

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung zur Thermodynamik und Statistik	1
2	Grundlagen aus Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik	3
2.1	Wahrscheinlichkeitsbegriff	3
2.2	Bedingte Wahrscheinlichkeit	6
2.3	Bedingte Wahrscheinlichkeiten bei Experimentfolgen	7
2.4	Zufallsvariablen	12
	Aufgaben	15
3	Klassische statistische Mechanik idealer Gase im μ-Raum	19
3.1	Elementare Kinetik idealer Gase im Gleichgewicht	19
3.1.1	Vorbetrachtung und Definitionen	19
3.1.2	Verteilungsfunktion und Maxwell-Verteilung	22
3.1.3	Innere Energie, Temperatur, Druck und ideales Gasgesetz	26
3.1.4	Typische mittlere Geschwindigkeiten und mittlere Stoßzeit	32
3.2	Elementare kinetische Theorie von Transportvorgängen	36
3.2.1	Wärmeleitung	37
3.2.2	Viskosität	40
3.3	Systematische Theorie von Nicht-Gleichgewichtsvorgängen	41
3.3.1	Liouville-Satz im μ -Raum und stoßfreie Boltzmann-Gleichung	42
3.3.2	Definition und Berechnung des Stoßterms	45
3.3.3	Transportgleichung, H -Theorem und Entropie	54
3.3.4	Lokale Maxwell-Verteilungen und thermisches Gleichgewicht	60
3.3.5	Reversibilitätseinwände und Schwankungserscheinungen	65
3.3.6	Entropie und a-priori-Wahrscheinlichkeit	69
3.3.7	Makroskopische Behandlung von Ausgleichsvorgängen	72
3.3.8	Relaxationszeitnäherung	77
3.3.9	Erster und zweiter Hauptsatz für ideale Gase	85
3.3.10	Entropie-Bilanzgleichung und Entropieproduktion	91
	Aufgaben	92
4	Makroskopische Gleichgewichts-Thermodynamik	99
4.1	Gleichgewichtszustände und Zustandsänderungen	99
4.1.1	Zustandsvariablen und Nullter Hauptsatz der Thermodynamik	99
4.1.2	Zustandsgleichungen	101
4.1.3	Zustandsänderungen	103
4.1.4	Materialkoeffizienten einfacher Substanzen	105

4.2	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	106
4.2.1	Arbeit, Wärmemenge und Wärmekapazität	106
4.2.2	Erster Hauptsatz	108
4.2.3	Einfache Folgerungen für Systeme mit zwei Freiheitsgraden . .	112
4.3	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	115
4.3.1	Entropie idealer Gase	115
4.3.2	Carnotscher Kreisprozeß	115
4.3.3	Zweiter Hauptsatz	119
4.3.4	Irreversible Vorgänge in nicht abgeschlossenen Systemen . . .	126
4.3.5	Energiequalität: Exergie und Anergie	129
4.3.6	Energiewandlung und Wirkungsgrade	130
4.3.7	Wirkungsgrad nicht-idealer Carnot-Maschinen	132
4.3.8	Entropieproduktion nicht-idealer Carnot-Maschinen	144
4.3.9	Thermodynamische Temperaturskala	148
4.3.10	Negative Temperaturen	149
4.3.11	Einfache Folgerungen für Systeme mit zwei Freiheitsgraden . .	150
4.4	Dritter Hauptsatz der Thermodynamik	151
4.4.1	Dritter Hauptsatz	151
4.4.2	Folgerungen aus dem dritten Hauptsatz	152
4.5	Formale Struktur und systematische Methoden der Thermodynamik . .	155
4.5.1	Fundamentalgleichung	155
4.5.2	Intensive Zustandsvariablen und Zustandsgleichungen	157
4.5.3	Euler-Gleichung und Gibbs-Duhem-Relation	159
4.5.4	Anwendung auf Systeme mit zwei Freiheitsgraden	161
4.5.5	Maxwell-Relationen	162
4.5.6	Gleichgewichtsbedingungen für abgeschlossene Systeme	164
4.5.7	Stabilitätsbedingungen für Systeme mit zwei Freiheitsgraden . .	169
4.5.8	Thermodynamische Potentiale U , F , H und G	172
4.5.9	Gleichgewichtsbedingungen in nicht-abgeschlossenen Systemen	175
4.6	Spezielle Anwendungen	177
4.6.1	Chemische Reaktionen	177
4.6.2	Thermodynamik mehrphasiger Systeme	180
4.6.3	Phasenübergänge zweiter Art und kritische Phänomene	191
	Aufgaben	192
5	Γ-Raum-Statistik klassischer Systeme	200
5.1	Mechanische und statistische Grundlagen	200
5.1.1	Systembeschreibung im Γ -Raum	200
5.1.2	Liouville-Satz und Poincarésches Rekurrenztheorem	202
5.1.3	Ensembles und Wahrscheinlichkeitsdichte	204
5.1.4	Liouvillesche Evolutionsgleichung	208
5.2	Gleichgewicht und Einstellung des Gleichgewichts	209
5.2.1	Stationäre Ensembledichten	209
5.2.2	Entropiesatz und Einstellung des Gleichgewichts	212
5.3	Statistische Gleichgewichtsensembles	217
5.3.1	Abgeschlossene Systeme und mikrokanonische Gesamtheit . .	217

5.3.2	System im Wärmebad und kanonische Gesamtheit	224
5.3.3	Äquivalenz der mikrokanonischen und kanonischen Verteilung	229
5.3.4	System mit Teilchenaustausch und großkanonische Gesamtheit	230
5.4	Zusammenhang mit dem ersten und zweiten Hauptsatz	237
5.4.1	Arbeitszufuhr bei quasistatischen Prozessen	238
5.4.2	Erster Hauptsatz und quasistatische Wärmezufuhr	239
5.4.3	Zweiter Hauptsatz	240
5.5	Anwendungen der klassischen Statistik	241
5.5.1	Maxwell-Boltzmann-Verteilung idealer Gase	241
5.5.2	Äquipartitionstheorem und Virialsatz	242
5.5.3	Schwankungserscheinungen	244
5.5.4	Gibbssches Paradoxon	249
5.5.5	Mischungen idealer Gase	251
5.5.6	Reale Gase	253
5.6	Entropie und Ordnung	258
5.7	Dritter Hauptsatz und Notwendigkeit einer Quantenstatistik	261
	Aufgaben	262
6	Konfigurationsraum-Statistik von Quantensystemen	268
6.1	Quantenmechanische und statistische Grundlagen	269
6.1.1	Dichtematrix	269
6.1.2	Liouvillesche Evolutionsgleichung der Quantenmechanik	271
6.1.3	Rekurrenztheorem der Quantenmechanik	273
6.1.4	Äquivalenz von Zeit- und Ensemblemittelwerten	275
6.2	Gleichgewicht und Einstellung des Gleichgewichts	277
6.2.1	Stationäre Ensembledichten	277
6.2.2	Eigenschaften reiner und gemischter Gesamtheiten	278
6.2.3	Kleinsche Ungleichung	280
6.2.4	Vergrößerte Dichte und \tilde{H} -Theorem	284
6.3	Statistische Gleichgewichtsensembles	285
6.3.1	Mikrokanonische Gesamtheit	285
6.3.2	Kanonische Gesamtheit	289
6.3.3	Großkanonische Gesamtheit	291
6.3.4	Zusammenhang mit den Hauptsätzen	294
6.4	Anwendungen der Quantenstatistik	295
6.4.1	Harmonischer Oszillator und spezifische Wärme von Festkörpern	295
6.4.2	Großkanonische Parameter β und ζ beim harmonischen Oszillator	297
6.4.3	Ideale Gase	299
6.4.4	Paramagnetismus und Ferromagnetismus	312
	Aufgaben	316
	Sachregister	321
	Symbolverzeichnis	328