TECHNISCHE UNIVERSITÄT
TUHH
HAMBURG — HARBURG

Arbeitsbereich Energietechnik

Seminarvortrag

„Turbulenz — Eine Einführung“

Autor: cand. ing. Oliver Czygan
Matr.-Nr. 2492

Betreuer: Dipl.-Ing. Tobias Kockel

1 Gliederung

1. Einleitung
2. Bedeutung der Turbulenz
3. Beschreibung turbulenter Strmungen
4. Quantifizierung von Turbulenz
5. Turbulenztheorien
6. Messung von Turbulenz
7. Ausblick

2 Zusammenfassung

Turbulenz, als ein komplexes, die gesamte Strömungsmechanik beherrschendes Phänomen, soll in einem groben Überblick dem Zuhörer vertrauter gemacht werden.

Nach einer allgemeinen Einführung, die neben einer Begriffszuordnung auch den „historischen Ursprung“ der Turbulenzforschung — den Reynoldsschen Farbfadenversuch 1883 — erwähnt, soll die Bedeutung der Beschäftigung mit Turbulenz aufgezeigt werden.

In einer auf Beobachtungen basierenden Vorgehensweise — dies ist sicherlich ein ähnlicher Weg, wie die klassischen Turbulenzforscher selbst das Problem angehen mußten — sollen zunächst Einflüsse, die das Phänomen Turbulenz auf Aspekte des Strömungsverhaltens ausübt, aufgezeigt werden. Hierdurch wird deutlich, warum es nicht ausreicht, sich ausschließlich mit der theoretisch wesentlich leichter erfaßbaren Laminarströmung auseinanderzusetzen.

Anschließend soll die Turbulenz in seinen möglichen Erscheinungsformen klassifiziert werden. Eine Auflistung der Eigenschaften turbulenter Strömungen zeigt auf, was die theoretische Erfassung so schwierig macht.

Trotz der Schwierigkeiten gibt es Ansätze zur theoretischen Beschreibung turbulenter Strömungen. Die Vorgehensweise von Geschwindigkeitszerlegung in Grundströmung und Störung, Einführen in die Bilanzgleichungen und deren Mittelung zeigt bald das Hauptproblem: Das Gleichungssystem ist nicht geschlossen und bedarf somit zusätzlicher Gleichungen. Strömungsforscher versuchten einerseits, die Turbulenz in allen statistischen Einzelheiten (z. B. anhand von Korrelationen und Energiespektren) zu erfassen, da die stochastischen Schwankungsgrößen nicht exakt vorhergesagt werden können. Diese statistischen Turbulenztheorien liefern dem Praktiker jedoch nicht die erwünschten Ergebnisse, sie gewähren lediglich einen Einblick in bestimmte Turbulenzphänomene, beispielsweise den energetischen Kaskadenprozeß.

Der zweite Weg wurde mit den halbempirischen Turbulenztheorien eingeschlagen: die Schließung des Systems durch empirische Gleichungen, die beispielsweise Erfahrungswerte für bestimmte Strömungsklassen enthalten. Der Prandtlsche Mischungswegansatz, als ein wesentlicher Vertreter dieser Kategorie, verlagert zum Beispiel das Problem der Bestimmung der turbulenten Schubspannung, die wesensmäßig mit Schwankungsgrößen verknüpft ist, auf die Ermittlung des Mischungsweges — eine der „mittleren freien Weglänge“ der kinetischen Gastheorie äquivalente, aber aufgrund seiner Turbulenzstrukturabhängigkeit schwieriger zu handhabende, Kenngröße.

Da die theoretische Erfassung turbulenter Strömungsvorgänge exakt noch nicht möglich ist, ist den Turbulenzmessungen eine besondere Bedeutung zuzuschreiben. Bei den Meßverfahren kommt es vor allem auf geringe Trägheit an, damit die zum Teil hochfrequenten Schwankungsbewegungen noch aufgelöst werden können. Als typische Vertreter seien hier die Hitzdraht- und die Laser-Doppler-Anemometrie vorgestellt. Ein Vergleich beider Meßverfahren zeigt die Vor- und Nachteile — und

daraus resultierend die jeweiligen Anwendungsbereiche — auf.
Der Ausblick soll noch eine kurze Übersicht über die heutige und die zukünftige theoretische Behandlung von Turbulenz liefern.

3 Literaturverzeichnis

Literatur

[1] Bird, R. Byron; Stewart, Warren E.; Lightfoot, Edwin N.: *Transport Phenomena.* 1. Aufl. New York: John Wiley & Sons, 1960.

[2] Bohl, Willi: *Technische Strömungslehre.* 8. Aufl. Würzburg: Vogel Verlag, 1989.

[3] Bradshaw, Peter: *An Introduction to Turbulence and its Measurement.* 1. Aufl. Headington Hill Hall, Oxford: Pergamon Press Ltd., 1971.

[4] Bradshaw, Peter (Hrsg.): *Turbulence.* 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1978.

[5] Bradshaw, Peter; Cebeci, Tuncer; Whitelaw, James H.: *Engineering Calculation Methods for Turbulent Flow.* 1. Aufl. London: Academic Press, 1981.

[6] Chen, C. J.; Chen, L.-D.; Holly, F. M. (Hrsg.): *Turbulence Measurements And Flow Modeling.* 1. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1987.

[7] Eck, Bruno: *Technische Strömungslehre, Band 1: Grundlagen.* 9. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

[8] Fiedler, Otto: *Strömungs- und Durchflußmeßtechnik.* 1. Aufl. München: R. Oldenbourg Verlag, 1992.

[9] Frost, Walter; Moulden, Trevor H. (Hrsg.): *Handbook of Turbulence, Volume 1: Fundamentals and Applications.* 1. Aufl. New York: Plenum Press, 1977.

[10] Gersten, Klaus: *Einführung in die Strömungsmechanik.* 3. Aufl. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1984.

[11] Hinze, J. O.: *Turbulence — An Introduction to Its Mechanism and Theory.* 1. Aufl. New York: McGraw-Hill Book Company, 1959.

[12] Isay, Wolfgang Hermann: Vorlesungsskript Inkompressible Strömungen / Universität Hamburg.

[13] Jischa, Michael: *Konvektiver Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch.* 1. Aufl. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1982.

[14] Kalide, Wolfgang: *Technische Strömungslehre — Eine Einführung.* 5. Aufl. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1980.

[15] Prandtl, Ludwig; Oswatitsch, Klaus; Wieghardt, Karl: *Führer durch die Strömungslehre.* 8. Aufl. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1984.

[16] Richter, Hugo: *Rohrhydraulik.* 5. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1971.

[17] Rotta, Julius C.: *Turbulente Strömungen.* 1. Aufl. Stuttgart: B. G. Teubner, 1972.

[18] Schlichting, Hermann: *Grenzschicht-Theorie.* 8. Aufl. Karlsruhe: Verlag G. Braun, 1982.

[19] Sigloch, Herbert: *Technische Fluidmechanik.* 1. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1982.

[20] Szablewski, Witold: *Turbulente Scherströmungen, Freie Turbulenz.* 1. Aufl. Berlin: Akademie-Verlag, 1979.

[21] Tennekes, H.; Lumley, J. L.: *A First Course In Turbulence.* 8. Aufl. Cambridge: The Massachusetts Institute of Technology, 1982.

[22] Tietjens, O.: *Strömungslehre, Erster Band.* 1. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1960.

[23] TSI, P. O. Box 43394, St. Paul, MN 55164. *TB 25a: Laser Velocimeter Techniques.*

[24] TSI, P. O. Box 64394, St. Paul, MN 55164. *TB 5: Hot Film and Hot Wire Anemometry — Theory and Application.*

[25] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) (Hrsg.): *VDI-Wärmeatlas — Berechnungsblätter für den Wärmeübergang.* 7. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1994.

[26] Wuest, Walter: *Strömungsmeßtechnik.* 1. Aufl. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1969.

[27] Zierep, Jürgen: *Grundzüge der Strömungslehre.* 5. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 1993.