
Springer Reference Technik

Springer Reference Technik bietet Ingenieuren – Studierenden, Praktikern und Wissenschaftlern – zielführendes Fachwissen in aktueller, kompakter und verständlicher Form. Während traditionelle Handbücher ihre Inhalte bislang lediglich gebündelt und statisch in einer Printausgabe präsentiert haben, bietet „Springer Reference Technik“ eine um dynamische Komponenten erweiterte Online-Präsenz: Ständige digitale Verfügbarkeit, frühes Erscheinen neuer Beiträge online first und fortlaufende Erweiterung und Aktualisierung der Inhalte.

Die Werke und Beiträge der Reihe repräsentieren den jeweils aktuellen Stand des Wissens des Faches, was z. B. für die Integration von Normen und aktuellen Forschungsprozessen wichtig ist, soweit diese für die Praxis von Relevanz sind. Reviewprozesse sichern die Qualität durch die aktive Mitwirkung von namhaften HerausgeberInnen und ausgesuchten AutorInnen.

Springer Reference Technik wächst kontinuierlich um neue Kapitel und Fachgebiete. Eine Liste aller Reference-Werke bei Springer – auch anderer Fächer – findet sich unter <http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22>.

Weitere Informationen zu dieser Reihe finden Sie unter <http://www.springer.com/series/15071>

Herbert Oertel Jr.
Herausgeber

Prandtl - Führer durch die Strömungslehre

Grundlagen und Phänomene

14. Auflage

mit 510 Abbildungen und 3 Tabellen

 Springer Vieweg

Herausgeber
Herbert Oertel Jr.
Baden-Baden
Deutschland

Springer Reference Technik

ISBN: 978-3-658-08626-8

ISBN: 978-3-658-08627-5 (eBook)

ISBN: 978-3-658-08628-2 (Bundle)

DOI 10.1007/978-3-658-08627-5

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 1942, 1944, 1949, 1956, 1957, 1965, 1969, 1984, 1990, 2000, 2002, 2007, 2012, 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Strasse 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort zur 14. Auflage

Ludwig Prandtl hat mit seinen grundlegenden Beiträgen zur Hydro-, Aero- und Gasdynamik die Entwicklung auf dem Gebiet der Strömungsmechanik entscheidend geprägt und mit seinen bahnbrechenden Arbeiten in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts die moderne Strömungsmechanik begründet. Sein 1942 erschienenes Buch *Führer durch die Strömungslehre* hatte seinen Ursprung in den vorangegangenen Buchveröffentlichungen 1913 *Lehre von der Flüssigkeit und Gasbewegung* und 1931 *Abriss der Strömungslehre*. Der Titel *Führer durch die Strömungslehre* bringt Prandtls Absicht zum Ausdruck, den Leser auf einem sorgfältig angelegten Weg durch die einzelnen Gebiete der Strömungslehre zu führen. Dabei dringt der Verfasser, ohne umfangreiche mathematische Ableitungen, intuitiv zum Kern des physikalischen Problems vor. Die Beschreibung der grundlegenden physikalischen Phänomene und Begriffe der Strömungsmechanik, die zur Ableitung der vereinfachten Modelle erforderlich sind, haben Vorrang vor der Behandlung der Methoden.

Prandtls *Führer durch die Strömungslehre* war bei seiner Erstauflage das einzige Buch über die Strömungsmechanik und zählt bis heute zu den wichtigsten Büchern auf diesem Gebiet. Nach seinem Tode haben es seine Schüler Klaus Oswatitsch und Karl Wieghardt übernommen, sein Werk fortzusetzen. Nachdem die neunte Auflage vergriffen war und der Verlag eine Neuauflage anstrebte, haben wir diese Aufgabe gerne übernommen. Unter dem neuen Titel *Prandtl – Führer durch die Strömungslehre* wird in den ersten fünf Kapiteln der von Prandtl vorgezeichnete Weg der ersten Auflage von 1942 beibehalten. Der ursprüngliche Text wurde überarbeitet und den heutigen Erkenntnissen der Strömungsmechanik angepasst. Er führt von den Grundlagen der Strömungsmechanik wie den Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase über die Kinematik zur Dynamik der reibungsfreien, reibungsbehafteten und kompressiblen Strömungen bis zu den Anwendungen der Aerodynamik. Das sind die Kapitel, die den Studenten der Natur- und Ingenieurwissenschaften bis heute in der Strömungslehre Grundvorlesung vermittelt werden.

In Kap. 6 werden die *Grundgleichungen der Strömungsmechanik* als Grundlage für die Behandlung der Teilgebiete in den darauffolgenden Kapiteln bereitgestellt. Das ständig wachsende Gebiet der Strömungsmechanik hat inzwischen einen solchen Umfang angenommen, dass eine Auswahl erforderlich wurde. Meinen Kollegen bin ich zu großem Dank verpflichtet, dass sie in abgeschlossenen Einzelkapiteln

ihre Teilgebiete der Strömungsmechanik im Sinne Prandtls neu bearbeitet haben. So sind in den Kap. 7 bis 13 die neuesten Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte dargestellt. Die ursprünglichen Kapitel über die *Aerodynamik des Tragflügels*, über den *Wärmeübergang* und *geschichtete Strömungen* wurden vom Herausgeber neu bearbeitet und ergänzt. Neu hinzugekommen sind die Kapitel *Instabilitäten und turbulente Strömungen* von K. R. Sreenivasan und die *Bioströmungsmechanik* vom Herausgeber. Die Kapitel *Strömungen mit mehreren Phasen* wurden von U. Müller und die *Strömungen mit chemischen Reaktionen* von U. Riedel neu bearbeitet. Die neu gestalteten Kapitel *Strömungen in der Atmosphäre und im Ozean* stammen von D. Etling und die *Mikroströmungen* von P. Erhard. Die Literaturzitate der einzelnen Kapitel wurden bewusst auf einige wenige Zitate beschränkt, die zum Verständnis und zur Ergänzung erforderlich sind. Für die umfangreichen historischen Literaturzitate verweisen wir auf die vorangegangenen Auflagen.

Der *Prandtl – Führer durch die Strömungslehre* wendet sich an Studenten der Natur- und Ingenieurwissenschaften, die sich nach der Strömungslehre Grundvorlesung einen Überblick über die einzelnen Teilgebiete der Strömungsmechanik verschaffen wollen. Er bietet aber auch dem Fachmann in Forschung und Industrie als Nachschlagewerk wertvolle Anregungen bei der Bearbeitung und Lösung strömungsmechanischer Probleme.

Besonderer Dank gilt dem Springer Vieweg Verlag für die äußerst fruchtbare und erfolgreiche Zusammenarbeit der letzten zwei Jahrzehnte.

Baden-Baden
Juni 2016

Herbert Oertel Jr.

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Strömungsmechanik	1
Herbert Oertel Jr.	
2 Dynamik der reibungsfreien Flüssigkeit	61
Herbert Oertel Jr. und Martin Böhle	
3 Dynamik zäher Flüssigkeiten	119
Herbert Oertel Jr.	
4 Dynamik der Gase	187
Herbert Oertel Jr.	
5 Aerodynamik	219
Herbert Oertel Jr.	
6 Grundgleichungen der Strömungsmechanik	275
Herbert Oertel Jr.	
7 Instabilitäten und turbulente Strömungen	351
Katepalli R. Sreenivasan und Herbert Oertel Jr.	
8 Konvektive Wärme- und Stoffübertragung	423
Herbert Oertel Jr.	
9 Strömungen mit mehreren Phasen	477
Ulrich Müller	
10 Strömungen mit chemischen Reaktionen	543
Uwe Riedel	
11 Strömungen in der Atmosphäre und im Ozean	611
Dieter Etling	

12 Mikroströmungen	663
Peter Ehrhard	
13 Bioströmungsmechanik	715
Herbert Oertel Jr.	
Sachverzeichnis	779

Mitarbeiterverzeichnis

Martin Böhle Lehrstuhl Strömungsmechanik, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Deutschland

Peter Ehrhard Bio- u. Chemieingenieurwesen, Technische Universität Dortmund, Dortmund, Deutschland

Dieter Etling Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität, Hannover, Hannover, Deutschland

Ulrich Müller Karlsruhe, Deutschland

Herbert Oertel Jr. Baden-Baden, Deutschland

Uwe Riedel Institut für Verbrennungstechnik der Luft- u. Raumfahrt, Universität Stuttgart und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart, Deutschland

Katepalli R. Sreenivasan Bobst Library, New York University, New York, NY, USA