

Grundlagen der Technischen Thermodynamik  
**Reale Fluide und Grundlagen der Wärmübertragung**

|  |    |
|--|----|
| Einleitung und Lernziele   | 3  |
| 1 Die Eigenschaften realer Fluide                                  | 4  |
| 1.1 Thermodynamisches System und Systemgrenze                      | 4  |
| 1.2 Klassifizierung der thermodynamischen Zustandsgrößen           | 5  |
| 1.3 Thermische Zustandsgrößen                                      | 10 |
| 1.3.1 Thermodynamische Temperatur und Temperaturskalen             | 10 |
| 1.3.2 Druck  | 11 |
| 1.3.3 Stoffmenge, Masse, Volumen und Dichte                        | 15 |
| 1.4 Das Zustandsverhalten reiner Stoffe                            | 19 |
| 1.4.1 Die $p, v, T$ -Zustandsfläche                                | 19 |
| 1.4.2 Das $p, T$ -Diagramm   | 22 |
| 1.4.3 Das $p, v$ -Diagramm   | 23 |
| 1.4.4 Die Phasenübergänge  | 25 |
| 1.5 Ermittlung der Zustandsgrößen                                  | 29 |
| 1.5.1 Spezifisches Volumen   | 29 |
| 1.5.2 Die spezifischen Wärmekapazitäten und der Isentropenexponent | 31 |
| 1.5.3 Innere Energie und Enthalpie                                 | 32 |
| 1.5.4 Entropie   | 37 |
| 1.6 Ausgewählte Prozesse mit realen Fluiden                        | 41 |
| 1.6.1 Isochore Zustandsänderung                                    | 42 |
| 1.6.2 Isobare Zustandsänderung                                     | 45 |
| 1.6.3 Isentrope Zustandsänderung                                   | 46 |
| 2 Grundlagen der Wärmeübertragung                                  | 50 |
| 2.1 Einführende Bemerkungen  | 50 |
| 2.2 Die Wärmeleitung   | 51 |
| 2.2.1 Das FOURIERSche Erfahrungsgesetz der Wärmeleitung            | 51 |
| 2.2.2 Der Wärmleitkoeffizient                                      | 53 |
| 2.2.3 Der Wärmestrom   | 54 |
| 2.2.4 Der Wärmeleitwiderstand                                      | 58 |
| 2.2.5 Wärmeleitung durch mehrschichtige Wände                      | 61 |
| 2.3 Der konvektive Wärmeübergang                                   | 64 |
| 2.3.1 Wärmeübergang und Konvektion                                 | 64 |
| 2.3.2 Das NEWTONSche Wärmeübergangsgesetz                          | 66 |
| 2.3.3 Die Ähnlichkeitstheorie des Wärmeübergangs                   | 69 |
| 2.3.4 Modellfälle bei erzwungener Konvektion                       | 72 |
| 2.4 Wärmedurchgang   | 77 |
| 2.5 Wärmestrahlung   | 80 |
| 2.5.1 Die Strahlungsenergiebilanz eines Körpers                    | 80 |
| 2.5.2 Der Zweiflächenstrahlungsaustausch                           | 84 |
| 2.5.3 Sonderfälle des Zweiflächenstrahlungsaustauschs              | 85 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Zusammenfassung                 | 89  |
| Antworten zu den Kontrollfragen | 95  |
| Anhang                          | 115 |
| Quellenverzeichnis              | 126 |
| Stichwortverzeichnis            | 128 |

**Copyright**  
**AKAD Bildungs-**  
**gesellschaft mbH**  
Ein Unternehmen der  
Cornelsen-Gruppe.

**Telefon:**  
**(0711) 81495-0**  
**Internet:**  
**<http://www.akad.de>**

**Alle Rechte vorbehalten.**  
**Jede Verwertung**  
**außerhalb der Grenzen**  
**des Urheberrechtsgesetzes**  
**ist ohne Zustimmung**  
**der AKAD unzulässig**  
**und strafbar. Das gilt**  
**insbesondere für**  
**Vervielfältigungen,**  
**Übersetzungen,**  
**Mikroverfilmungen und**  
**die Einspeicherung und**  
**Bearbeitung in**  
**elektronischen Systemen.**