

Inhalt

I. Thermodynamik	1
1. Gleichgewicht und Zustandsgrößen	1
Einführung	1
Systeme, Phasen und Zustandsgrößen	3
Das Gleichgewicht und die Temperatur — Der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik	5
Kinetische Theorie des idealen Gases	9
Druck, Arbeit und chemisches Potential	13
Wärme und Wärmekapazität	15
Zustandsgleichung realer Gase	17
Spezifische Wärme	21
Zustandsänderungen — reversible und irreversible Prozesse	24
Exakte und inexacte Differentiale, Kurvenintegration	27
2. Die thermodynamischen Hauptsätze	35
Der 1. Hauptsatz	35
Der Carnotsche Kreisprozeß und die Entropie	39
Die Entropie und der 2. Hauptsatz	44
Einschub: Mikroskopische Interpretation der Entropie und des 2. Hauptsatzes	47
Thermodynamische Maschinen	56
Euler-Gleichung und Gibbs-Duhem-Relation	63
3. Phasenumwandlungen und chemische Reaktionen	66
Die Gibbsche Phasenregel	66
Phasengleichgewicht und Maxwell-Konstruktion	72
Das Massenwirkungsgesetz	76
Anwendungen der Hauptsätze	85
4. Thermodynamische Potentiale	89
Prinzip der maximalen Entropie – Prinzip der minimalen Energie	89

Entropie und Energie als thermodynamische Potentiale	90
Die Legendre-Transformation	93
Die freie Energie	97
Die Enthalpie	101
Die freie Enthalpie	107
Die Transformation aller Variablen	113
Die Maxwell-Relationen	113
Jacobi-Transformationen	121
Thermodynamische Stabilität	124
II. Statistische Mechanik	125
5. Zahl der Mikrozustände Ω und Entropie S	125
Grundlagen	125
Der Phasenraum	126
Statistische Definition der Entropie	130
Gibbsches Paradoxon	135
Quantenmechanische Abzählung von Ω	139
6. Ensembletheorie und mikrokanonisches Ensemble	146
Die Phasenraumdichte	146
Liouvilles Theorem	149
Das mikrokanonische Ensemble	152
Die Entropie als Ensemblemittel	155
Die Unsicherheitsfunktion	156
7. Das kanonische Ensemble	164
Allgemeine Begründung des Gibbs'schen Korrekturfaktors	170
Systeme nichtwechselwirkender Teilchen	176
Berechnung von Observablen als Ensemblemittel	184
Der Zusammenhang von mikrokanonischem und kanonischem Ensemble	194
Fluktuationen	199
Virialsatz und Äquipartitionstheorem	203
Zur Vertiefung: Kanonisches Ensemble als Mittelwert aller möglichen Verteilungen	208
8. Anwendungen der Boltzmann-Statistik	215
Quantensysteme in der Boltzmann-Statistik	215
Paramagnetismus	221
Negative Temperaturen in Zwei-Niveau-Systemen	231
Gase mit inneren Freiheitsgraden	233
Relativistisches ideales Gas	242

9.	Das großkanonische Ensemble	248
	Fluktuationen im großkanonischen Ensemble	257
III.	Quantenstatistik	263
10.	Dichteoperatoren	263
	Grundlagen	263
	Reine und gemischte Zustände	267
	Eigenschaften der Dichtematrix	272
	Die Dichteoperatoren der Quantenstatistik	276
11.	Der Symmetriecharakter von Vielteilchenwellenfunktionen	291
12.	Großkanonische Beschreibung idealer Quantensysteme	303
13.	Das ideale Bose-Gas	320
	Ultrarelativistisches Bose-Gas	332
14.	Ideales Fermi-Gas	349
	Das entartete Fermi-Gas	355
	Ergänzung: Natürliche Einheiten	397
15.	Anwendung relativistischer Bose- und Fermi-Gase	399
	Quark-Gluon-Plasma im Urknall und in Schwerionenstößen	399
IV.	Reale Gase und Phasenübergänge	412
16.	Reale Gase	412
	Zur Vertiefung: Mayers Clusterentwicklung	415
	Virialentwicklung	426
17.	Klassifizierung von Phasenübergängen	428
	Theorem der übereinstimmenden Zustände	437
	Kritische Indizes	438
	Beispiele für Phasenübergänge	440
18.	Die Modelle von Ising und Heisenberg	455