

EXPERIMENTELLE UND NUMERISCHE UNTERSUCHUNG VON AUFTRIEBS- STRÖMUNGEN IM ÜBERGANGSBEREICH

W. Haupt¹ und C. van Treeck²

¹Lehrstuhl für Bauphysik, Technische Universität München,
²Lehrstuhl für Bauinformatik, Technische Universität München,
 Arcisstr. 21, 80290 München, Germany
 eMail: {haupt,treeck}@bv.tum.de

KURZFASSUNG

Trotz ihrer hohen praktischen Bedeutung für den Gebäudesektor sind für die numerische Berechnung von auftriebserregten Raumluftströmungen im Übergangsbereich laminar/turbulent ($10^8 < Ra < 10^{10}$) kaum Validationsmessungen zu finden.

Die zuvor durchgeführten Untersuchungen (Haupt, 2001-2005) zu freier Konvektion in einem rechteckigen Behältnis, die auf einem entsprechenden Laborversuch mit beheizter Boden- und gekühlter Deckenplatte beruhen, zeigen sowohl im Experiment als auch bei der Simulation transientes Verhalten in Form von langsamen Fluktuationen um die Hochachse.



Abb. 1 Versuchsanordnung

Die gezogene Schlussfolgerung, derartige Strömungen seien ausschließlich dreidimensional, ohne Ausnutzung geometrischer Symmetrien und möglichst transient zu berechnen, ist vereinzelt so missverstanden worden (Zimmermann, 2005), CFD-Programme seien generell nicht in der Lage, derartige Strömungen zu berechnen. Von (Zimmermann, 2005) wird zudem ausgeführt, die Strömungszustände bei dem Versuch seien nicht instationär und daher auch nicht transient zu berechnen. Zur Untermauerung werden eigene Berechnungen angeführt.

Diesem "Beispiel aus der Praxis" werden in vorliegendem Vortrag zunächst die Rechen- wie auch

Messwerte der ursprünglichen Studie auf eine neue und übersichtliche Weise gegenübergestellt.

Die Studie wird ergänzt durch aktuelle Simulationsergebnisse, die anhand einer detaillierten Large-Eddy Simulation (LES) erhalten wurden. Das verwendete numerische Verfahren basiert auf einem hybriden thermischen Lattice-Boltzmann Modell (Lallemand, 2003), das um ein Feinstruktur Turbulenzmodell erweitert wurde (van Treeck, 2005). Das Verfahren wurde zuvor bzgl. freier Konvektionsströmungen anhand Benchmarks aus der Literatur validiert für den Fall von Rayleigh-Bénard Konvektion (Untersuchungen zur kritischen Rayleighzahl) und der Strömung in einem Behältnis mit beheizten Seitenwänden.

Aus diesen drei unterschiedlichen Berechnungsansätzen werden Schlussfolgerungen gezogen und die spezifischen Stärken und Schwächen der drei betrachteten Methoden im Vortrag miteinander verglichen.

ABSTRACT

Numerical calculations of buoyancy induced natural convection in the laminar/turbulent transitional region ($10^8 < Ra < 10^{10}$) are of great practical relevance in the scope of ventilation in buildings. Nevertheless there exist only a few validation measurements for this type of flow.

The previous work (Haupt, 2001-2005) concerned free convection in a rectangular cavity in a laboratory test environment with heated top and cooled bottom plate, respectively. Both experiment and simulation show transient behaviour with slow fluctuations around the vertical axis. It was concluded that these kinds of flows are to be modeled in a solely transient and three-dimensional manner and without utilizing geometrical symmetries. The conclusion was misunderstood (Zimmermann, 2005) in the sense that CFD tools are generally not applicable for predicting this type of flow. Moreover, (Zimmermann, 2005) doubts the transient character of the flow under consideration by presenting own simulation results.

In this contribution, the latter practical example will be compared to the original findings which are presented in a new and concise way.

The study is extended by results currently obtained by a detailed large-eddy simulation (LES). The applied numerical model is based on a hybrid thermal lattice Boltzmann model (Lallemand, 2003) which has been extended by a subgrid-scale turbulence model (van Treeck, 2005). The approach has been previously validated for free convection using benchmarks from the literature for the cases of Rayleigh-Bénard convection (critical Rayleigh number behaviour) and cavity flow with heated side walls.

We conclude by comparing the three approaches accordingly and we identify the strong and weak points of the applied methods.

LITERATUR

- Haupt, W.: Zur Simulation von auftriebsregten Raumluftrömungen mit Hilfe von Computational Fluid Dynamics (CFD). *Bauphysik* 23 (2001), H. 6, S. 338-343.
- Haupt, W.: Zur Simulation von auftriebsinduzierten Innenraumströmungen. Dissertation Universität Kassel 2001.
- Haupt, W., 2005: Do's and Don't's of CFD-Simulations on Free Convection. *Proceedings of Nordic Building Conference 2005*. Reykjavik.
- Lallemand P., Luo L.-S. 2003. Theory of the lattice Boltzmann method: Acoustic and thermal properties in two and three dimensions, *Phys. Rev. E*, **68**, 036706.
- van Treeck C., Rank E., Krafczyk M., Toelke J., Nachtwey B. 2005. Extension of a hybrid thermal LBE scheme for Large-Eddy simulations of turbulent convective flows, *Computers and Fluids*, in press.
- Zimmermann, F.: CFD - nützliches Planungswerkzeug oder bunte Bilder? *HLH* 56 (2005), H. 10, S. 54-57.