
essentials

essentials liefern aktuelles Wissen in konzentrierter Form. Die Essenz dessen, worauf es als „State-of-the-Art“ in der gegenwärtigen Fachdiskussion oder in der Praxis ankommt. *essentials* informieren schnell, unkompliziert und verständlich

- als Einführung in ein aktuelles Thema aus Ihrem Fachgebiet
- als Einstieg in ein für Sie noch unbekanntes Themenfeld
- als Einblick, um zum Thema mitreden zu können

Die Bücher in elektronischer und gedruckter Form bringen das Expertenwissen von Springer-Fachautoren kompakt zur Darstellung. Sie sind besonders für die Nutzung als eBook auf Tablet-PCs, eBook-Readern und Smartphones geeignet. *essentials*: Wissensbausteine aus den Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften, aus Technik und Naturwissenschaften sowie aus Medizin, Psychologie und Gesundheitsberufen. Von renommierten Autoren aller Springer-Verlagsmarken.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/13088>

Heinz Herwig

Dimensionsanalyse von Strömungen

Der elegante Weg zu allgemeinen
Lösungen

 Springer Vieweg

Heinz Herwig
Hamburg, Deutschland

ISSN 2197-6708

ISSN 2197-6716 (electronic)

essentials

ISBN 978-3-658-19773-5

ISBN 978-3-658-19774-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-19774-2>

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 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. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

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-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Was Sie in diesem *essential* finden können

- Erläuterungen zur grundlegenden Bedeutung der Dimensionsanalyse, ihren Anwendungen und ihrem Bezug zur Modellbildung.
- Dimensionsanalytische Überlegungen bzgl. einer technischen Fragestellung in der Strömungsmechanik oder Wärmeübertragung entsprechen stets einer bestimmten Form der *Modellbildung*.
- Wenn das Modell zur Problembeschreibung die Gleichungen umfasst, mit denen (Näherungs-)Lösungen gefunden werden können, wird im Folgenden von *software-Feinmodellen* gesprochen.
- Wenn im Zuge der Modellentwicklung lediglich (dimensionslose) Kennzahlen bestimmt werden, mit denen die Lösung formuliert werden kann, wird im Folgenden von *software-Grobmodellen* gesprochen.
- Wenn im Experiment geometrisch ähnliche, aber verkleinerte oder vergrößerte Versionen eines eigentlich zu untersuchenden Prototyps eingesetzt werden, so handelt es sich dabei im Folgenden um *hardware-Modelle*.
- Der Einsatz dimensionsanalytischer Überlegungen erfordert stets ein bestimmtes Maß an Kenntnissen über die Physik einer technischen Fragestellung. Er stellt keinen „formalen Umformungsvorgang“ dar, sondern entspricht einer physikalisch/mathematischen Modellbildung, s. den ersten Punkt dieser Auflistung.

Vorwort

Die Dimensionsanalyse in der Strömungsmechanik und/oder der Wärmeübertragung eröffnet eine neue Sichtweise auf die Behandlung technischer Fragestellungen und sollte deshalb auf keinen Fall ungenutzt bleiben. Sie ist aber gleichzeitig auch eine Methodik, die sich „neuen Nutzern“ vielleicht nicht auf Anhieb erschließt. Nur so ist es zu erklären, dass immer wieder „überraschende Aussagen“ und „unerwartete“ oder auch „offensichtlich widersprüchliche Ergebnisse“ auftauchen.

Dies alles lässt sich vermeiden, wenn es zu einem vertieften Verständnis davon kommt, was die Dimensionsanalyse leisten kann und was nicht. Genau darum geht es im vorliegenden *essential*-Band.

Die Beschränkung auf Fragestellungen aus der Strömungsmechanik und Wärmeübertragung ist gewollt aber nicht zwingend, da die Überlegungen zur Dimensionsanalyse für alle physikalischen Probleme gelten, wie an der einen oder anderen Stelle in diesem *essential*-Band deutlich werden wird.

Ein herzliches Dankeschön geht an Dr.-Ing. Andreas Moschallski und Herrn Thomas Zipsner für ihre hilfreichen Kommentare und Anmerkungen.

Hamburg, Deutschland
Herbst 2017

Heinz Herwig

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Dimensionsanalyse und Modelle	1
2	Dimension, Zahlenwert und Einheit	5
3	Dimensionsanalyse und software-Modelle	7
3.1	Dimensionsanalyse und software-Feinmodell	7
3.1.1	Dimensionskonsistenz	8
3.1.2	Die „richtige“ Wahl der Bezugsgrößen	11
3.2	Dimensionsanalyse und software-Grobmodelle	12
3.2.1	Die Relevanzliste als Grobmodell	12
3.2.2	Das Pi-Theorem: Reduktion von Relevanzlisten	15
3.2.3	Benannte Kennzahlen	18
3.3	Dimensionsanalyse und numerische Lösungen	18
4	Dimensionsanalyse und hardware-Modelle	19
4.1	Skalierungseffekte und partielle Ähnlichkeit	22
4.2	Weitere Erläuterungen	23
5	Illustrierende Beispiele	25
5.1	Der „Klassiker“: G.I. Taylor und die Sprengkraft der ersten Atombomben-Explosion	25
5.2	Dimensionsanalyse und Mikrosystemtechnik: Ist alles ganz anders, oder nur kleiner?	26
5.3	Die Nußelt-Zahl: Attraktiv aber problematisch	27
	Weiterführende Literaturangaben	31
	Literatur	35