

# GRUNDLAGEN DER THERMODYNAMIK IRREVERSIBLER PROZESSE

VON

S. R. DE GROOT

PROFESSOR OF THEORETICAL PHYSICS  
IN THE UNIVERSITY OF AMSTERDAM

UND

P. MAZUR

PROFESSOR OF THEORETICAL PHYSICS  
IN THE UNIVERSITY OF LEYDEN



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM/ZÜRICH

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

## KAPITEL I: Einleitung

§ 1 Historischer Überblick der Thermodynamik der Nicht-Gleichgewichte . . . . .	9
§ 2 Die systematische Entwicklung der Theorie . . . . .	11

Teil A. Allgemeine Theorie

## KAPITEL II: Erhaltungssätze

§ 1 Einleitung . . . . .	16
§ 2 Erhaltung der Masse . . . . .	16
§ 3 Die Bewegungsgleichung . . . . .	19
§ 4 Erhaltung der Energie . . . . .	21

## KAPITEL III: Das Entropiegesetz und die Entropiebilanz

§ 1 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	24
§ 2 Die Entropiebilanzgleichung . . . . .	26
§ 3 Andere Ausdrücke für die Entropieerzeugung; über verschiedene Definitionen des Wärmeflusses. . . . .	29
§ 4 Die kinetische Energie der Diffusion . . . . .	31

## KAPITEL IV: Die phänomenologischen Gleichungen

§ 1 Die linearen Beziehungen . . . . .	34
§ 2 Der Einfluß der Symmetrieeigenschaften der Materie auf die linearen Gesetze; das Prinzip von Curie. . . . .	35
§ 3 Die Onsagerschen Reziprozitätsbeziehungen . . . . .	39
§ 4 Die Differentialgleichungen. . . . .	44

## KAPITEL V: Die stationären Zustände

§ 1 Einleitung . . . . .	47
§ 2 Mechanisches Gleichgewicht . . . . .	47
§ 3 Stationäre Zustände mit Minimum der Entropieerzeugung . . . . .	49
§ 4 Stationäre Zustände ohne Minimum der Entropieerzeugung . . . . .	57

## KAPITEL VI: Eigenschaften der phänomenologischen Gleichungen und der Onsagerbeziehungen

§ 1 Einleitung . . . . .	60
§ 2 Das Prinzip von Curie . . . . .	60
§ 3 Abhängige Flüsse und thermodynamische Kräfte . . . . .	66

§ 4	Onsagerbeziehungen für vektorielle (und tensorielle) Phänomene . . . . .	71
§ 5	Transformationseigenschaften der Onsagerbeziehungen. . . . .	79
<b>KAPITEL VII: Diskussion der statistischen Grundlagen</b>		
§ 1	Einleitung . . . . .	84
§ 2	Zustandsvariable und Fluktuationen . . . . .	85
§ 3	Mikroskopische Reversibilität . . . . .	94
§ 4	Ableitung der Onsagerschen Reziprozitätsbeziehungen . . . . .	100
§ 5	Weitere Eigenschaften der Matrix der phänomenologischen Koeffizienten. . . . .	105
§ 6	Gauß-Markoff-Prozesse. . . . .	110
§ 7	Gauß-Markoff-Prozesse: Langevingleichung . . . . .	118
§ 8	Entropie und zufällige Schwankungen . . . . .	121
<b>KAPITEL VIII: Das Schwankungs-Dissipations-Theorem</b>		
§ 1	Einleitung . . . . .	128
§ 2	Die Korrelationsfunktion stationärer Prozesse; das Wiener-Chintsehin-Theorem. . . . .	128
§ 3	Das Prinzip der Kausalität; die Kramers-Kronig- Beziehungen. . . . .	140
§ 4	Die Ableitung des Schwankungs-Dissipations-Theorems . . . . .	147
§ 5	Die Entropieerzeugung in einem System mit äußeren Trieb- kräften. . . . .	152
<b>KAPITEL IX: Die Diskussion der Grundlagen mit Hilfe der kinetischen Theorie</b>		
§ 1	Einleitung . . . . .	159
§ 2	Die Boltzmann-Gleichung. . . . .	160
§ 3	Die hydrodynamischen Gleichungen. . . . .	163
§ 4	Die Entropie-Bilanzgleichung; das Boltzmannsche H-Theorem. . . . .	165
§ 5	Die Enskog-Methode zur Lösung der Boltzmann-Gleichung . . . . .	170
§ 6	Die Entropiebilanzgleichung in der ersten Enskogschen Näherung. . . . .	173
§ 7	Die Onsager-Beziehungen. . . . .	179
§ 8	Brownsche Bewegung. . . . .	182
Anhang I: Über Matrix- und Tensorschreibweise		190
Anhang II: Über die thermodynamischen Beziehungen		194
Anhang III: Die Gaußsche Verteilung für makroskopische Variable		199
Aufgaben		207