

# VERGLEICH VON THERMISCHEN GEBÄUDESIMULATIONSMODELLEN FÜR DIE ANWENDUNG AN DOPPELFASSADEN

Jan Peter Hinrichs, Christoph Mitterer

Fraunhofer Institut für Bauphysik  
Fraunhoferstraße 10, 83071 Valley, Deutschland

## KURZFASSUNG

In einer internationalen Forschungs Kooperation mit dem Korean Institute for Construction Technology (KICT) wird das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) die Entwicklung von Fassaden für energieeffiziente Hochhäuser unterstützen. Die Abbildung der von KICT zu entwickelnden kompakten Doppelfassade mittels numerischer Simulation ist im Wesentlichen der Forschungsbeitrag des IBP. Dabei soll eine gekoppelte numerische Betrachtung der Verhältnisse vor der Fassade, der Energie- und Massenströme in der mehrschichtigen und teils transparenten Fassadenkonstruktion, sowie der Auswirkung auf das Raumklima durch geeignete Simulationsprogramme und deren Kombination entwickelt werden.

Die laufende Vorstudie dient dazu, die Prinzipien dieses speziellen Doppelfassadentyps zu analysieren, um darauf aufbauend das Anforderungsprofil für die numerische Simulation abzuleiten und ein gleichungsbasiertes Modell zu erstellen. Zudem wird die Notwendigkeit einer Kopplung mit CFD und der thermischen Gebäudesimulation hinterfragt, sowie die Eigenschaften verschiedener Simulationsmodelle verglichen.

## ABSTRACT

In an international research cooperation with the Korean Institute for Construction Technology (KICT), the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) supports the development of energy efficient facades for multi story buildings. The contribution of IBP is to develop a numerical simulation model with supports KICT's development of compact double skin façades (DSF). In doing so, the aim is to develop an integrative numerical simulation of both the conditions in front of the façade, the energy and the mass flow in the multi layer and partly transparent façade construction as well as the development of the impact of indoor climate in combination with a suitable simulation program.

The preliminary study aims at analysing the principle of DSF by reviewing publications in order to design a requirement profile for the numerical simulation procedure. Furthermore, the coupling of CFD simulation and thermal building simulation will be integrated as well as the characteristics of various simulation models will be analysed.

## DOPPELFASSADE IN DER PRAXIS UND IN DER SIMULATION

In unzähligen Untersuchungen und Abhandlungen wurden Glas-Doppelfassaden (GDF) diskutiert, z.B. (Hausladen, et al. 1998). Messtechnische Untersuchungen von einschlägigen Gebäuden mit GDF weisen einen unerwartet hohen Gesamtenergieverbrauch auf, womit die Frage berechtigt erscheint, ob diese Fassaden bauphysikalisch wirklich sinnvoll sind (vgl. Gertis et al. 1999). Vor- und Nachteile von Glas-Doppelfassaden wurden von Hauser in 2008 kritisch gegenübergestellt und damit einen Überblick über die bauphysikalischen Probleme geschaffen.

Die prinzipielle Charakteristik von GDF ist gekennzeichnet durch zwei überwiegend transparente Bauteilebenen, die eine Luftschicht einschließen. Im Winterfall wird damit das Prinzip einer „transparenten Wärmedämmung“ umgesetzt, während es im Sommerfall gilt, die Wirkung der äußeren Ebene durch intensives durchfluten des Zwischenraumes über Öffnungen der Fassade aufzuheben. In den Übergangszeiten ist man bestrebt durch sinnvolle Steuerung der Durchströmung Effekte zu erzielen, die zur effizienten Belüftung und thermischen Regulierung eines Gebäudes beitragen. Sinnvoll ist das jedoch nur, wenn die im Winter eingesparte Energie den Kühlenergieaufwand aufgrund sommerlicher Aufheizung überragt. Die Nutzung der Gebäude muss dabei unbedingt berücksichtigt werden. So entstehen z.B. in Bürogebäuden hohe interne Lasten, welche die Energieeinsparung im Winter schmälern (Hauser 2008). Weiterhin kann der Einsatz von GDF aus schallschutztechnischen Gründen erstrebenswert sein.

Vor diesem Hintergrund wurden in der Baupraxis eine Vielfalt von Doppelfassadenvariationen entworfen und realisiert. Bei der Planung und zur Demonstration der Funktionalität wurden numerische Simulationen eingesetzt, die dahingehend weiterentwickelt wurden, dass sie die vielfältigen physikalischen Elemente, die an der GDF wirken, möglichst gut abbilden. Abgesehen davon, dass die verschiedenen Simulationsmodelle aufgrund ihrer numerischen Eigenschaften die Realität mehr oder weniger gut abbilden können, hängt das Ergebnis maßgeblich von den Eingangsparametern - also den Randbedingungen ab. Bei Untersuchungen am IBP (Heusler et al. 2009) hat sich gezeigt, dass die Hauptschwierigkeit beim Vergleich von Messung und Simulation in der richtigen Wahl der Randparameter bei der Simulation liegt. Insbesondere das Mikroklima, das sich bedingt durch unterschiedliche Parameter (z.B. Gebäudegeometrie, Bebauung in der Umgebung, Orientierung und Position an der Fassade, usw.) einstellt ist, in der Regel nicht hinreichend bekannt. Erste Untersuchungen hierzu werden in (Katzschner 2009) beschrieben. Die verschiedenen Skalen der Simulation, die es für eine möglichst Aussagekräftige Vorhersage der Bedingungen zu integrieren gilt, werden in (van Treeck 2010) erörtert. Auf diesen Ansatz baut auch das aktuelle Forschungsprojekt auf, wozu zunächst die verschiedenen Simulationsmethoden und -werkzeuge analysiert werden.

## SIMULATIONSMETHODEN

Sowohl numerische Strömungssimulation mit CFD als auch Knotennetzwerkmodelle werden zur Simulation von GDF eingesetzt, wenngleich diese Methoden sich stark im Detaillierungsgrad, dem rechnerischen Aufwand und der Genauigkeit der Ergebnisse unterscheiden. Daher versucht man die Methoden gekoppelt einzusetzen, um die jeweiligen Vorteile auszunutzen. Mit Netzwerkknotenmodellen kann die GDF in mehrere Zonen unterteilt werden. Dabei werden Leistungen von instationären Wärmeleitungsvorgängen in Bauteilen, von konvektiver und radiativer Wärmeübertragung an Bauteiloberflächen und interne Wärmequellen und Enthalpieströme bilanziert (van Treeck 2004). Bei der Strömungssimulation mit CFD wird ein numerisches Gitter erzeugt und anschließend die Geschwindigkeiten und Temperaturen in jedem Punkt berechnet. Im Vergleich zur thermischen Gebäudesimulation wird in der Regel die Strömung zu einem bestimmten Zeitpunkt oder über einen kurzen Zeitraum simuliert.

Gebäudesimulationsprogramme wie beispielsweise das von der University of Strathclyde entwickelte Programm ESP-r (Clarke 1977) haben unterschiedliche Modelle zur Simulation von Doppelfassaden integriert, die in der Arbeit von (Dickson 2004) beschrieben werden. Sie Software und die implementierten

Module für die Doppelfassaden sind in FORTRAN geschrieben. Mehr Flexibilität in Bezug auf die Integration von neuen Modellen bietet die generische objektorientierte Modellierungssprache MODELICA, die eine klare Trennung zwischen Modellbildung und Löser aufweist und für die vorgesehene Fragestellung favorisiert wird. Hierbei muss kein spezieller Löser für das physikalische Problem entwickelt werden, womit der Focus auf der Modellbildung liegt. Ein Nachteil ist die eingeschränkte Möglichkeit der Kopplung des Modells mit anderen Modellen (Dimensionsübergang 1D/3D, Zeitskalen). Eine weitere Stärke von Modelica liegt in der Wiederverwendbarkeit und Modularität der Modelle. Damit bietet das Programm die Möglichkeit, schnell auf neue Erkenntnisse zu reagieren und diese zu implementieren. Die an IBP entstandene Modellbibliothek BuildingPhysicsLibrary (Nouidui 2008) besitzt grundlegende Modelle, die im Laufe des Projektes um Modelle für Glas-Doppelfassade erweitert werden können.

## LITERATUR

Hauser, G; (2008): Dynamisches thermisch-hygrisches Verhalten von Gebäuden Vorlesungsskript, Technische Universität München.

van Treeck, C; (2004): Gebäudemodell-basierte Simulation von Raumluftrömungen, Dissertation, Technische Universität München.

van Treeck, C; (2010): Introduction to Building Performance Simulation, Habilitationsschrift, Technische Universität München.

Katzschner, L; Maas, A; Schneider, A; (2009): Das städtische Mikroklima: Analyse für die Stadt- und Gebäudeplanung, Bauphysik 31 (1): 18-24.

Gertis, K.; (1999): Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 1: Transparente Wärmedämmung, Bauphysik 21 (1): 1-9.

Gertis, K.; (1999): Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glas-Doppelfassaden. (1999), Bauphysik 21 (2): 54-66.

Hausladen, G. et al.; (1998): Solare Doppelfassaden. Energetische und raumklimatische Auswirkungen, Kl 34, H. 11, S. 524-529.

Dickson, A.; (2004): Modelling Double-Skin Facade Department of Mechanical Engineering University of Strathclyde, Glasgow UK.

Clarke, J.A.; (1977): Environmental Systems Performance, PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow UK.

Heusler, I; Sinnesbichler, H; Erhorn, H; Nimtsch, A; (2009): Erarbeitung einer vereinfachten Berechnungsmethode für Doppelfassaden für die Integration in die deutsche EPPD- Energieeffizienzbewertungsmethode DIN V 18599 (Bewertungsmethode GDF).

Nouidui, T; (2008): Entwicklung einer objektorientierten Modellbibliothek zur Ermittlung und Optimierung des hygrothermischen und hygienischen Komforts in Räumen.