelle, 175, 184, 186, 251
 Upper Hybrid Wave, *siehe* obere Hybridwelle
- V**
- Van-Allen-Strahlungsgürtel, 3, 46
 Vektorpotential, 368, 487, 552
 verallgemeinerte Polarisationsdrift, *siehe*
 Polarisationsdrift
 Verbindungslänge, 514
 Verscherung, 366, 373, 476
 Verschiebungsstrom, 61, 150
 Verunreinigungen, 357
 viskose Heizung, 242
 Viskosität
 kinematische, 63, 96
 magnetische, 63
 neoklassische, 443
 Viskositätstensor, 240, 245
 Vlasov-Gleichung, 220, 247
 VMEC, 396
 Vorschicht, 321
 Vortex stretching, *siehe* Wirbelstreckung
 Vortizität, 63, 70, 460, 464, 483
 Vortizitätsgleichung, 463, 482
- W**
- ω -Dynamo, 69
 W7-X, *siehe* Wendelstein 7-X, 385
 Wärmeleitkoeffizient, 285, 498, 516
 paralleler, 294
 Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung, 503, 537
 Wakefield-Beschleuniger, 204
 Wandmoden, 398
 Ware-Pinch, 422, 448
 Wärmeflussdichte, 242
 Wechselstrom-Leitfähigkeit, 161
 weiße Zwergsterne, 4
 Wellen, 146
 Bohm-Gross-, 166, 249
 elektromagnetische, 150
 elektrostatische, 150
 elliptisch polarisierte, 148
 -frequenz, 146
 Gruppengeschwindigkeit, 147
 -länge, 146
 longitudinale Alfvén-, 137
 Periodendauer von, 146
 Phasengeschwindigkeit, 146
 Schall-, 136
 transversale Alfvén-, 134
 -vektor, 146
 Wellenaufsteilung, 200, 459
 Wellenbrechung, 459
 Wellengleichung, 150
 im unmagnetisierten kalten Plasma, 153
 Wellenheizung, 165
 Welligkeit des Magnetfeldes, 424
 Wendelstein 7-AS, 347
 Wendelstein 7-X, 348, 422
 Whistler-Welle, 178
 Wiener-Khintchine-Theorem, 471
 Wirbelstärke, *siehe* Vortizität
 Wirbelvektor, 460
 Wirkungsquerschnitt
 differenzieller, 265
 Neutralteilchen-, 105
 Rutherford-, 266
 Wirkungsvariablen, 37
 Würstchen-Instabilität, 121
- X**
- X-B-Konversion, 192
 X-Punkt, 372, 379
 einer magnetischen Insel,
 372
 X-Punkt-Divertor, 520

X-Welle, 182
 langsame, 186
 schnelle, 185
X1-Welle, 255
X2-Welle, 255

Z

Z_{eff} , 357
Zirkularpolarisierte Welle, 149
Zirkulation, 459, 464
Zonalströmung, 495f

z-Pinch, *siehe* Pinch, linearer
Zündbedingung, 357
Zustandsgleichung, 54
 isotherme, 54
 linearisierte, 151
Zweiflüssigkeitsgleichungen, 506
Zweipunktmodell, 524
 Gültigkeit, 528
Zweistrom-Instabilität, 206
 Anwachsrate, 208
Zyklotronresonanzheizung, 251