

# Inhalt

## Vorwort — V

## Zum Inhalt von Band II — VII

## Danksagung — IX

## Symbolverzeichnis Band II — XV

<b>1</b>	<b>Physik der Wärme: Gesetze idealer Gase, kinetische Gastheorie und Grundbegriffe der Thermodynamik — 1</b>
1.1	Temperatur und temperaturbedingte Veränderungen an Gasen — 2
1.1.1	Temperatur und nullter Hauptsatz — 2
1.1.2	Gesetzmäßigkeiten an stark verdünnten (idealen) Gasen — 3
1.1.3	Temperaturmessung und absolute Temperaturskala — 7
1.1.4	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Stoffe — 11
1.2	Kinetische Gastheorie — 13
1.2.1	Ideales Gas — 13
1.2.2	Grundgleichung der kinetischen Gastheorie — 14
1.2.3	Die absolute Temperatur — 20
1.2.4	Innere Energie des idealen Gases — 22
1.2.5	Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle — 23
1.2.5.1	Verteilung einer Geschwindigkeitskomponente — 25
1.2.5.2	Verteilung der Geschwindigkeitsbeträge — 27
1.2.5.3	Verteilung von Impuls und Energie — 32
1.2.6	Transportprozesse in Gasen — 36
1.2.6.1	Wirkungsquerschnitt (Stoßquerschnitt) und mittlere freie Weglänge — 36
1.2.6.2	Brownsche Bewegung — 39
1.2.6.3	Diffusion — 41
1.2.6.4	Wärmeleitung — 47
1.3	Grundbegriffe der Thermodynamik — 49
1.3.1	Die Hauptsätze der Thermodynamik — 50
1.3.1.1	Der erste Hauptsatz (1. HS, <i>first law of thermodynamics</i> ) — 50
1.3.1.2	Die 4 Prozesse am idealen Gas — 55
1.3.1.3	Entropie und zweiter Hauptsatz (2. HS, <i>second law of thermodynamics</i> ). Reversible und irreversible Prozesse — 65
1.3.1.4	Der dritte Hauptsatz (3. HS) = Nernstsches Wärmetheorem ( <i>third law of thermodynamics</i> ) — 77

1.3.1.5	Zusammenstellung der Hauptsätze der Thermodynamik — 79
1.3.2	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen — 80
1.3.2.1	Die Grundgleichung der Thermostatik — 80
1.3.2.2	Thermodynamische Potenziale — 81
1.3.2.3	Maxwell-Relationen und Zusammenfassung der thermodynamischen Potenziale — 86
1.3.2.4	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen — 87
1.3.3	Reale Gase und Flüssigkeiten, Phasenumwandlungen — 89
1.3.3.1	Die Van der Waalssche Zustandsgleichung — 89
1.3.3.2	Der Dampfdruck nach Clausius und Clapeyron (Anwendung des 1. HS und des 2. HS) — 93
1.3.3.3	Phasenübergang einfacher Substanzen — 96
	Zusammenfassung — 99
Anhang 1	Spezifische Wärme: Einfrieren von Freiheitsgraden — 106
Anhang 2	Phänomenologische Berechnung des mittleren Verschiebungsquadrats $\bar{x^2}$ eines frei suspendierten Teilchens (Brownsche Bewegung) nach Langevin — 107
Anhang 3	Der Joule-Thomsonsche Drosselprozess ( <i>Joule-Thomson-throttling process</i> ) – ein irreversibler Prozess — 109

<b>2</b>	<b>Nichtlineare Dynamik und Chaos — 115</b>
2.1	Stabile und instabile Systeme — 115
2.1.1	Strenger Determinismus — 115
2.1.2	Die anharmonische Schwingung — 118
2.1.3	Der parametrische Oszillatator — 122
2.1.4	Deterministisches Chaos — 125
2.2	Charakterisierung dynamischer Systeme — 126
2.2.1	Fixpunkte, Trajektorien, Grenzzyklen — 126
2.2.2	Phasenraum, Trajektorien im Phasenraum, Attraktoren — 131
2.2.3	Stabilität von Fixpunkten und Grenzzyklen, Lyapunov-Exponent — 136
2.2.4	Logistisches Wachstumsgesetz, Feigenbaumdiagramm — 142
2.2.4.1	Die logistische Abbildung — 142
2.2.4.2	Diskussion der Systembewegung in Abhängigkeit vom Kontrollparameter $\sigma$ — 149
2.2.4.3	Das Feigenbaum-Diagramm — 154
2.3	Selbstähnlichkeit und fraktale Dimension — 159
2.3.1	Skalenprinzip und Selbstähnlichkeit — 159
2.3.2	Die Koch-Kurve — 166

2.3.3	Fraktale Dimension — 171
2.3.4	Chaos-Übergang und fraktale Dimension — 177
2.4	Strukturbildung in dissipativen Systemen — 181
2.4.1	Die Bénard-Instabilität — 182
2.4.2	Strukturbildung weit entfernt vom Gleichgewicht, Synergetik — 186
2.4.3	Zusammenfassung und Ausblick — 192
Zusammenfassung — 193	
Anhang 1 Bénard-Instabilität — 195	
<b>3</b>	<b>Relativistische Mechanik (<i>relativistic mechanics</i>) — 199</b>
3.1	Das Michelson-Morley Experiment und seine Konsequenzen — 201
3.2	Die Lorentz-Transformation — 207
3.3	Das Problem der Gleichzeitigkeit ( <i>simultaneity</i> ) — 213
3.4	Zeitdilatation und Längenkontraktion — 215
3.4.1	Die Zeitdilatation ( <i>time dilation</i> ) — 215
3.4.2	Die Längenkontraktion (= Lorentz-Kontraktion, <i>length contraction</i> ) — 217
3.5	Der relativistische Dopplereffekt ( <i>relativistic Doppler effect</i> ) — 220
3.5.1	Longitudinaler Dopplereffekt ( <i>longitudinal Doppler effect</i> ) — 222
3.5.2	Der transversale Dopplereffekt ( <i>transverse Doppler effect</i> ) — 223
3.6	Das Zwillings-Paradoxon ( <i>twin paradox</i> ) — 226
3.7	Das Minkowski-Diagramm, vierdimensionale Welt — 234
3.7.1	Relativität der Gleichartigkeit in der Newtonschen Mechanik — 234
3.7.2	Die Raum-Zeit-Struktur des Minkowski-Raumes — 236
3.7.3	Geometrische Darstellung der Lorentz-Transformation — 239
3.7.4	Gleichzeitigkeit und Kausalzusammenhang im Minkowski-Diagramm — 242
3.7.5	Die Eichhyperbeln — 244
3.7.6	Vergangenheit, Zukunft, Ferne — 246
3.8	Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten — 248
3.9	Relativistische Dynamik — 251
3.9.1	Der Newtonsche Impuls — 251
3.9.2	Eigenzeitintervall und relativistischer Impuls — 254
3.9.3	Die relativistische Energie — 260
3.9.4	Masselose Teilchen — 270
3.10	Vierdimensionale Formulierung der relativistischen Mechanik — 272
3.10.1	Der Ereignisvektor — 272
3.10.2	Die Vierergeschwindigkeit ( <i>four-velocity</i> ) und der Trägheitssatz — 275
3.10.3	Die Viererbeschleunigung und die Minkowski-Kraft (Viererkraft, <i>four-force</i> ) — 276

**XIV — Inhalt**

**3.10.4 Der Viererimpuls als Energie-Impuls-Vektor, relativistische  
Impulserhaltung — 280**  
**Zusammenfassung — 287**

**Literatur — 293**

**Register — 295**