

## **VALIDIERUNG VON GEBÄUDESIMULATIONSSOFTWARE: EINE ÜBERSICHT DER AKTIVITÄTEN VON IEA TASK34 UND ANNEX43**

Clemens Felsmann

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden

Forschung und Anwendung GmbH, Germany

Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden

Tel. ++49 (0) 351 4175692 Fax ++49 (0) 351 4175699

[felsmann@itg-dresden.de](mailto:felsmann@itg-dresden.de)

### KURZFASSUNG

Dieses Dokument gibt einen Einblick in aktuelle Aktivitäten zur Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen. Dazu werden die wesentlichen Arbeitsinhalte und einige Ergebnisse des von der Internationalen Energieagentur (IEA) getragenen Verbundprojektes Task34 / Annex43 vorgestellt. Im Rahmen dieses Projektes wurden Validierungsverfahren für Mehrzonengebäude, Tageslicht- und Verschattungseinrichtungen, Glas-Doppelfassaden sowie für Heizungs-/ Lüftungs- und Klimatisierungssysteme entwickelt. Die Testverfahren beruhen auf dem Vergleich der Simulationsergebnisse mit realen Messdaten oder dem Vergleich der Simulationsprogramme untereinander. Wo möglich wurden analytische Lösungen entwickelt.

Dieses IEA Forschungsprojekt wurde im Jahr 2008 beendet.

### ABSTRACT

This paper gives an insight into recent activities in the field of validation of building energy simulation programs. For that purpose the substantial work contents and some results of the joint project Task34/Annex43 supported by the International Energy Agency (IEA) will be presented. In the framework of this project methods have been developed for the validation of multi-zone buildings, daylighting and shading devices, double-skin façades, and HVAC systems. The test methods are based on the comparison of simulation results with real experimental data or on the comparison of simulation programs against each other. Analytical solutions have been developed where it was possible.

This IEA project has been finished in 2008.

### EINLEITUNG

Die Gebäude- und Anlagensimulation ist ein wichtiges Werkzeug bei der Planung, Optimierung und betriebsbegleitenden Überwachung von Gebäuden und deren technischen Anlagen. Je nach Anwendungsfall stehen verschiedene, mehr oder weniger spezialisierte Simulations- und Berechnungsprogramme zur Verfügung mit deren

Hilfe Aussagen zum Energiebedarf von Gebäuden, der Energieeffizienz von Heizungs-, Lüftungs-, Klimatisierungs- und Beleuchtungssystemen sowie zur Nutzung regenerativer Energien im Gebäude erzielt werden können. Eine Übersicht des DOE (DOE, 2008) enthält umfangreiche Informationen zu mehr als 340 Simulationsprogrammen. Der Anwender solcher Programme muss auf die Korrektheit der internen Berechnungsabläufe und die Verlässlichkeit der Ergebnisse im Sinne des Anwendungszweckes vertrauen können. Dennoch ist immer wieder zu beobachten, dass die von verschiedenen Simulationsprogrammen berechneten Größen z. T. stark voneinander abweichen. In der Folge ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen auf die Dimensionierung von Gebäuden und Anlagen und auf andere grundlegende Entscheidungen, die auf der Basis der Simulationsergebnisse getroffen werden. Für eine Qualitätssicherung, die bereits bei der Softwareentwicklung einsetzen muss, ist daher eine Validierung durch die Programmentwickler unbedingt notwendig. Nebenbei ergeben sich bei der Anwendung der Validierungsverfahren durch den Nutzer hervorragende Möglichkeiten zur Einsicht in die Modellierungsansätze und Funktionalitäten eines Simulationsprogramms. In diesem Sinne erfolgt somit auch eine Schulung des Nutzers im Umgang mit dem Programm.

### METHODEN ZUR VALIDIERUNG

Es bestehen grundsätzlich drei unterschiedliche Methoden, die für die Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen eingesetzt werden können:

- analytische Validierung,
- vergleichende Validierung und/oder
- empirische Validierung.

Jedes dieser Verfahren hat bestimmte Vor- und Nachteile. Langjährige Erfahrungen zur Validierung sind aus den IEA Projekten Annex21 (1988-1993), Task12 (1989-1994) und Task22 (1996-2003) verfügbar. Das Projekt Task34 / Annex43 ist somit eine logische Fortsetzung der bisherigen Tätigkeiten auf diesem Gebiet.

## NEUE TESTS AUS IEA TASK 34/43

### SUBTASK B: Mehrzonengebäude

Es handelt sich hier um einen vergleichenden Test, bei dem anhand eines einfachen Modells für ein Mehrzonengebäude (Abbildung 1) geprüft werden kann, ob ein Simulationsprogramm die Wärmeübertragung zwischen den Zonen korrekt nachbildet. Auch spezielle Fragestellungen zur zonenspezifischen Zuordnung von Wärmegewinnen lassen sich untersuchen. Zu diesem Zweck wird das Mehrzonengebäude mit einer externen Verschattungseinrichtung kombiniert (hier nicht dargestellt), die sich auf alle Zonen unterschiedlich auswirkt.

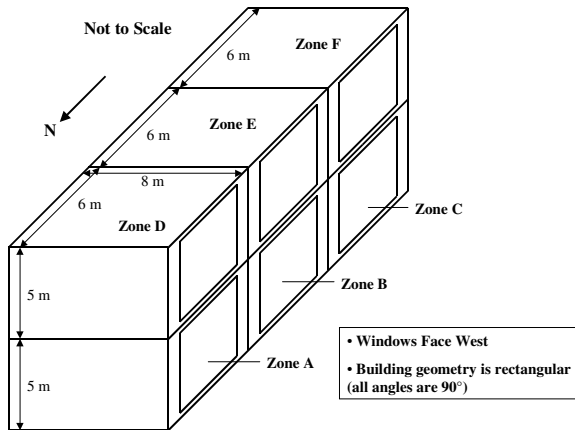


Abbildung 1 Modell des Mehrzonengebäudes

Es ist für jede Zone der jährliche Kühlenergiebedarf zu berechnen. Kühllasten werden ausschließlich durch solare Wärmegewinne verursacht. Für die Validierung der Simulationsprogramme werden die Jahres-Kühlenergiebedarfswerte verwendet und gegeneinander verglichen, Abbildung 2.

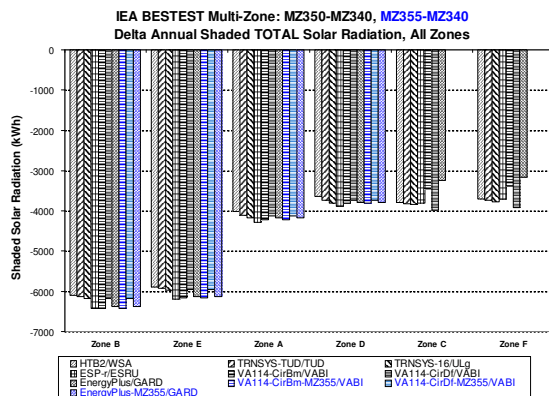


Abbildung 2 Jahres-Kühlenergiebedarf verschiedener Simulationsprogramme

Ausgewählte Tagesprofile für die solare Einstrahlung auf die Fassade dienen der Verifizierung von

Eingangsdaten. In einem anderen Testgebäude wird die Strahlungsführung durch interne Fenster validiert.

Ein zweites Testverfahren analysiert den Luftaustausch innerhalb von Gebäuden. Es ist der resultierende Luftvolumenstrom für freie und erzwungene Lüftung zu berechnen. Abbildung 3 zeigt ein einfaches Testbeispiel.

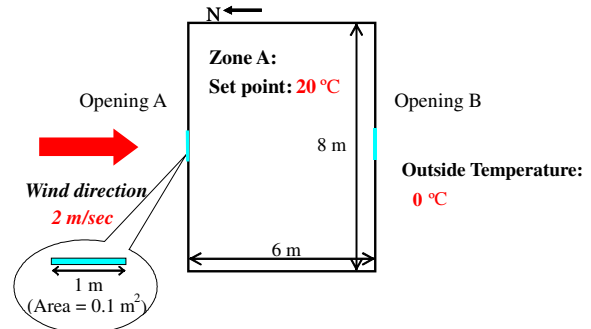


Abbildung 3 Test für Gebäudedurchströmung

### SUBTASK C: Tageslicht und Verschattung

Für die empirische Validierung stehen ein Testgebäude und eine Prüfkammer zur Verfügung. Beide Gebäude sind messtechnisch entsprechend ausgestattet. Abbildung 4 zeigt eine Schnittdarstellung der Prüfkammer. Die Umgebung der Innenwände wird künstlich konditioniert; lediglich Fassade und Fensterfläche sind realem Wetter ausgesetzt.

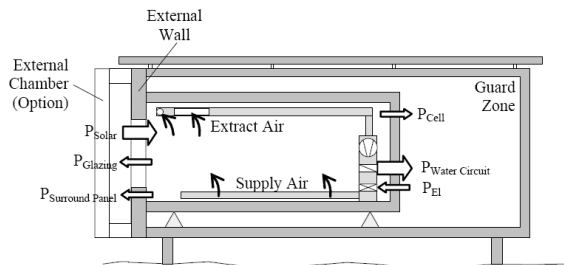


Abbildung 4 Modell der Prüfkammer



Abbildung 5 Außenansichten der Fassade

In mehreren, teilweise aufeinander aufbauenden Bearbeitungsschritten wurden Wärmeverluste der Fassade, solare Einstrahlung, Einfluss des Fensters sowie innere und äußere, z. T. auch verstellbare Verschattungseinrichtungen untersucht. Die Art der

Verschattungen wurde variiert, wie aus Abbildung 5 ersichtlich.

Wechselwirkungen zwischen der Verschattung und der Tageslichtnutzung sind Gegenstand eines anderen hier nicht näher beschriebenen Testgebäudes.

#### SUBTASK D: Anlagentechnik und Regelung

Es wurden vergleichende und empirische Tests zur Validierung von Simulationsprogrammen für die Anlagentechnik im Gebäude erarbeitet. Dazu wurden Heizungs- und Kältesysteme, die der Konditionierung der Zuluft in einem Versuchshaus dienen, verwendet. Abbildung 6 zeigt exemplarisch das Strangschema der Heizungsanlage.

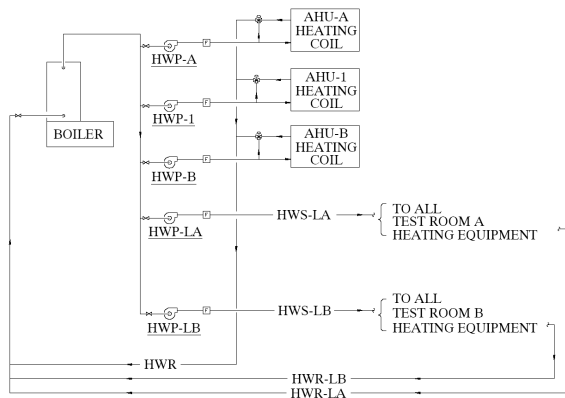


Abbildung 6 Anlagenschema Heizung

Die Tests umfassen insgesamt die folgenden Komponenten: Lufterhitzer, Luftkühler, Brennwertkessel, Kältemaschine und Hydraulik.

#### SUBTASK F: Glas-Doppelfassade

Ein neu errichtetes Laborgebäude ist mit einer nach Süden ausgerichteten Glas-Doppelfassade ausgestattet. Abbildung 7 zeigt eine Außenansicht des Gebäudes. Die oberen und unteren Fenster der Fassade können geöffnet werden.



Abbildung 7 Außenansicht der Glas-Doppelfassade

Das thermische Verhalten des Gebäudes wird messtechnisch erfasst. Aus den Messwerten wurden zwei empirische Testverfahren mit unterschiedlichen Szenarien hinsichtlich der Einbindung der Fassade entwickelt: Alle Fenster der Fassade geschlossen oder

außenliegende Fenster geöffnet. Abbildung 8 verdeutlicht die beiden Betriebsweisen der Fassade.

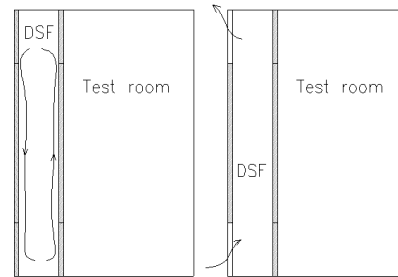


Abbildung 8 Betriebsmodi für Glas-Doppelfassade

Mit Hilfe stationärer Untersuchungen ohne Berücksichtigung der Solarstrahlung wurde zunächst versucht eine einheitliche Modellierung der Gebäudekonstruktion zu erreichen. Unsicherheiten bei der Nachbildung der solaren Einstrahlung auf die Fassade, der Weiterleitung der Strahlung in den Innenraum sowie der konvektiven Wärmeübergangsvorgänge insbesondere innerhalb der Fassade führten zu deutlichen Abweichungen sowohl zwischen den Ergebnissen der einzelnen Simulationsprogramme als auch zwischen den Berechnungsergebnissen und den Messwerten.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen ist wichtig zur Qualitätssicherung von Software. Die IEA hat mit dem Verbundprojekt Task34/Annex43 die langjährigen Aktivitäten auf dem Gebiet der Validierung von Gebäudesimulationssoftware fortgeführt. Weitere detaillierte Informationen zu den Inhalten des mittlerweile abgeschlossenen Projektes sind auf den folgenden Webseiten zu finden:

<http://www.iea-shc.org/task34/index.html> und  
<http://www.ecbcs.org/annexes/annex43.htm>

Eine ausführliche Darstellung zur Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen wird auf den Seiten des Simupedia von IBPSA-Germany hinterlegt.

#### DANKSAGUNG

Die deutsche Teilnahme am IEA Task34 wurde unterstützt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Fördernummer 0327361A).

#### LITERATUR

DOE, 2008: U.S. Department of Energy: Building Energy Software Tools Directory. [http://www.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)

Der Abschlussbericht zum Forschungsprojekt liegt zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor.