

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Klassische Wärmelehre

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	Grundlegende Begriffe und Definitionen	4
<b>2</b>	<b>Das ideale Gas</b>	<b>7</b>
2.1	Empirische Ergebnisse	8
2.2	Temperaturskalen	13
2.3	Universelle Gasgleichung	20
<b>3</b>	<b>Das reale Gas</b>	<b>25</b>
3.1	Die van der Waals-Gleichung	28
<b>4</b>	<b>Übungsaufgaben zur klassischen Wärmelehre</b>	<b>41</b>
4.1	Fragen	41
4.2	Lösungen zu den Übungsaufgaben	45

## Teil II Die Hauptsätze der klassischen Thermodynamik

<b>5</b>	<b>Einführung</b>	<b>59</b>
5.1	Die vier Hauptsätze der Thermodynamik	59
5.2	Begriffsdefinitionen	59
<b>6</b>	<b>0. Hauptsatz der Thermodynamik</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>1. Hauptsatz der Thermodynamik</b>	<b>65</b>
7.1	Formulierung des 1. Hauptsatzes und Zustandsfunktionen	65
7.2	Innere Energie	67
7.3	Vollständiges Differential, Zustandsfunktion und maximale Arbeit	70
7.4	Adiabate Zustandsänderungen, Poisson-Gleichung	73

<b>8</b>	<b>Der Carnot-Prozess und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik . . .</b>	<b>77</b>
8.1	Der Carnot-Prozess . . . . .	77
8.2	2. Hauptsatz der Thermodynamik und thermodynamische Zustandsfunktionen . . . . .	83
<b>9</b>	<b>Die mathematische Struktur der Thermodynamik . . . . .</b>	<b>87</b>
9.1	Die Legendre-Transformation . . . . .	87
9.2	Totales Differential und Wegunabhängigkeit . . . . .	93
9.3	Integrierender Faktor . . . . .	101
9.4	Die mathematische Struktur der Thermodynamik im Überblick . .	104
<b>10</b>	<b>Irreversible Prozesse . . . . .</b>	<b>107</b>
10.1	Der Joule-Thomson-Effekt . . . . .	107
10.2	Noch einmal das ideale Gas . . . . .	113
10.3	Die Wärmekapazität: $C_p$ und $C_v$ . . . . .	115
10.4	Reversible und irreversible Prozesse . . . . .	117
10.5	Berechnung der Entropieänderung bei irreversiblen Prozessen . .	119
<b>11</b>	<b>Spontane Prozesse bei chemischen Reaktionen . . . . .</b>	<b>129</b>
11.1	Isoliertes System . . . . .	131
11.2	Isentroper-isochorer Fall . . . . .	132
11.3	Isentroper-isobarer Fall . . . . .	132
11.4	Isothermer-isochorer Fall . . . . .	133
11.5	Isotherm-isobarer Fall . . . . .	133
11.6	Zusammenfassung . . . . .	134
<b>12</b>	<b>3. Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>13</b>	<b>Übungsaufgaben zu den Hauptsätzen der klassischen Thermodynamik . . . . .</b>	<b>143</b>
13.1	Fragen . . . . .	143
13.2	Lösungen zu den Übungsaufgaben . . . . .	152

### Teil III Anwendungen

<b>14</b>	<b>Chemische Reaktionen . . . . .</b>	<b>177</b>
14.1	Das Haber-Bosch-Verfahren . . . . .	192
14.2	Reaktionen in Lösung . . . . .	196
<b>15</b>	<b>Phasengleichgewichte bei Einkomponentensystemen . . . . .</b>	<b>199</b>
<b>16</b>	<b>Kolligative Eigenschaften . . . . .</b>	<b>213</b>
16.1	Die Gibbs'sche Phasenregel . . . . .	213
16.2	Vollständig in flüssiger Phase mischbare Systeme . . . . .	214
16.3	Vollständig in flüssiger Phase mischbare Systeme aus zwei flüchtigen Komponenten . . . . .	217

16.4	Dampfdruckerniedrigung . . . . .	225
16.5	Gefrierpunkterniedrigung und Siedepunkterhöhung . . . . .	225
16.6	Osmotischer Druck . . . . .	227
16.7	Chemisches Potenzial bei idealen Mischungen . . . . .	233
<b>17</b>	<b>Nicht ideale Lösungen . . . . .</b>	<b>237</b>
17.1	Azeotrope Gemische . . . . .	242
17.2	Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse bei homogenen Mischungen . . . . .	245
<b>18</b>	<b>Nicht vollständig mischbare Mehrkomponentensysteme und deren Phasendiagramme . . . . .</b>	<b>247</b>
18.1	Destillation partiell mischbarer Flüssigkeiten . . . . .	251
18.2	Flüssig-fest-Phasendiagramme . . . . .	254
18.3	Inkongruentes Schmelzen . . . . .	258
18.4	Zonenschmelzen . . . . .	259
18.5	Dreikomponenten-Phasendiagramme . . . . .	261
<b>19</b>	<b>Übungsaufgaben zu den Anwendungen . . . . .</b>	<b>267</b>
19.1	Fragen . . . . .	267
19.2	Lösungen zu den Übungsaufgaben . . . . .	277

#### Teil IV Ein wenig Statistik

<b>20</b>	<b>Kinetische Gastheorie . . . . .</b>	<b>293</b>
20.1	Einführung . . . . .	293
20.2	Kinetische Theorie des Drucks eines idealen Gases . . . . .	301
20.3	Temperatur und Energie . . . . .	303
20.4	Verteilungsfunktionen und Mittelwerte . . . . .	305
20.5	Die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung . . . . .	307
20.6	Die Energieverteilungsfunktion . . . . .	314
20.7	Mittlere freie Weglänge und Stoßzahl . . . . .	315
20.8	Wärmekapazität und ideales Gas . . . . .	319
<b>21</b>	<b>Übungsaufgaben zur Statistischen Thermodynamik . . . . .</b>	<b>325</b>
21.1	Fragen . . . . .	325
21.2	Lösungen zu den Übungsaufgaben . . . . .	326
<b>22</b>	<b>Statistisches Ensemble und Postulate der statistischen Thermodynamik . . . . .</b>	<b>331</b>
<b>23</b>	<b>Das kanonische Ensemble . . . . .</b>	<b>335</b>
<b>24</b>	<b>Kanonisches Ensemble und Thermodynamik . . . . .</b>	<b>345</b>
<b>25</b>	<b>Das großkanonische Ensemble . . . . .</b>	<b>353</b>

---

<b>26</b>	<b>Das mikrokanonische Ensemble</b> . . . . .	363
26.1	Wie geht es weiter? . . . . .	365
<b>Literatur</b>	. . . . .	367
<b>Abbildungsnachweis</b>	. . . . .	371
<b>Konstanten und Umrechnungsfaktoren</b>	. . . . .	375
<b>Sachverzeichnis</b>	. . . . .	377