



Auf einen Blick

| | |
|---|------------|
| Über den Autor | 7 |
| Einleitung | 21 |
| Teil I: Grundlegendes | 27 |
| Kapitel 1: Bausteine der Thermodynamik | 29 |
| Kapitel 2: Wärmekapazitäten | 51 |
| Kapitel 3: Ideale Gase | 67 |
| Teil II: Fluide, die in Bewegung sind | 87 |
| Kapitel 4: Mischungen idealer Gase | 89 |
| Kapitel 5: Kompressibilität der Fluide | 107 |
| Kapitel 6: Aerostatik und Auftrieb | 119 |
| Kapitel 7: Erhaltung der Masse | 135 |
| Teil III: Energiebilanzen mit realen und idealen Gasen | 149 |
| Kapitel 8: Reale Gase | 151 |
| Kapitel 9: Einstieg in die höhere Thermodynamik | 169 |
| Kapitel 10: Erster Hauptsatz für offene Systeme | 187 |
| Kapitel 11: Erster Hauptsatz für geschlossene Systeme | 209 |
| Kapitel 12: Entropie und der zweite Hauptsatz | 225 |
| Teil IV: Zustandsänderungen der Stoffe | 257 |
| Kapitel 13: Der Joule-Thomson-Effekt | 259 |
| Kapitel 14: Zustandsänderungen idealer Gase | 275 |
| Teil V: Kreisprozesse mit Gasen und Wasserdampf | 295 |
| Kapitel 15: Thermodynamische Kreisprozesse | 297 |
| Kapitel 16: Wasser und Wasserdampf | 327 |
| Kapitel 17: Fundamentalgleichungen und die Maxwell-Beziehungen | 359 |
| Teil VI: Top-Ten-Teil | 373 |
| Kapitel 18: Zehn 3-D-Darstellungen von Kreisprozessen | 375 |
| Anhang Lösungen und Lösungswege | 389 |
| Stichwortverzeichnis | 437 |







Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Über den Autor | 7 |
| Danksagung | 7 |
| Einleitung | 21 |
| Über dieses Buch | 21 |
| Konventionen in diesem Buch | 21 |
| Törichte Annahmen über die Leser | 22 |
| Wie dieses Buch aufgebaut ist | 22 |
| Teil 1: Grundlegendes (Kapitel 1, 2, 3) | 23 |
| Teil 2: Fluide, die in Bewegung sind (Kapitel 4, 5, 6, 7) | 23 |
| Teil 3: Energiebilanzen mit realen und idealen Gasen (Kapitel 8, 9, 10, 11, 12) | 23 |
| Teil 4: Zustandsänderungen der Stoffe (Kapitel 13 und 14) | 24 |
| Teil 5: Kreisprozesse mit Gasen und Wasserdampf (Kapitel 15, 16, 17) | 24 |
| Top-Ten-Teil (Kapitel 18) | 24 |
| Lösungen zu den Übungsaufgaben | 24 |
| Symbole, die in diesem Buch verwendet werden | 25 |
| Wie es weitergeht | 25 |
| | |
| TEIL I | |
| GRUNDLEGENDES | 27 |
| | |
| Kapitel 1 | |
| Bausteine der Thermodynamik | 29 |
| Atome und Moleküle | 29 |
| Temperatur ϑ und absolute Temperatur T | 31 |
| Volumenausdehnungskoeffizienten der Stoffe | 33 |
| Der Druck in Flüssigkeiten und Gasen | 35 |
| Hydrostatischer Druck in einer Flüssigkeit | 36 |
| Den Druck eines Gases mit einem Schrägrohrmanometer messen | 40 |
| Norm- und Standardzustand eines Gases | 41 |
| Normzustand eines Gases | 42 |
| Standardzustand eines Gases | 43 |
| Die Stoffmenge einer Substanz | 43 |
| Das Molvolumen | 44 |
| SI-Einheiten | 45 |
| Umrechnungstafel der abgeleiteten Einheiten | 46 |
| Kohärente und inkohärente Einheiten | 46 |
| Übungsaufgaben | 47 |
| Aufgabe 1.1: Einheiten umrechnen | 47 |
| Aufgabe 1.2: Die Stoffmenge in einem Kilogramm Wasser berechnen | 47 |





12 Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Aufgabe 1.3: An einem schrägen U-Rohrschenkel die Ablesegenauigkeit erhöhen | 47 |
| Aufgabe 1.4: Eine einfache Druckerhöhung bewerkstelligen | 48 |
| Aufgabe 1.5: Den Druckabfall in einer Wasserleitung berechnen | 48 |

Kapitel 2

Wärmekapazitäten..... 51

| | |
|---|----|
| Wärmekapazitäten der Gase | 51 |
| Mittlere spezifische Wärmekapazitäten | 54 |
| Tabellierte mittlere Wärmekapazitäten | 56 |
| Wärmekapazitäten der Flüssigkeiten und Festkörper | 60 |
| Übersicht: Wärmekapazitäten der Stoffe..... | 61 |
| Experimentelle Bestimmung der Wärmekapazität c_p | 62 |
| Übungsaufgaben | 64 |
| Aufgabe 2.1: Mittlere spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen | 64 |
| Aufgabe 2.2: Warmwasser bereitstellen | 65 |
| Aufgabe 2.3: Die Wärmekapazität einer Sodalösung berechnen | 65 |

Kapitel 3

Ideale Gase..... 67

| | |
|--|----|
| Eigenschaften eines idealen Gases | 67 |
| Die Grundform der idealen Gasgleichung..... | 68 |
| Historische Entwicklung der idealen Gasgleichungen | 69 |
| Ideale Gasgleichungen (Thermische Zustandsgleichungen)..... | 71 |
| Übungsaufgaben | 79 |
| Aufgabe 3.1: Das Molvolumen aus der Dichte eines Gases berechnen | 79 |
| Aufgabe 3.2: Molmasse eines H-Atoms bestimmen | 79 |
| Aufgabe 3.3: Stoffmenge eines Salzkristalls | 80 |
| Aufgabe 3.4: Massenstrom berechnen | 80 |
| Aufgabe 3.5: Luftfederung | 81 |
| Aufgabe 3.6: Druckausgleich bei verschiedenen Gasen | 81 |
| Aufgabe 3.7: Einen Gasbehälter auf Dichtheit prüfen..... | 82 |
| Aufgabe 3.8: Ein Kilogramm Gas im Normzustand einschließen | 82 |
| Aufgabe 3.9: Ein dreistufiger Verdichtungsprozess | 83 |
| Aufgabe 3.10: Eine luftgefüllte Stahlflasche kühlt sich ab | 83 |
| Aufgabe 3.11: Sauerstoff in Flaschen umfüllen | 83 |
| Aufgabe 3.12: Dauerbelastung eines pneumatischen Stoßdämpfers | 83 |
| Aufgabe 3.13: Masse und Stoffmenge | 84 |
| Aufgabe 3.14: Norm- und Standardzustand | 84 |
| Aufgabe 3.15: Außergewöhnlicher Verdichtungsprozess | 84 |
| Aufgabe 3.16: Masse und Dichte einer Stoffmenge | 85 |
| Aufgabe 3.17: Zum 1. Gesetz von Gay-Lussac (Gesetz von Charles) | 85 |
| Aufgabe 3.18: Relative Zustandsgrößen berechnen | 86 |



Inhaltsverzeichnis 13

| | |
|--|------------|
| TEIL II | |
| FLUIDE, DIE IN BEWEGUNG SIND | 87 |
| Kapitel 4 | |
| Mischungen idealer Gase | 89 |
| Die Konzentration einer Substanz in einer Mischung..... | 89 |
| Massenkonzentration | 90 |
| Stoffkonzentration | 90 |
| Volumenkonzentration | 92 |
| Zusammenhang zwischen Massen- und Stoffkonzentration..... | 92 |
| Gesetz von Dalton..... | 93 |
| Spezielle Gaskonstante einer Mischung | 94 |
| Die Dichte einer Gasmischung | 95 |
| Spezifische Wärmekapazitäten einer Mischung | 95 |
| Intensive und extensive Zustandsgrößen..... | 96 |
| Innere Energie einer Mischung aus idealen Gasen..... | 97 |
| Enthalpie einer Mischung aus idealen Gasen..... | 98 |
| Mischungstemperatur | 100 |
| Entropieänderung einer Mischung aus idealen Gasen | 101 |
| Übungsaufgaben | 101 |
| Aufgabe 4.1: Partialdrücke und Temperatur einer Gasmischung..... | 101 |
| Aufgabe 4.2: Eine Massenkonzentration in Volumenanteile umrechnen ... | 102 |
| Aufgabe 4.3: Die Dichte einer O ₂ -N ₂ -Gasmischung berechnen..... | 102 |
| Aufgabe 4.4: Gaslieferung an ein Zementwerk..... | 102 |
| Aufgabe 4.5: Partialdrücke und Mischtemperatur | 103 |
| Aufgabe 4.6: Brennwert einer Gasmischung | 103 |
| Aufgabe 4.7: Mischung aus gegebenen Volumenkonzentrationen..... | 103 |
| Aufgabe 4.8: Mittlere Molmasse einer Gasmischung..... | 103 |
| Aufgabe 4.9: Eine Gasmischung für Schutzgasschweißungen | 104 |
| Aufgabe 4.10: Kaltes und heißes Wasser mischen..... | 104 |
| Aufgabe 4.11: Mittlere Molmasse einer Mischung..... | 104 |
| Aufgabe 4.12: Dichte und Gesamtmasse einer Mischung..... | 104 |
| Aufgabe 4.13: Die Wärmekapazität in einem Experiment bestimmen | 105 |
| Kapitel 5 | |
| Kompressibilität der Fluide | 107 |
| Das Hooke'sche Gesetz der Festkörper | 107 |
| Das Hooke'sche Gesetz der Flüssigkeiten und Gase..... | 108 |
| Übungsaufgaben | 116 |
| Aufgabe 5.1: Kompressionsmodul und örtlicher Gasdruck | 116 |
| Aufgabe 5.2: Dichteänderung der Luft in einer isothermen Atmosphäre... | 116 |
| Aufgabe 5.3: Kompressionsmodul einer Ölmenge bestimmen..... | 117 |
| Aufgabe 5.4: Dichteänderung versus Kompressionsmodul..... | 117 |



14 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 6

| | |
|---|------------|
| Aerostatik und Auftrieb | 119 |
| Die Standardatmosphäre | 120 |
| Isotherme Atmosphäre (barometrische Höhenformel) | 125 |
| Auftriebskräfte in Fluiden | 127 |
| Auftrieb in Flüssigkeiten | 127 |
| Schwimmen, Schweben, Sinken und Aufsteigen | 128 |
| Thermischer Auftrieb in Fluiden | 130 |
| Übungsaufgaben | 130 |
| Aufgabe 6.1: Wie hoch steigt ein Ballon? | 130 |
| Aufgabe 6.2: Luftdruck am Berggipfel | 131 |
| Aufgabe 6.3: Auftrieb in der Atmosphäre | 131 |
| Aufgabe 6.4: Luftdruck am Boden eines Erdschachts | 131 |
| Aufgabe 6.5: Auftriebsfehler bei präzisen Wägungen in der Luft | 132 |
| Aufgabe 6.6: Zeppeline können auch Lasten tragen | 132 |
| Aufgabe 6.7: Wie tief taucht ein Körper in eine Flüssigkeit beim Schwimmen ein? | 132 |
| Aufgabe 6.8: Der Auftriebszug im Schornstein | 133 |
| Aufgabe 6.9: Archimedes und Gold | 133 |
| Aufgabe 6.10: Öchslegrad | 133 |

Kapitel 7

| | |
|--|------------|
| Erhaltung der Masse | 135 |
| Eindimensionale Kontinuitätsgleichung für Flüssigkeiten | 135 |
| Eindimensionale Kontinuitätsgleichung für Gase | 137 |
| Kontinuitätsgleichung in 3-D-Strömungsfeldern | 137 |
| Was ist ein Vektorfeld? | 137 |
| Die allgemeine Kontinuitätsgleichung für Gase als Feldgleichung | 139 |
| Kontinuitätsgleichung für flüssige 3-D-Strömungsfelder | 142 |
| Übungsaufgaben | 144 |
| Aufgabe 7.1: Divergenz eines zweidimensionalen Vektorfelds | 144 |
| Aufgabe 7.2: Ein allgemeines Vektorfeld eines Gases | 144 |
| Aufgabe 7.3: Eindimensionale Kontinuitätsgleichung | 144 |
| Aufgabe 7.4: Ein rechteckiger Luftkanal | 144 |
| Aufgabe 7.5: Ist das Feld einer Grenzschichtströmung inkompressibel? | 144 |
| Aufgabe 7.6: Zwei Gasströme werden gemischt | 145 |
| Aufgabe 7.7: Ein Geschwindigkeitsfeld auf Inkompressibilität prüfen | 145 |
| Aufgabe 7.8: Wie schnell steigt der Wasserspiegel in einem Gefäß? | 145 |
| Aufgabe 7.9: Strömungsverzweigung in einer Arterie | 145 |
| Aufgabe 7.10: Wasserstandsänderung in einem Tank | 146 |
| Aufgabe 7.11: Beschleunigte Hochdruckströmung eines heißen Gases | 147 |
| Aufgabe 7.12: Volumenstrom eines Gases aus einer Erdgasquelle | 147 |
| Aufgabe 7.13: Wie schnell lässt sich ein Schwimmbecken füllen? | 148 |
| Aufgabe 7.14: In welcher Zeit wird ein Trichter mit Wasser gefüllt? | 148 |



TEIL III ENERGIEBILANZEN MIT REALEN UND IDEALEN GASEN 149

Kapitel 8

Reale Gase 151

| | |
|--|-----|
| Eigenschaften realer Gase | 151 |
| Van-der-Waals-Gase und ihre Zustandsgleichungen..... | 152 |
| Beschreibung realer Gase mit der Realgasgleichung | 162 |
| Übungsaufgaben | 166 |
| Aufgabe 8.1: Vergleichsrechnung zwischen realem und idealem Gas..... | 166 |
| Aufgabe 8.2: Den Druck in einem Behälter bestimmen | 166 |
| Aufgabe 8.3: Den Stoffstrom durch eine Gasleitung berechnen..... | 167 |
| Aufgabe 8.4: Wirkliche Dichteänderung eines strömenden Gases..... | 167 |

Kapitel 9

Einstieg in die höhere Thermodynamik 169

| | |
|---|-----|
| Totale Differenziale | 169 |
| Das Differenzial einer Funktion..... | 169 |
| Funktionen mit mehreren Veränderlichen | 171 |
| Implizite Funktionen und ihre Ableitungen..... | 176 |
| Implizite Funktionen ableiten | 177 |
| Allgemeine Eigenschaften impliziter Zustandsgleichungen | 179 |
| Übungsaufgaben | 185 |
| Aufgabe 9.1: Druckänderung eines idealen Gases infolge einer Temperatur- und Volumenänderung | 185 |
| Aufgabe 9.2: Volumenänderung eines Van-der-Waals-Gases infolge einer Temperaturänderung..... | 185 |
| Aufgabe 9.3: Messfehler mit totalen Differenzialen abschätzen | 185 |
| Aufgabe 9.4: Die Änderung der inneren Energie eines Van-der-Waals-Gases infolge einer Verdichtung des Gases..... | 185 |
| Aufgabe 9.5: Die spezifische innere Energieänderung eines idealen Gases bestimmen..... | 186 |

Kapitel 10

Erster Hauptsatz für offene Systeme 187

| | |
|---|-----|
| Thermodynamische Systeme..... | 187 |
| Die Systemgrenze umgibt das System..... | 188 |
| Allgemeine Erklärung der reversiblen Prozesse..... | 188 |
| Innere Energie | 189 |
| Mikroskopische Beschreibung der inneren Energie eines idealen Gases ... | 189 |
| Makroskopische Beschreibung der inneren Energie eines realen Gases.... | 190 |
| Der erste Hauptsatz für offene Systeme..... | 191 |
| Spezifische Energien formulieren | 194 |
| Mathematische Formulierung der Energiebilanz | 195 |
| Die integrale Form des ersten Hauptsatzes für offene Systeme | 197 |
| Spezifische Enthalpie eines idealen Gases | 198 |



16 Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Technische Arbeit..... | 199 |
| Der erste Hauptsatz für offene Systeme als Leistungsbilanz..... | 201 |
| Übungsaufgaben..... | 205 |
| Aufgabe 10.1: Industrieller Lufterhitzer..... | 205 |
| Aufgabe 10.2: Wasserturbine..... | 206 |
| Aufgabe 10.3: Die Reibungsarbeit in einer Strömung ermitteln..... | 206 |
| Aufgabe 10.4: Die Leistung einer Wasserpumpe berechnen..... | 207 |

Kapitel 11

Erster Hauptsatz für geschlossene Systeme 209

| | |
|---|-----|
| Die Energiebilanz für geschlossene Systeme..... | 209 |
| Integrale Form des ersten Hauptsatzes..... | 211 |
| Leistungsbilanz im geschlossenen System..... | 212 |
| Thermodynamische Arbeit..... | 213 |
| Reversible Wärme..... | 215 |
| Reversible adiabate Prozesse idealer Gase..... | 216 |
| Die Arbeit eines adiabatischen Prozesses..... | 218 |
| Übungsaufgaben..... | 223 |
| Aufgabe 11.1: Isobare Expansion eines idealen Gases..... | 223 |
| Aufgabe 11.2: Mischungstemperatur und Gleichgewichtsdruck einer Gasmischung..... | 223 |
| Aufgabe 11.3: Nutzungsgrad eines Prozesses..... | 224 |
| Aufgabe 11.4: Kaltes und heißes Wasser mischen..... | 224 |
| Aufgabe 11.5: Adiabate Expansion eines idealen Gases..... | 224 |

Kapitel 12

Entropie und der zweite Hauptsatz 225

| | |
|---|-----|
| Molekularstatistische Interpretation der Entropie..... | 225 |
| Entropie und thermodynamische Wahrscheinlichkeit..... | 226 |
| Stirlings Näherungsformel..... | 229 |
| Gleichgewichtszustand und Maximum der Entropie..... | 229 |
| Die Entropie als Zustandsfunktion..... | 234 |
| Die Entropie eines idealen Gases..... | 235 |
| Entropieänderung reiner Stoffe infolge von Zustandsänderungen..... | 238 |
| Entropieänderungen bei irreversiblen Vorgängen..... | 239 |
| Die Gesamtentropie eines Gesamtsystems (Universums)..... | 240 |
| Temperaturausgleich zwischen zwei Teilsystemen..... | 242 |
| Übungsaufgaben..... | 250 |
| Aufgabe 12.1: Entropieproduktion eines expandierenden idealen Gases..... | 250 |
| Aufgabe 12.2: Ist die reversible Wärme $\delta q_{rev}(T, v)$ eine Zustandsgröße?..... | 250 |
| Aufgabe 12.3: Ist die Entropie ds eine Zustandsfunktion?..... | 251 |
| Aufgabe 12.4: Ist der zweite Hauptsatz der Thermodynamik verletzt?..... | 251 |
| Aufgabe 12.5: Den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik anwenden.... | 252 |



Inhaltsverzeichnis 17

| | |
|--|-----|
| Aufgabe 12.6: Wärmeleitung durch eine Wand | 253 |
| Aufgabe 12.7: Entropieproduktion beim Wärmedurchgang durch eine Wand | 253 |
| Aufgabe 12.8: Erfüllt der Betrieb eines Axialkompressors den zweiten Hauptsatz? | 254 |
| Aufgabe 12.9: Die Entropieänderung bestimmt die Strömungsrichtung | 254 |
| Aufgabe 12.10: Eine Flüssigkeit mit einem Quirl erwärmen | 255 |

TEIL IV ZUSTANDSÄNDERUNGEN DER STOFFE.....257

Kapitel 13 Der Joule-Thomson-Effekt 259

| | |
|--|-----|
| Das Experiment | 259 |
| Der Joule-Thomson-Koeffizient | 265 |
| Übungsaufgaben | 272 |
| Aufgabe 13.1: Aus einer Druckflasche entweicht Sauerstoff | 272 |
| Aufgabe 13.2: Isenthalpe Expansion eines Gases bei hohem Druck | 272 |

Kapitel 14 Zustandsänderungen idealer Gase 275

| | |
|---|-----|
| Wichtige thermodynamische Prozesse idealer Gase | 275 |
| Isotherme Zustandsänderung $dT = 0$ | 276 |
| Isobare Zustandsänderung $dp = 0$ | 279 |
| Isochore Zustandsänderung $dv = 0$ | 281 |
| Isentrope Zustandsänderung $ds = 0$ | 283 |
| Polytrope Zustandsänderung | 287 |
| Übungsaufgaben | 292 |
| Aufgabe 14.1: Entropieänderung einer polytropen Zustandsänderung | 292 |
| Aufgabe 14.2: Übertragung der Prozessfunktionen $ds = 0$ und $dv = 0$ aus dem p - v -Diagramm in das T - s -Diagramm | 292 |
| Aufgabe 14.3: Sind Änderungen der inneren Energie wegunabhängig? | 293 |

TEIL V KREISPROZESSE MIT GASEN UND WASSERDAMPF 295

Kapitel 15 Thermodynamische Kreisprozesse 297

| | |
|---|-----|
| Wie werden Kreisprozesse thermodynamisch beschrieben? | 297 |
| Ein rechtsläufiger Kreisprozess | 298 |
| Ein linksläufiger Kreisprozess | 299 |
| Der erste Hauptsatz für reversible Kreisprozesse | 300 |
| Berechnungsansätze für Kreisprozesse | 301 |
| Rechtsläufige Kreisprozesse | 303 |





18 Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Der Carnot-Kreisprozess | 310 |
| Linksläufige Kreisprozesse | 320 |
| Übungsaufgaben | 325 |
| Aufgabe 15.1: Ein rechtsläufiger Carnot-Kreisprozess..... | 325 |
| Aufgabe 15.2: Maximale reversible Arbeit zwischen zwei Temperaturen ... | 325 |
| Aufgabe 15.3: Wahr oder falsch: Zum Betrieb einer Wärmekraftmaschine. | 325 |
| Aufgabe 15.4: Ein theoretischer Kreisprozess zum Üben..... | 325 |

Kapitel 16

Wasser und Wasserdampf 327

| | |
|--|-----|
| Grundbegriffe der Kraftwerkstechnik | 327 |
| 3-D-Zustandsdiagramm für Wasser und Wasserdampf | 332 |
| Zweidimensionale Phasendiagramme | 335 |
| Das p - v -Diagramm des reinen Wassers..... | 335 |
| Das p - ϑ -Diagramm | 336 |
| Das ϑ - s -Diagramm für H_2O | 337 |
| Das h - s -Diagramm für H_2O | 338 |
| Die Wasserdampf tafeln..... | 340 |
| Die Temperaturtafel (Tafel I) | 340 |
| Die Drucktafel (Tafel II) | 340 |
| Wasser und überhitzter Dampf (Tafel III) | 340 |
| Übungsaufgaben | 356 |
| Aufgabe 16.1: Zum Betrieb eines Überhitzers und einer Dampfturbine.... | 356 |
| Aufgabe 16.2: Wirkungsgrad eines Erwärmungsvorgangs | 357 |
| Aufgabe 16.3: Wasser isobar erhitzen | 357 |
| Aufgabe 16.4: Wie funktioniert ein Geysir? | 357 |

Kapitel 17

Fundamentalgleichungen und die Maxwell-Beziehungen 359

| | |
|---|-----|
| Herleitung der Fundamentalgleichung..... | 359 |
| Maxwell-Beziehungen | 361 |
| Übungsaufgaben | 371 |
| Aufgabe 17.1: Isobarer Ausdehnungskoeffizient eines Van-der-Waals-Gases..... | 371 |
| Aufgabe 17.2: Zahlenbeispiel zum Ausdehnungskoeffizienten der Luft..... | 371 |

TEIL VI

TOP-TEN-TEIL..... 373

Kapitel 18

Zehn 3-D-Darstellungen von Kreisprozessen 375

| | |
|---|-----|
| Mit fünf Prozessfunktionen lassen sich die wichtigsten Kreisprozesse beschreiben | 375 |
| Der Otto-Kreisprozess in 3-D-Darstellung | 377 |
| Diesel-Kreisprozess..... | 378 |

**Inhaltsverzeichnis 19**

| | |
|---|------------|
| Seilinger-Kreisprozess | 379 |
| Der Carnot-Kreisprozess im p - v - T -Diagramm | 381 |
| Der Carnot-Kreisprozess im T - s - p -Diagramm | 382 |
| Der Joule-Kreisprozess (offener Gasturbinenprozess) | 383 |
| Ericson-Kreisprozess (geschlossener Gasturbinenprozess) | 384 |
| Der Stirling-Kreisprozess | 385 |
| Der Clausius-Rankine-Kreisprozess | 386 |
| Anhang Lösungen und Lösungswege | 389 |
| Stichwortverzeichnis | 437 |



