

☐ **Inhalt**

☐ **Einleitung** **21**

☐ **Teil I: Grundlagen** ☐

☐ **1 Eine kurze Einführung in die Thermodynamik** **27**

Definition der Thermodynamik 27

Eine kurze Geschichte der Thermodynamik 28

Makroskopische Thermodynamik und statistische
Thermodynamik 30

Die Rolle der Thermodynamik in der Physik und den anderen
Naturwissenschaften 31

☐ **2 Ein klein wenig Mathematik** **33**

Absolute Größen, Differenzen und Differentiale 33

Ableitungen und partielle Ableitungen 34

Vom Differential zur Differenz: Integralrechnung 39

☐ **Teil II: Die wichtigsten Begriffe der Thermodynamik** ☐

☐ **3 Alles über Wärmephänomene** **43**

Wärme führt zur Ausdehnung von Körpern 43

Wärme kann gespeichert werden 46

Wärme kann transportiert werden 51

☐ **4 Den Zustand eines System beschreiben: Zustandsgrößen** **59**

Sie bestimmen den Zustand eines Systems: Die Zustandsgrößen 59

Der Druck wird durch die Bewegung von Teilchen verursacht 60

Auch die Temperatur wird durch Bewegung verursacht 65

Man kann sie mikroskopisch oder makroskopisch angeben: Die
Stoffmenge 70

Jedes System enthält Energie: Die innere Energie 72

Eine schwer zu fassende Größe: Die Entropie 73

5 Ab jetzt wird es dynamisch: Zustandsänderungen 77

Der Behälter besitzt einen beweglichen Deckel:

Isobare Änderungen 78

Der Behälter besitzt einen festen Deckel: Isochore Änderungen 80

In einem Wärmebad: Isotherme Änderungen 81

Das System ist isoliert: Adiabatische Änderungen 82

Von großer technischer Bedeutung: Isentrope und polytrope Änderungen 86

6 Abstrakt, aber hilfreich: Thermodynamische Potentiale 91

Definition des Begriffs des thermodynamischen Potentials 91

Die wichtigsten thermodynamischen Potentiale 94

Ende der theoretischen Betrachtung: Anwendungen und Beispiele 100

Teil III: Das wichtigste über Gase

7 Die Beschreibung von Gasen: Zustandsgleichungen 107

Es ist zwar eine Näherung, aber eine gute:

Das ideale Gasgesetz 108

In der Realität gibt es Abweichungen:

Die van-der-Waals-Gleichung 115

Jenseits des Kritischen Punkts ist alles anders 118

8 Freiheitsgrade und Bewegungen: Energetische Betrachtungen 123

Es gibt viele Möglichkeiten, sich zu bewegen: Freiheitsgrade 123

Auch bei der inneren Energie spielen die Freiheitsgrade eine Rolle 128

Nicht alle Teilchen sind gleich schnell:

Geschwindigkeitsverteilungen 130

Teil IV: Die Hauptsätze der Thermodynamik

9 Es geht ums Gleichgewicht: Der nullte Hauptsatz 135

Thema des nullten Hauptsatzes: Das thermische Gleichgewicht 135

Formulierungen des nullten Hauptsatzes	136
Bedeutung und Anwendungen	137
Es geht darüber hinaus: Das thermodynamische Gleichgewicht	138

10 Er beschäftigt sich mit der Energie: Der erste Hauptsatz 141

Thema und Formulierungen	141
Vergleich der Formulierungen	142
Bedeutung und Anwendungen	144

11 Die Entropie kommt ins Spiel: Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik 151

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	151
Vergleich der Formulierungen	152
Die Entropie zum Zweiten	154
Die Entropie und die Ordnung	157
Ein kurzer Ausflug in die Welt der Perpetua mobilia	158

12 Der absolute Nullpunkt ist unerreichbar: Der dritte Hauptsatz 161

Zwei Themen: Der Nullpunkt und die Entropie	161
Kurz und knapp: Die Formulierungen	161
Vergleich der Formulierungen	162
Der Nullpunkt und die Entropie	163

Teil V: Thermodynamik in der Praxis

13 Besser geht es nicht: Ideale thermodynamische Prozesse 167

Alles über Prozesse	168
Der theoretisch beste Prozess: Der Carnotprozess	171
Die ideale Gasturbine: Der Joule-Kreisprozess	176
Das ideale Dampfkraftwerk: Der Clausius-Rankine-Prozess	179
Nicht die Arbeit, sondern die Temperatur ist das Ziel:	
Wärmepumpe und Kältemaschine	181

14 Reale Prozesse I: Wärmekraftmaschinen **189**

Wärmekraftmaschinen: Eine Übersicht 189

Er bewegt uns seit mehr als 100 Jahren: Der Ottomotor 190

Eine solide Alternative: Der Dieselmotor 195

Pendeln zwischen heiß und kalt: Der Stirlingmotor 199

Ein kurzer Blick auf die Dampfmaschine 203

Vergleich der Wärmekraftmaschinen 205

15 Eher feucht: Die Thermodynamik von Dämpfen und Gasgemischen **209**

Dampf ist gasförmiges Wasser 209

Es frischt auf: Die Luftfeuchtigkeit 213

Whiskey on the Rocks: Zweistoffgemische 217

Teil VI: Statistische Thermodynamik

16 Grundlagen der statistischen Thermodynamik **225**

Zur Problemstellung 226

Kopf oder Zahl: Zufallsexperimente 227

Je mehr Möglichkeiten es gibt, desto geringer ist die

Wahrscheinlichkeit 228

Erwartungswert und Standardabweichung 231

Die Krönung der Statistik: Wahrscheinlichkeitsverteilungen 233

17 Eine statistische Betrachtung der Thermodynamik **239**

Mikrozustände und Makrozustände 239

Unvorstellbar viele Möglichkeiten: Der Phasenraum 242

Glossar **251**

Lösungen **261**

Index **281**