

Aufgabensammlung
mit Musterlösungen und theoretischen Einführungen

TECHNISCHE THERMODYNAMIK I

Natalia Schaffel-Mancini

**INTERNATIONAL STUDIES
in SCIENCE and ENGINEERING**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dr.-Ing. Natalia Schaffel-Mancini

Technische Universität Clausthal

Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik

Agricolastr. 4, 38678 Clausthal- Zellerfeld

Raum 208, Tel.: (05323) 72 2950

E-Mail: schaffel@ievb.tu-clausthal.de

INTERNATIONAL STUDIES in SCIENCE and ENGINEERING

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Roman Weber, Technische Universität Clausthal (Deutschland)

Mitherausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Ryszard Bialecki, Schlesische Technische Universität (Polen)

Prof. Xu Delong, Xi'an, Universität für Architektur und Technik (China)

Prof. Dr. Peter v. Dierkes, vormalig Präsident der Berliner Stadtreinigungsbetriebe AöR

Dipl.-Math. Marc Muster, Technische Universität Clausthal (Deutschland)

Prof. Dr.-Ing. Andrzej Nowak, Schlesische Technische Universität (Polen)

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Scholz, Technische Universität Clausthal (Deutschland)

Schaffel-Mancini, Natalia:

Technische Thermodynamik I, Aufgabensammlung mit Musterlösungen und theoretischen Einführungen

Zweite Auflage 2012

Copyright© 2012 by PAPIERFLIEGER Verlag, Telemannstr. 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld,
Tel.: 05323/96746, <http://www.papierflieger-verlag.de>

Kein Teil dieses Buches darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt oder in irgendeiner Form oder durch irgendein Medium, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopieren, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen übertragen werden.

ISBN 978-3-89720-176-0

Der Umschlag dieses Buches wurde von Herrn Claus J. Röth und Herrn Marc Muster (beide IEVB, TU Clausthal) gestaltet.

Vorwort

Das vorliegende Buch ist als vorlesungsbegleitendes Skript zur Lehrveranstaltung Technischen Thermodynamik I entstanden.

Thermodynamik gehört zu den Grundlagenwissenschaften der Ingenieurwissenschaften und wird erfahrungsgemäß, wie fast alle ingenieurwissenschaftliche Grundlagenfächer, zumeist als ein schwieriges Fach empfunden.

Es existiert eine umfangreiche Sammlung an Literatur, die sich mit den theoretischen Grundlagen der Technischen Thermodynamik beschäftigt. Vor diesem Hintergrund stellt sich natürlich die Frage nach dem Sinn, ein weiteres Lehrbuch zu erstellen. Es besteht allerdings ein praktischer Bedarf der Lernenden, den der klassische Literaturschatz nicht abdeckt. Im Verlauf meiner praktischen Lehrtätigkeit ist daher dieser Text durch diverse didaktische Erfahrungen heraus entstanden. Er soll daher definitiv kein klassisches weiteres thermodynamisches Lehrbuch, sondern eine schrittweise Einführung mit einer klaren und verständlichen Darstellung des thermodynamischen Stoffes sein, die diesen mit ausführlichen theoretischen Einführungen, klar strukturierten Abbildungen und umfangreichen Übungsaufgaben, die alle mit Musterlösungen versehen sind, für die Studenten besser zugänglich machen soll. Der Aufbau des Skriptes entspricht genau dem Ablauf der Veranstaltung und soll als eine Kurzfassung des Vorlesungsinhalts mit Rechenbeispielen dienen. Besonderer Wert wurde hier auf die Übersichtlichkeit gelegt. Ausführliche Erklärungen und mathematische Herleitungen sind Teil der Vorlesung selbst und damit nicht Teil dieses Textes, daher ist dieser nicht als ein Ersatz zum Vorlesungsbesuch zu verstehen. Eine aktive Teilnahme an der Vorlesung und das Versehen der dort ausgeteilten Handzettel mit eigenen Notizen ist für den Lernerfolg weiterhin von großer Bedeutung. Das Buch ist daher nicht zum alleinigen Selbststudium gedacht, sondern soll lediglich den Lernprozess begleitend erleichtern. Wichtig ist dabei auch das selbständige Erarbeiten der Lösungen, die Musterlösungen sind nur zur Kontrolle gedacht. Für weitere über den Stoff der Vorlesungen hinausgehende Vertiefungen in die Thematik der Technischen Thermodynamik kann ich die Bücher auf der Literaturliste empfehlen.

Dieser Text wurde im Wintersemester 2009/10 erstellt und in den Folgesemestern ständig verbessert, korrigiert und erweitert. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Studenten bedanken, die uns auf Fehler aufmerksam gemacht haben und damit zur Verbesserung des Textes beigetragen haben. Da Fehler auch nach mehrmaligen Korrekturen leider nicht ganz auszuschließen sind, würde ich mich auch weiterhin über derartige Hinweise sehr freuen, da der Verbesserungsprozess bei einem solchen Buch niemals endet.

Des weiteren möchte ich mich beim ehemaligen Hiwi der Thermodynamik, Henning Herbord, für die Korrektur der deutschen Sprache beim ersten Entwurf bedanken, und besonders beim aktuellen Hiwi, Claus J. Röth, für die erfolgreiche Zusammenarbeit. Auch meinem Mann und Arbeitspartner Marco Mancini danke ich für die vielen fachlichen Diskussionen, Herrn Professor

Weber für das Vertrauen, mir die verantwortungs- und anspruchsvolle Aufgabe die Lehre der Technischen Thermodynamik zu übertragen und Herrn Professor Scholz für das stete Einbringen seiner langjährigen Erfahrung am Lehrstuhl der Technischen Thermodynamik. Ein allgemeines Wort des Dankes gilt natürlich auch an dieser Stelle allen meinen Arbeitskollegen am IEVB, insbesondere Marc Muster, Stefan Brinker und An Marcel Beckmann, die den Text noch einmal nachkorrigiert haben.

Ich hoffe, dass dieses Skript der Technischen Thermodynamik eine gelungene Kombination aus gut verständlichen theoretischen Einführungen und praktischen Aufgaben ist, um die Studenten mit einem soliden Grundwissen zur Technischen Thermodynamik für die berufliche Zukunft zu wappnen.

Viel Spaß und Erfolg beim Lernen!

Clausthal-Zellerfeld, im Sommer 2012

Natalia Schaffel-Mancini

Inhaltsverzeichnis

1. Grundbegriffe, Maßsysteme und Einheiten	1
2. Ideales Gasgesetz	13
3. Stoffbilanzen	23
4. Energiebilanzen	37
5. Zustandsänderungen	61
6. Kreisprozesse	77
7. Verbrennung - Stoffbilanz	103
8. Verbrennung - Energiebilanz	141