

## CFD-STUDIEN ZUR ERMITTLUNG DER EFFIZIENZ EINER NACHTLÜFTUNG ZUR SOMMERLICHEN ENTWÄRMUNG VON BÜRORÄUMEN

Tjado Voß

Bergische Universität Wuppertal,

Fachbereich Architektur, Design, Kunst

Lehrstuhl für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung btga,

Email: tvoss@uni-wuppertal.de

### KURZFASSUNG

Eine energieeffiziente Möglichkeit der sommerlichen Entwärmung besteht darin, Gebäude nachts mit kühler Außenluft zu durchströmen. Die während der Nachtlüftung „ausgekühlten“ Bauteile wirken am folgenden Tag als Kältespeicher. Bei ihrer Erwärmung entziehen sie dem Raum thermische Energie.

Ziel eines vom BMWi geförderten Forschungsprojektes ist die Bestimmung der Effizienz unterschiedlicher baulicher Konfigurationen und globaler Eingabeparameter für die vereinfachte Abbildung in der dynamischen Gebäudesimulation.

Mit Hilfe dreidimensionaler Strömungssimulationen werden Parameter-Studien über die Entwärmung an Musterräumen mit unterschiedlichen Ein- und Ausströmkonfigurationen durchgeführt. Für jeden Musterraum werden Parameter wie Raumabmessungen, Lage und Größe der therm. Speichermassen, Raum- und Lufttemperaturen etc. nach der Methodik der statistischen Versuchsplanung variiert.

Aus den dabei errechneten Wärmeströmen werden signifikante Einflussfaktoren auf die Nachtlüftungseffektivität ermittelt. Die Wärmestromverteilung auf den Raumboflächen zeigt, welche Bereiche der Bauteile für die Nachtlüftungseffektivität besonders wichtig sind und welche ggf. thermisch entkoppelt werden können. Die Ergebnisse werden in einem Katalog zusammengestellt.

### ABSTRACT

An energy-efficient possibility of summer warmth-discharge is, to stream colder outside air through buildings at night. Building construction elements, which are cooled down during night ventilation, work as a thermal storage on the following day(s). They extract thermal energy from the room air.

The intention of a research project funded by the BMWi is to determinate the efficiency of different structural configurations and global input parameters for the simplified reproduction in thermal building simulation.

Parameter studies on the warmth-discharge of model rooms with different inlet- and outlet-configurations

are performed by three dimensional CFD simulations. For each model room parameters such as room dimension, position and size of the thermal mass, component- and air-temperatures etc. are systematically varied by the methodology of the statistic experimental design.

From the heat flows, determined by the CFD simulations, significant factors of influence on night ventilation efficiency are identified. The heat flow distribution at the room surfaces shows, which parts of the construction units are particularly important for night ventilation effectiveness and which, if necessary, can be thermally decoupled. The results are arranged in a catalogue.

### **Einflüsse auf die Effizienz einer Nachtlüftung**

Die Wirksamkeit der Nachtlüftung hängt insbesondere von der Ankopplung der Raumluft an die baukonstruktiv vorhandenen thermischen Speicher (Decke, Estrich etc.) und deren Wärmekapazität ab. Am Tage wird thermische Energie sowohl durch Strahlung als auch konvektiv an die Bauteile übergeben. Nachts hingegen kann diese Wärme nur konvektiv an die Luft abgegeben und mit ihr abgeführt werden. Daraus folgt, dass der konvektive Wärmeübergang für die Wirksamkeit der Nachtlüftung maßgebend ist. Die zur Verfügung stehende thermische Speicherkapazität hängt davon ab, wie viel der vorhandenen Speicherkapazität in einem 24-Stunden-Zyklus tatsächlich aktiviert wird.

### **Thermische Gebäudesimulation**

Bei der Simulation hängt die Güte der Ergebnisse stark von der Realitätsnähe der Wärmeübergangskoeffizienten ab. Programme zur thermischen Gebäudesimulation berechnen die strahlungsbedingten Wärmeübergangskoeffizienten unter Angabe von Emissionskoeffizienten; die konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten hingegen müssen vom Benutzer vorgegeben werden. Die Bestimmung der konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten ist fehleranfällig, weil sie von diversen Faktoren abhängen, wie z.B. Bauteil- und Lufttemperaturen, Strömungsgeschwindigkeiten und -profil, Raumgeometrie etc. Darüber hinaus erfassen die Programme nicht die Verteilung der Wärmeflüsse auf den Raumumschließungsflächen.

### Abbildung von Nachtlüftungen mittels CFD

Zur detaillierten Beschreibung der physikalischen Vorgänge werden Parameterstudien an Musterräumen mittels CFD-Simulationen mit dem Programm „Fluent 6.2“ durchgeführt. Dabei werden Parameter wie Volumenstrom, Bauteil- und Lufttemperaturen, Raumgeometrie, Bauteildicken etc, sowie bauliche Ein- und Ausströmkonfigurationen durch die Methodik der statistischen Versuchsplanung systematisch variiert. Die Ergebnisse bezüglich Strömungsprofil und Wärmeübergangskoeffizienten werden in einem Katalog zusammengestellt.

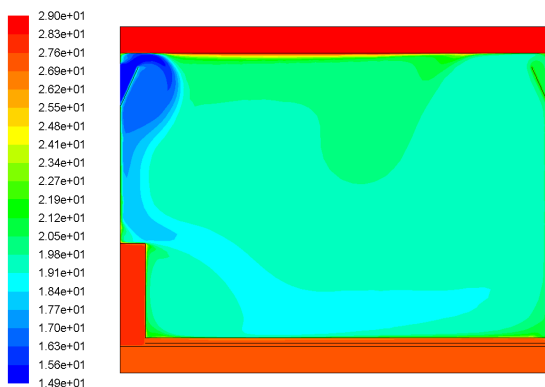


Abbildung 1: 2D-CFD-Simulation: durch eine Fensterklappe auf der Fassadenseite strömt 15°C kalte Außenluft ein. (Dargestellt: Temperaturverteilung [°C] zu Beginn einer Nachtlüftung.)

Zunächst sollten die Untersuchungen mittels zweidimensionaler, instationärer CFD-Simulationen durchgeführt werden. 3D-Validierungsrechnungen zeigten jedoch, dass, insbesondere bei räumlich stark konzentrierten Ein- und Auslassbereichen, deutliche Abweichungen zu den Ergebnissen der 2D-Simulationen auftraten. Deshalb werden, trotz eines stark erhöhten Zeitaufwandes, 3D-Simulationen durchgeführt.

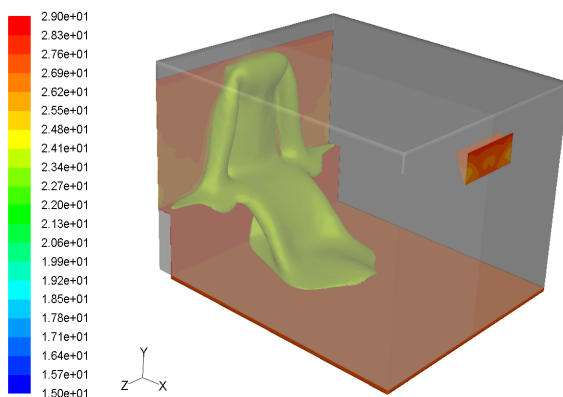


Abbildung 2: 3D-Simulation: durch eine Fensterklappe in Raummitte einströmende kalte Außenluft zu Beginn einer Nachtlüftung. (Dargestellt: 24°C-Isotherme)

Zur Reduzierung der Rechenzeiten wird, falls möglich, unter Ausnutzung der Symmetrieeigenschaft lediglich eine Raumhälfte abgebildet. Das 3D-CFD-Netz wurde durch Extrusion aus dem mit Viereckszellen unstrukturiert vernetzten Raumquerschnitt generiert. Die Kantenlängen der Zellen variieren im unstrukturierten Teil zwischen 5 und 10cm. Zur korrekten Abbildung der Wärmeübergänge wurden die Oberflächen der wärmespeichernden Bauteile (Decke, Brüstung, Estrich) mit sog. Boundary Layern versehen. Für die Simulation einer Nachtlüftungsstunde wird bei Berücksichtigung des Wärmeaustauschs durch Strahlung auf einem Dual-Opteron-System etwa ein Tag Rechenzeit benötigt.

### Ergebnisse

Aus den durch CFD-Simulationen ermittelten Wärmeströmen werden die während eines Nachtlüftungszyklus erzielten Energieausträge berechnet. Dabei werden signifikante Einflussfaktoren auf die Nachtlüftungseffektivität identifiziert.

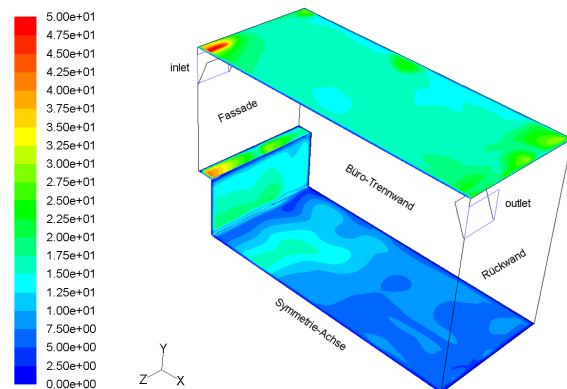


Abbildung 3: Verteilung der Wärmeflüsse [W/m<sup>2</sup>] auf den Raumboflächen nach 1h Nachtlüftung. (Raumkonfiguration nach Abb. 2)

Die Wärmeflussverteilung auf den Raumboflächen gibt Hinweise darauf, welche Bereiche auf Grund ihrer Wichtigkeit für die thermische Speicherung gut an den Raum angekoppelt werden sollten und welche ggf. entkoppelt werden können, z.B. für raumakustische Verbesserungsmaßnahmen (Abb. 3).

Es wird deutlich, dass durch gezieltes Lenken der Außenluftströme auf thermische Speicher die Wirksamkeit der Nachtlüftung verbessert werden kann. Dies ist z.B. bei der Wahl geeigneter Orte für den gezielten Einsatz von Phasenwechselmaterialien von Bedeutung.

### LITERATUR

- Pfafferott, J. 2004. Enhancing the Design and Operation of Passive Cooling Concepts, Dissertation, Universität Karlsruhe.
- Bandemer, H. 1994. Statistische Versuchsplanung, 4. Aufl., Teubner Verlag, Stuttgart.