

Anhang: Physikalische Konstanten, Umrechnungsfaktoren

Wichtige Konstanten

Größe	Darstellung	Zahlenwert
Plancksches Wirkungsquantum	\hbar	$1.054572 \times 10^{-27} \text{erg s} = 1.054572 \times 10^{-34} \text{J s}$ $6.582122 \times 10^{-16} \text{eV s}$
	$\hbar c$	197.32 MeV fm
Vakuum-Lichtgeschwindigkeit	c	$2.997925 \times 10^{10} \text{cm s}^{-1}$
Atomare Masseneinheit	1 amu	$1.660540 \times 10^{-24} \text{g} \implies 931.5 \text{MeV}$
Elektron: Ruhemasse	m_e	$9.109389 \times 10^{-28} \text{g} = 5.485799 \times 10^{-4} \text{amu}$
Elektron: Ruheenergie	$m_e c^2$	0.510999 MeV
Elektron: Compton-Wellenlänge	$\hbar/m_e c$	$3.861593 \times 10^{-11} \text{cm}$
Proton: Ruhemasse	m_p	$1.672623 \times 10^{-24} \text{g}$
Proton: Ruheenergie	$m_p c^2$	938.27 MeV
Massenverhältnis Proton-Elektron	m_p/m_e	1836.15
Feinstrukturkonstante	$\alpha = e_0^2/\hbar c$	1/137.035989
Bohrsches Magneton	$\mu_B = e_0 \hbar/2m_e c$	$9.274015 \times 10^{-21} \text{erg Gauss}^{-1}$
Boltzmann-Konstante	k_B	$1.380658 \times 10^{-16} \text{erg K}^{-1}$ $1.380658 \times 10^{-23} \text{J K}^{-1}$
Gaskonstante	R	$8.314510 \times 10^7 \text{erg mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ $8.314510 \times 10^3 \text{J kmol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Loschmidtsche (Avogadro) Zahl	L	$6.0221367 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$
Normaldruck (Atmosphärendruck)	P_0	$1.01325 \times 10^6 \text{dyn cm}^{-2} = 1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$
Strahlungskonstante	$\sigma = \pi^2 k_B^4/60c^2 \hbar^3$	$5.67051 \times 10^{-5} \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{K}^{-4}$ $5.67051 \times 10^{-8} \text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Gravitationskonstante	G	$6.67259 \times 10^{-8} \text{dyn cm}^2 \text{g}^{-2}$ $6.67259 \times 10^{-11} \text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Sonnenmasse	M_\odot	$1.9891 \times 10^{33} \text{g}$

Umrechnungsfaktoren

Größe	Umrechnung
1 eV	$1.60219 \times 10^{-19} \text{J} \implies 11605 \text{K}$
1 eV	$\implies 2.4180 \times 10^{14} \text{Hz} \implies 1.2399 \times 10^{-4} \text{cm}$
1 N	$1 \text{kg m s}^{-2} = 10^5 \text{dyn} = 10^5 \text{g cm s}^{-2} = 0.10197 \text{kp}$
1 J	$1 \text{N m} = 10^7 \text{erg} = 10^7 \text{cm dyn}$
1 K	$\implies 0.86171 \times 10^{-4} \text{eV}$
1 bar	$10^6 \text{dyn cm}^{-2} = 10^5 \text{N m}^{-2} = 10^5 \text{Pa}$
1 Torr	$1.33 \times 10^{-3} \text{bar}$
1 atm	$1 \text{kp cm}^{-2} = 0.980655 \text{bar}$
1 Watt	$1 \text{J s}^{-1} = 10^{-7} \text{erg s}^{-1}$

Literaturverzeichnis

- [A⁺95] ANDERSON, M. H. et al.: *Observation of Bose-Einstein Condensation in a Dilute Atomic Vapor*. Science 269 (1995) 198, 1995.
- [B⁺92] BOGGESESS, N. W. et al.: *The COBE-Mission: Its Design and Performance Two Years after the Launch*. Astrophysical Journal 397 (2) (1992) 420, 1992.
- [Bec66] BECKER, R.: *Theorie der Wärme*. Springer Verlag, Berlin, 1966.
- [Blo05] BLOCH, I.: *Ultracold Quantum Gases in Optical Lattices*. Nature Physics, Vol.1, October 2005, p.23, 2005.
- [Blo08] BLOCH, I., DALIBARD, J., ZWARGER, W.: *Many Body Physics with Ultracold Gases*. Rev. Mod. Phys. 80 (2008) 885, 2008.
- [Bre89] BREINIG, W.: *Statistical Theory of Heat (Non-Equilibrium)*. Springer Verlag, Berlin, 1. Auflage, 1989.
- [Bre92] BREINIG, W.: *Statistische Theorie der Wärme*. Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, 1992.
- [Coh77] COHEN-TANNOUJDI, C., DIU, B., LALOË, F.: *Quantum Mechanics, Vol. II*. John-Wiley, New York, 3. Auflage, 1977.
- [D⁺95] DAVIS, K. B. et al.: *Bose-Einstein Condensation in a Gas of Sodium Atoms*. Phys.Rev. Lett. 75 (1995) 3969, 1995.
- [Fli96] FLIESSBACH, T.: *Mechanik*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2. Auflage, 1996.
- [Fli99] FLIESSBACH, T.: *Statistische Physik*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 3. Auflage, 1999.
- [Gri] GRIMM, E.: *Revolution in der ultrakalten Quantenwelt*. Phys. Blätter, August 2005, p.20.
- [Hua87] HUANG, K.: *Statistical Mechanics*. Wiley & Sons, New York, 2. Auflage, 1987.
- [K⁺05] KÖHL, M. et al.: *Superfluid to Mott Insulator transition in one, two and three dimensions*. Journ. Low Temp. Phys. 138 (2005) 635, 2005.
- [K⁺10] KNOOP, S. et al.: *Magnetically Controlled Exchange Process in an Ultracold Atom-Dimer Mixture*. Phys. Rev. Lett, 104, (2010), 053201, 2010.
- [Kit56] KITTEL, C.: *Introduction to Solid State Physics*. John Wiley and Sons, New York, 2. Auflage, 1956.
- [Lan87] LANDAU, L. D., LIFSCHITZ, E. M.: *Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band V, Statistische Physik*. Akademie Verlag, Berlin, 7. Auflage, 1987.
- [Lid08] LIDDLE, A.: *Einführung in die Kosmologie*. Wiley-VCH, Berlin, 2 Auflage, 2008.
- [Man89] MANDL, F.: *Statistical Physics*. John Wiley & Sons, New York, 2. Auflage, 1989.
- [NAS09] NASA, WMAP: *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe: Seven year release*. <http://map.gsfc.nasa.gov>, 2009.
- [Nol05] NOLTING, W.: *Grundkurs Theoretische Physik 4: Spezielle Relativitätstheorie, Thermodynamik*. Springer-Verlag, Berlin, 6. Auflage, 2005.

- [Nol07] NOLTING, W.: *Grundkurs Theoretische Physik 6: Statistische Physik*. Springer-Verlag, Berlin, 6. Auflage, 2007.
- [Pat72] PATHRIA, R.K.: *Statistical Mechanics*. Pergamon Press, Oxford, 1. Auflage, 1972.
- [Pen65] PENZIAS, A.A., WILSON, R.W.: *A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s*. *Astroph. Journal*. 142 (1965) 419, 1965.
- [Rei87] REIF, F.: *Statistische Physik und Theorie der Wärme*. de Gruyter-Verlag, Berlin, 2. Auflage, 1987.
- [Röm94] RÖMER, H., FILK, TH.: *Statistische Mechanik*. Wiley-VCH, New York, 1. Auflage, 1994.
- [Ryd03] RYDEN, B.: *Introduction to Cosmology*. Addison Wesley, New York, 1 Auflage, 2003.
- [Sch05] SCHULZ, H.: *Statistische Physik*. Harri Deutsch Verlag, Frankfurt, 1. Auflage, 2005.
- [Sch06] SCHWABL, F.: *Statistische Mechanik*. Springer-Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2006.
- [Sch08] SCHECK, F.: *Statistische Theorie der Wärme*. Springer Verlag, Berlin, 1. Auflage, 2008.
- [Sen01] SENGSTOCK, K., ERTMER, W., LEWENSTEIN, M.: *Physik mit Bose-Einstein Kondensaten*. *Phys. Blätter*, März 2001, p.33, 2001.
- [Wol02] WOLSCHIN, G.: *Wie ein Quantensee erstarbt*. *Spektrum der Wissenschaft*, 2002, Vol.5, p.12, 2002.
- [Z⁺05] ZWIERLEIN, M. W. et al.: *Vortices and Superfluidity in a strongly interacting Fermi Gas*. *Nature* 435 (2005) 1047, 2005.

Sachverzeichnis

- Äquipartitionstheorem, *siehe* Gleichverteilungssatz
äußere Parameter, 8, 21
- Abwärme, 73
adiabatische Entmagnetisierung, 158
adiabatische Kühlung, 102
Arbeit, 16, 17, 21
Avogadro-Zahl, 108
- Baryonenzahldichte, 226
BEC, *siehe* Bose-Einstein-Kondensation
BEC-BCS-crossover, 252
Besetzungswahrscheinlichkeit, 7, 16, 171
Besetzungszahl, 7, 8, 16, 20, 159
 Bose-Einstein-Statistik, 199
 Fermi-Dirac-Statistik, 199
 mittlere
 Bosonen, 203
 Fermionen, 205
- Beta, 29
Boltzmann
 -Faktor, 138, 141
 Entropie, 28
 Konstante, 29, 108
Boltzmann-Gleichung, 282
Bose-Einstein-Kondensation, 238
 Besetzungszahl $N_0(T)$, 243
 chemisches Potenzial, 239
 Grenzfälle, 239
 DeBroglie-Wellenlänge, 242
 Druck des Kondensats, 246
 Energie des Kondensats, 245
 Experimente, *siehe* ultrakalte Quantengase
 Kondensat, 244
 kritische Temperatur, 241, 242
 Riemannsches Zeta-Funktion, 242
 spezifische Wärme, 246
 thermische Wellenlänge, 240, 242
Bose-Einstein-Statistik, 198
- Besetzungszahl, 199
Bose-Einstein-Kondensation, *siehe* Bose-Einstein-Kondensation
chemisches Potenzial, 203
großkanonisches Potenzial, 203
mittlere Besetzungszahl, 203
mittlere Teilchenzahl, 203
Phononen, *siehe* Phononen-Statistik
Photonen, *siehe* Photonen-Statistik
Verteilungsfunktion, 203
Zustandssumme, 199, 202
- Brownsche Bewegung, 295, 308
fluktuierende Kraft, 296
- Carnotmaschine, 63
 ideales Gas, 65
 maximaler Wirkungsgrad, 66
Chandrasekhar-Grenzmasse, 266
Chatelier, Prinzip, 87, 132
chemisches Potenzial, 41, 120
 Ableitung aus thermodynamischen Potenzialen, 121
 Gibbssches Potenzial pro Teilchen, 123
 Gleichgewichtsbedingung, 125
 Phononen, 208
 Photonen, 207
Clausius-Clapeyron-Gl., 106, 107
COBE-Mission, 219
- DeBroglie-Wellenlänge, 4, 179, 180
Debye-Modell, *siehe* Gitterschwingungen
Differential, 17–19
 integrierender Faktor, 18
 thermodynamische Potenziale, 90
 unvollständiges, 16, 17
 vollständiges, 16, 17, 75, 91
Diffusion, 284
 Diffusionsgleichung, 284
 Diffusionskonstante, 284, 300
 quadratische Verbreiterung, 284

- Dissipations-Fluktuations-Relation, 300
- Duhem-Gibbs-Relation, *siehe* Gibbs-Duhem-Relation
- dynamische Kernpolarisation, 293
- Einstein-Relation, 300
- Einsteintemperatur, *siehe* Wärmekapazität
- Einteilchenzustand, 5, 6, 42
 - zulässiger, 8
- elektrische Leitfähigkeit, 283
- Energie
 - dunkle, 219
- Ensemble, 7
 - Äquivalenz der Ensembles, 135, 162, 164
 - Ensemblemittel, 7
 - großkanonisches, 165, 178
 - kanonisches, 178
 - mikrokanonisches, 10, 135, 178
 - Mittelwert, 7
 - Schärfe der Verteilung, 135
 - Vergleich der Ensembles, 170
 - Zeitmittel, 8
 - Zusammenfassung der Ensembles, 170
- entartetes Fermigas, *siehe* Leitungselektronen
- Enthalpie, 52, 89
- Entropie, 26, 30
 - Additivität, 30
 - Eigenschaften, 30
 - Gibbssche Formel, 173
 - großkanonische, 167
 - Information, 30
 - kanonische, 156
 - Maß für Unordnung, 30
 - maximale, 29, 139, 174
 - Messprozess, 37
 - mikrokanonische, 28
 - quasistatischer Prozess, 33, 37
 - Satz von Clausius, 54
 - Satz von Kelvin, 56
 - Unordnung, 34
- Explosion, 68
- Extremalprinzipien, 174, 175, 177
- Fermi-Dirac-Statistik, 199
 - Besetzungszahl, 199
 - chemisches Potenzial, 206
 - großkanonisches Potenzial, 205
 - mittlere Besetzungszahl, 205
 - mittlere Teilchenzahl, 205
 - Verteilungsfunktion, 205
 - Zustandssumme, 199, 205
- Fermidruck, 206, 253
 - Inkompressibilität der Materie, 260
 - Leitungselektronen, *siehe* Leitungselektronen
 - Neutronenstern, 268
 - Weißer Zwerg, 263
- Fermifunktion, 205, 254
 - Breite, 254
- Ferromagnetismus, 269
 - Austauschwechselwirkung, 269
 - Curie-Temperatur, 273, 274
 - Curie-Weiss-Gesetz, 274
 - Dipol-Dipol-Wechselwirkung, 269
 - kritische Temperatur, 275
 - magnetische Suszeptibilität, 274, 275
 - Magnetisierung, 271, 274
 - mittleres magnetisches Moment, 271, 274
 - Molekularfeldnäherung, 270
 - Sättigung, 273
 - Selbstkonsistenzbedingung, 271, 274
 - Spinwellen, 276
 - spontane Magnetisierung, 273
 - spontane Symmetriebrechung, 275
 - Weiss'sche Bezirke, 275
- Fluktuationen
 - Brownsche Bewegung, *siehe* Brownsche Bewegung
 - homogenes System
 - bei festem T , 87
 - bei festem V , 86
- Freie Energie, 82
 - Abnahme $\Delta F \leq 0$, 82
 - festes T , 82
 - Minimum bei gegebenem T , 83, 175
- Freie Enthalpie, *siehe* Gibbssche Energie
- Fugazität, 167, 187
- generalisierte Kraft, 19, 21, 42
 - Druck, 22
 - großkanonisch, 167
 - kanonisch, 155
 - makroskopisch, 37
 - mikroskopisch, 21
- Gesetz der großen Zahl, 303, 305, 310
- Gibbs-Duhem-Relation, 121, 122

- differentielle, 122, 123
 - homogene Funktion, 122
 - Skalierung, 122
- Gibbssche Energie, 83, 103
 - Abnahme $\Delta G_A \leq 0$, 85
 - festes T und P , 84
 - Minimum bei Gleichgewicht, 85
- Gibbsscher Faktor, 4, 14, 179, 183, 197
 - Maxwell-Boltzmann-Statistik, 210
- Gibbssches Paradoxon, 182
- Gitterschwingungen, 232
 - Debye- T^3 -Gesetz, 238
 - Debye-Approximation, 235
 - Debye-Frequenz, 236
 - Debye-Temperatur, 237, 238
 - Dulong-Petitsches Gesetz, 235
 - Modendichte $\sigma(\omega)$, 234
 - Normalschwingungen, 232
 - Phononen, 232
 - spezifische Wärme, 234, 238
 - Wärmekapazität, 234, 238
 - Zustandssumme, 234
- Gleichgewicht, 9, 10, 19, 20
 - Bedingungen, 38, 39, 41
 - bei Federkraft, 41
 - chemisches, 125
 - detailliertes, 281
 - maximales $\Omega(y)$, 24
 - maximales $S(y)$, 29, 30
 - minimales $F(y)$, 83
 - minimales $G(y)$, 85
 - Phasen bei festem T und P , 104
 - Phasen im abgeschlossenen System, 124, 125
 - Postulat gleicher P_r , 20, 280, 282, 289
- Gleichungen TdS , 75
- Gleichungen: $\vec{d}Q$, 51
- Gleichverteilungssatz, 146
 - ideales Gas, 31
 - mittlere kinetische Energie, 148
 - quadratische Terme in Hamiltonfunktion, 148
 - Virialtheorem, 149
- großkanonische Zustandssumme, 167, 201
 - Dichteoperator, 170, 173
 - Entropie, 167, 173
 - Fugazität, 187
 - generalisierte Kraft, 167
 - großkanonisches Potenzial, 177
 - ideales Gas, 186
 - chemisches Potenzial, 187
 - Entropie, 188
 - großkanonisches Potenzial, 187
 - mittlere Teilchenzahl, 187
 - mittlerer Druck, 187
 - Zustandsgleichung, 187
 - ideales Quantengas, 201
 - mittlere Energie, 167
 - mittlere Teilchenzahl, 167
 - statistischer Operator, 170, 173
 - großkanonisches Ensemble, 135, 165
 - chemisches Potenzial μ , 166
 - großkanonische Verteilung
 - maximale Entropie, 174
 - großkanonisches Potenzial, 168
 - Differential, 169
 - Entropie, 168
 - ideales Gas, 187
 - mittlere Teilchenzahl, 168
 - mittlerer Druck, 168, 188
 - Mittelwerte, 166
 - Temperatur, 166
 - Wahrscheinlichkeitsverteilung, 165
- H-Theorem, 281
 - Entropie, 281
 - zweiter Hauptsatz, 281
- harmonischer Oszillator, *siehe* kanonische Zustandssumme
- Hauptsatz der Thermodynamik
 - dritter, 34, 42, 45, 99, 158
 - erster, 16, 21, 41, 42, 45, 63, 221
 - zweiter, 33, 42, 45, 53, 63
 - H-Theorem, 281
- Heizen, 72
 - direktes, 73
 - indirektes, 73
- Helmholtzsche freie Energie, *siehe* Freie Energie
- Hertsprung-Russell-Diagramm, 260
- Hohlraumstrahlung, *siehe* Wärmestrahlung
- ideales Gas, 12
 - Adiabatengleichung, 60
 - chemisches Potenzial, 187
 - Druck, 22
 - Energiefluktuation, 181
 - Entropie, 31, 181, 188

- freie adiabatische Expansion, 53, 58
- Gemisch
 - Freie Energie, 186
- großkanonische Zustandssumme, 186
- kanonische Zustandssumme, 180
 - C_V , 181
- mikrokanonische Zustandssumme, 12, 31
- Mikrozustand, 22
- mittlere Energie, 22, 181
- mittlerer Druck, 180, 187
- nichtrelativistisch, 184
- relativistisch, 184
- reversible adiabatische Expansion, 59
- reversible isotherme Expansion, 57
- spezifische Wärmen, 52
- Zustandsgleichung, 31, 43, 180, 187
- ideales Quantengas, 197
 - Bosonen, *siehe* Bose-Einstein-Statistik
 - Druck, 210, 211
 - Fermionen, *siehe* Fermi-Dirac-Statistik
 - Phononen, *siehe* Phononen-Statistik
 - Photonen, *siehe* Photonen-Statistik
 - Zustandssumme, 201
- identische Teilchen, 4, 179
 - Bosonen, 198
 - Fermionen, 198
 - ganzzahliger Spin, 198
 - halbzahliger Spin, 198
- Inkompressibilität der Materie, *siehe* Leitungselektronen, Fermidruck

- Jacobi-Determinante, 76
 - Kettenregel, 76
 - zyklische Vertauschung, 77
- Jacobi-Identität, 37, 77

- Kühlmaschine, 70, 75
 - Wirkungsgrad, 70
- kanonische Verteilung, 287
 - bei gegebenem T , 176
- kanonische Zustandssumme, 151
 - Dichteoperator, 170, 172
 - Mittelwert, 171
 - Entropie, 156, 173
 - Freie Energie, 156, 177
 - Differential, 157
 - generalisierte Kraft, 155
 - harmonischer Oszillator, 189
 - Grenzfälle, 190
- ideales Gas, 180
 - C_V , 181
 - Energiefluktuation, 181
 - Entropie, 181
 - mittlere Energie, 181
 - mittlerer Druck, 180
 - nicht-relativistisch, 184
 - relativistisch, 184
 - Zustandsgleichung, 180
- mittlere Energie, 152
 - relatives Schwankungsquadrat, 154, 181
 - Schwankungsquadrat, 153
- mittlerer Druck, 155
- natürliche Variablen, 152
- statistischer Operator, 170, 172
- Zustandsgleichung, 155
- kanonisches Ensemble, 135, 137
 - Äquipartitionstheorem, *siehe* Gleichverteilungssatz
 - Bezug zum mikrokanonischen Ensemble, 161
 - Boltzmann-Faktor, 138, 141
 - Gleichverteilungssatz, *siehe* Gleichverteilungssatz
 - kanonische Verteilung
 - bei gegebenem \bar{E} , 141
 - bei gegebenem T , 141
 - maximale Entropie, 174
 - makroskopisches Untersystem, 141
 - Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung, 143
 - mikroskopisches Untersystem, 137
 - Paramagnetismus, 139, 192
 - Wärmereservoir, 138
 - Wahrscheinlichkeitsverteilung, 137, 138
 - Zustandssumme, *siehe* kanonische Zustandssumme
- Kelvin, 29, 108
- klassische Näherung, 4
 - Gültigkeit, 197, 209
 - Gibbsscher Faktor, 210
 - Maxwell-Boltzmann-Statistik, 209
- klassisches thermodynamisches System
 - Adiabate, 44
 - adiabatischer Prozess, 44
 - Arbeit, 44, 81, 84

- Entropie, 45, 50
- extensive Zustandsgrößen, 45
- generalisierte Kraft, 48
- Gleichgewicht, 43
- Hauptsätze, 45
- innere Energie, 46, 47, 81
- intensive Zustandsgrößen, 45
- Isentrope, 44
- Isotherme, 44
- Postulate, 43
- reversibler Prozess, 45
- spezifische Wärme, 44, 49
- Temperatur, 48
- Wärme, 44
- Wärmekapazität, 44, 48
- Wärmespeicher, 44
- Zustandsänderung, 44
- Zustandsgleichung, 43
- Zustandsgrößen, 43
- Kompressibilität
 - adiabatische, 76
 - isotherme, 76
 - Positivität, 88
 - reales Gas, 111
- Kreisprozess, 74
 - Satz von Clausius, 54
- kritische Opaleszenz, 112
- Langevin-Gleichung, 297
- latente Wärme, 106
- Leitungselektronen, 252
 - chemisches Potenzial, 257
 - Energie, 256
 - Fermi-Energie, 253, 258
 - Fermidruck, 253, 259, 260
 - Fermifunktion, 254
 - Breite, 254
 - spezifische Wärme, 253, 258, 259
 - im Gitter, 259
- limes $T \rightarrow 0$
 - $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \rightarrow 0$, 100
 - $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \rightarrow 0$, 100
 - thermischer Expansionskoeffizient, 100
 - Unerreichbarkeit von $T = 0$, 101, 103
 - Wärmekapazität reversibler Weg, 99
- Loschmidtsche Zahl, 108
- magnetische Resonanz, 289
- Makrozustand, 7–9, 15, 135
- Massenwirkungsgesetz, 125, 127
 - chemisches Gleichgewicht, 126
 - Freie Standardenergie, 127
 - ideales Gas, 129, 130
 - Freie Energie, 186
 - Massenwirkungskonstante, 130
 - Massenwirkungskonstante, 127, 128
 - Partialdruck, 130
- Mastergleichung, 280
- Materie
 - baryonische, 219, 226
 - dunkle, 219
- Maxwell-Boltzmann-Statistik, 208
 - Gibbsscher Faktor, 210
 - Grenzfall der Quantenstatistik, 209
 - mittlere Besetzungszahl, 209, 210
 - Zustandssumme, 200, 209, 210
- Maxwell-Relationen, 91
 - inverse Form, 91
- Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung, 143, 283
 - mittlere Geschwindigkeit, 144
 - mittlere quadratische Geschwindigkeit, 145
 - wahrscheinlichste Geschwindigkeit, 145
- Messung
 - Entropie, 50
 - generalisierte Kraft, 48
 - innere Energie, 46
 - Temperatur, 48
 - Wärme, 47
- mikrokanonische Zustandssumme, 11, 14, 27, 42, 172
 - Abhängigkeit von E , 15
 - Abhängigkeit von V , 15
 - Dichtepoperator, 170, 172
 - Entropie, 155, 173
 - ideales Gas, 12
 - mittlere Energie, 12
 - statistischer Operator, 170, 172
- mikrokanonisches Ensemble, 10, 20, 42
 - Besetzungszahl, 42
 - Bezug zum kanonischen Ensemble, 161
 - Entropie, 28, 42
 - Gleichgewicht, 9, 42, 280
 - maximale Entropie, 174

- mittlere Energie, 20
- Temperatur, 29
- Wahrscheinlichkeitsverteilung, 11
- Zustandssumme, *siehe* mikrokanonische Zustandssumme
- Mikrowellenhintergrundstrahlung, 219
 - andere Energiedichten, 219
 - Energiedichte, 219
 - Entkopplung, 226
 - Expansion des Universums, 220
 - $T(t) \propto 1/a(t)$, 221
 - Energiedichte $\propto a(t)^{-4}$, 221, 222
 - Photonendichte, 221
 - Skalenparameter, 221
 - Fluktuationen, 219
 - mittlere Baryonenzahl, 223
 - mittlere Energie, 219
 - mittlere Photonenzahl, 222
 - Saha-Gleichung, 225
 - Temperatur, 219
 - Temperaturabhängigkeit, 226
 - Ursprung, 223
 - Wellenlänge, 219
- Mikrozustand, 5–9, 11, 20, 42, 135
 - anti-symmetrisch, 198
 - Bosonen, 198
 - Fermionen, 198
 - Slater-Determinante, 198
 - symmetrisch, 198
 - zulässiger, 8–10, 23
 - Zwangsbedingung, 23
- Mischungsentropie, 182, 183
- mittlere Energie, 16
 - kanonische, 152
 - relatives Schwankungsquadrat, 154
 - Schwankungsquadrat, 153
 - mikrokanonische, 12, 20
- mittlere freie Weglänge, 283
- mittlere Stoßzeit, 283
- Mol, 43
- Nernstsches Theorem, *siehe* Hauptsatz der Thermodynamik, dritter
- Neutronenstern, 267
 - Fermidruck, 269
 - Masse, 267
 - Radius, 267, 268
 - Temperatur, 267
- Neutronenzerfall, 228
- Normalverteilung, 308
- Osmose, 193
- Overhauser-Effekt, 295
- Paramagnetismus, 139, 192
 - adiabatische Entmagnetisierung, 158, 159
 - Besetzungszahl, 159
 - Brillouin-Funktion, 192
 - Curie-Gesetz, 141, 192
 - Grenzfälle, 140
 - magnetische Suszeptibilität, 192
 - mittleres magnetisches Moment, 140, 192
 - Sättigung, 141, 192
- Pauliprinzip, 199, 269
- Phasenübergang, 103
 - Übergangstemperatur, 105
 - Anomalie des Wassers, 108
 - Clausius-Clapeyron-Gl., 106, 107
 - Dampfdruck, 105
 - fest \rightarrow flüssig, 109
 - flüssig \rightarrow fest, 108
 - flüssig \rightarrow gasförmig, 109
 - Dampfdruckformel, 109
 - Gleichgewichtsbedingung, 104
 - kritischer Punkt, 107, 109
 - latente Wärme, 105, 106
 - Phasengleichgewichtslinie, 105, 106
 - Tripelpunkt, 108, 109
 - Kelvin, 108
 - van der Waals-Gas, *siehe* Phasenübergang im realen Gas
 - Wasser \leftrightarrow Dampf
 - Siedepunkt, 110
 - Wasser \leftrightarrow Eis
 - Schmelzpunkt, 110
- Phasenübergang im realen Gas, 110
 - Gibbssche Energie, 113
 - instabile Phasen, 111
 - Isotherme, 110
 - isotherme Kompressibilität, 111
 - kritische Opaleszenz, 112
 - kritische Temperatur, 110
 - kritischer Punkt, 112
 - latente Wärme, 115
 - Berechnung, 118
 - Messung, 118

- Maxwell-Konstruktion, 112, 115
- Ordnung des Übergangs, 116
- Phononen-Statistik, 208
 - chemisches Potenzial, 208
 - mittlere Besetzungszahl, 208
 - Zustandssumme, 208
- Photonen-Statistik, 207
 - chemisches Potenzial, 207
 - Druck, 211, 217
 - Entropie, 217
 - Freie Energie, 217
 - innere Energie, 217
 - kalorische Zustandsgleichung, 217
 - mittlere Besetzungszahl, 207
 - thermische Zustandsgleichung, 217
 - Verteilung, 207
 - Wärmekapazität, 217
 - Zustandssumme, 207
- Plancksches Strahlungsgesetz, *siehe* Wärmestrahlung
- Postulate
 - der gleichen "a priori"-Wahrscheinlichkeiten, 9
 - der Thermodynamik, 43
 - Gleichgewicht, P_r , 9, 20, 280, 289
 - Zeit-Esemble-Mittel, 8
- Prozess, 15, 16
 - adiabatischer, 21
 - Entropie, 33
 - irreversibel, 24, 25, 280, 281
 - quasistatisch, 19–21, 51, 75, 79, 91
 - Entropie, 37
 - reversibel, 24, 41, 64, 99
 - reversible Wärmeübertragung, 66
 - spontan, 9, 24, 33
 - zyklisch, 61
- Prozessgröße, 15
- Random-Walk-Problem, 303, 309
 - Gauß-Verteilung, 308
 - Normalverteilung, 308
 - Standardabweichung, 308
- Reibungskonstante, 283, 285, 297, 298
- Relaxationszeit, 9, 19, 292
- residuelle Wechselwirkung, 6, 7, 9
- Riemannsche Zeta-Funktion, 204, 242
- Rydberg-Konstante, 43, 108
- Sackur-Tetrode-Gleichung, 184
- Saha-Gleichung, 225
- Schwarzkörperstrahlung, *siehe* Wärmestrahlung
- Slater-Determinante, *siehe* Mikrozustand
- spezifische Wärme, *siehe* Wärmekapazität
- spontane Symmetriebrechung, 276
 - chirale Symmetrie, 276
 - Ferromagnetismus, 275
 - Goldstone-Moden, 276
 - nullmoden, 276
- stöchiometrische Koeffizienten, 126, 129
- statistischer Operator
 - Extremalprinzip, 174, 175, 177
- Sternbrennen, 226
- Stirlingsche Formel, 14
- Stokes-Gesetz, 285
- Strahlung des Schwarzen Körpers, *siehe* Wärmestrahlung
- Strahlungskonstante, 219
- System
 - abgeschlossenes, 6, 9, 10
 - Bosonen, *siehe* Bose-Einstein-Statistik
 - Fermionen, *siehe* Fermi-Dirac-Statistik
 - homogenes, 85, 118
 - Stabilitätsbedingungen, 85
 - inhomogenes, 118
 - makroskopisches, 3, 7, 43
 - mehrere chem. Komponenten, 119
 - nicht-abgeschlossenes, 25, 82, 83
 - Phononen, *siehe* Phononen-Statistik
 - Photonen, *siehe* Photonen-Statistik
 - thermodynamisches, 43
- Taylorentwicklung, 14, 32
- Temperatur, 26, 29, 42
 - Beta, 29
 - Energie pro Freiheitsgrad, 30
 - negative, 34
- thermische Wellenlänge, 179, 180, 239, 240
- thermischer Expansionskoeffizient, 76
 - im limes $T \rightarrow 0$, 100
- thermodynamische Information, 90
 - vollständige, 90, 91, 93
- thermodynamischer Limes, 172, 243
- thermodynamisches Potenzial, 89
 - Bestimmung, 90
 - Bestimmung der Zustandsgleichung, 93
 - Bestimmung der Zustandsgleichungen, 90

- Bestimmung des Potentials, 93
- Bestimmung von S und Ω , 90
- chemisches Potential, *siehe* chemisches Potential
- der Energie, 89
- der Enthalpie, 89
- der Freien Energie, 89
- der Gibbssche Energie, 89
- der Gibbsschen Energie, 103
- Differentiale, 90, 121
- generalisiert auf mehrere Komponenten, 120
- großkanonisches Potential, 120
 - Druck, 123
- mehrere chemische Komponenten, 119
- mit chemischem Potential, 120
- natürliche Variablen, 89
- Tripelpunkt, 108
- Übergangswahrscheinlichkeit, 20, 279, 287
- Uhr, 310
- ultrakalte Quantengase, 247
 - Analogon zu Mott-Isolatoren, 250
 - Bose-Einstein-Kondensat, *siehe* Bose-Einstein-Kondensat
 - evaporative Kühlung, 247
 - Feshbach-Resonanz, 251
 - Herstellung des BEC, 247
 - Interferenzen, 248, 251
 - Kondensatwellenfunktion, 249
 - Magnetfalle, 247
 - Materie-Laser, 248
 - optische Gitter, 250
 - Peak in der Atomwolke, 248
 - Solitonen, 249
 - Suprafluid, 251
 - Vortizes, 249
- van der Waals-Gas, 97
 - Adiabatengleichung, 98
 - Entropie, 98
 - freie adiabatische Expansion, 99
 - Wärmekapazität, 98
 - Zustandsgleichung, 97
- van't Hoff'sches Gesetz, 193, 195
- Variable
 - makroskopisch, 3
 - mikroskopisch, 3
 - natürlich, 89
 - unabhängig, 92
 - zufällige, 308
- Vielteilchenzustand, *siehe* Mikrozustand
- Viskosität, 285
- von Neumann-Gleichung, 171
- Wärme, 16, 21
- Wärmeübertragung, 67
 - irreversibel, 66
 - reversibel, 66, 67
- Wärmekapazität, 79
 - $C_P - C_V$, 79
 - Festkörper
 - Einstein-Modell, 190
 - Einsteintemperatur, 191
 - im limes $T \rightarrow 0$, 99
 - Zusammenhang mit
 - adiabatischer Kompressibilität, 81
 - isothermer Kompressibilität, 79
 - Temperatur, 79
 - thermischem Expansionskoeffizienten, 79
 - Volumen, 79
- Wärmekapazität C_P
 - Gleichungen TdS , 76
 - ideales Gas, 52
- Wärmekapazität C_V
 - Gleichungen TdS , 76
 - ideales Gas, 52, 150
 - mehratomiges Molekül, 150
 - Positivität, 86
 - Schwankungsquadrat der Energie, 153
 - van der Waals-Gas, 98
 - zweiatomiges Molekül, 150
- Wärme kraftmaschine, 61, 75
 - Carnotmaschine, *siehe* Carnotmaschine
 - Otto-Motor, 68
 - Wirkungsgrad, 62
- Wärmeleitung, 54, 67, 285
 - Wärmeleitfähigkeit κ , 285
 - Wärmeleitungsgleichung, 285
- Wärmepumpe, 70, 73, 75
 - Wirkungsgrad, 72
- Wärmereservoir, 35, 61, 136
 - Entropieänderung, 36
- Wärmestrahlung, 213
 - Dispersionsgleichung, 213
 - Energiedichte, 214
 - Maximum, 215

- mittlere Energie, 215
 - totale, 218
- mittlere Besetzung, 214
- Photonen-Statistik, *siehe* Photonen-Statistik
- Plancksches Strahlungsgesetz, 214, 217, 218
- Polarisation, 213
- Stefan-Boltzmann-Gesetz, 218
- Strahlungsdruck, 217
- Strahlungskonstante, 219
- Wiens Verschiebungsgesetz, 216
- Zustandsdichte, 214
- Wahrscheinlichkeitsverteilung, 24, 27, 171
 - abgeschlossenes System, 88
 - großkanonisches Ensemble, 165, 166
 - kanonisches Ensemble, 137
 - Maximum, 29
 - mikrokanonisches Ensemble, 11
 - scharfer Peak, 27, 28, 31, 32
 - System mit festem T , 88
 - System mit festem T und P , 89
 - Zufallsvariable, 308, 311
- Weißer Zwerg, 260
 - Chandrasekhar-Grenzmasse, 266
 - Daten, 260
 - Fermi-Energie, 262
 - Fermi-Temperatur, 261
 - Fermidruck, 263
 - Gravitationsselfenergie, 264
 - Masse, 265
 - Radius, 265
- WMAP-Mission, 219
- zeitabhängige Störungstheorie, 279, 286
- Zeitumkehrinvarianz, 3, 280
- zentraler Grenzwertsatz, 308, 311
- Zeta-Funktion, 204
- Zufallsvariable, 308
- Zustandsgleichung, 90
 - Bestimmung aus thermodynamischem Potenzial, 90
 - ideales Gas, 31
 - kalorisch, 90
 - thermisch, 90, 217
 - van der Waals-Gas, 97
- Zustandsgleichung, kalorisch, 217
- Zustandsgröße, 15
- Zustandssumme
 - großkanonisch, *siehe* großkanonische Zustandssumme
 - ideales Quantengas, 201
 - identische Teilchen, 199, 200
 - kanonisch, *siehe* kanonische Zustandssumme
 - mikrokanonisch, *siehe* mikrokanonische Zustandssumme
 - Schärfe der Verteilung, 31, 32