



Optimierte Energiesysteme für Heizung und Kühlung

Optimised Energy Systems for Heating and Cooling

Hermann Schranzhofer, Andreas Heinz

Die gleichnamige Arbeitsgruppe am Institut für Wärmetechnik beschäftigt sich seit ca. 20 Jahren mit dem Thema „Energieeffiziente Gebäude“. Der inhaltliche Bogen reicht dabei von der Entwicklung gebäudetechnischer Einzelkomponenten bis hin zur Konzeptionierung und Optimierung komplexer energietechnischer Gesamtanlagen für die Heizung und Kühlung von Gebäuden und ganzen Siedlungsgebieten.

Dem Gebäudebereich kommt für die Erreichung der energie- und klimapolitischen Zielsetzungen Österreichs eine zentrale Rolle zu. Ein Drittel des Endenergieverbrauchs wird für die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Kühlung in Gebäuden aufgewendet. Die für die Energieversorgung verwendeten Systeme bestehen bei Einbindung erneuerbarer Energieträger fast immer aus mehreren Wärmeerzeugungssystemen (zum Beispiel Sonnenkollektoren, Wärmepumpe, Kessel) und weiteren Komponenten (Wärmespeicher, Rohrleitungen, Ventile etc.). Die Grundlage für einen niedrigen Energieverbrauch ist der Einsatz von effizienten Wärmeerzeugern. Jedoch zeigen die Ergebnisse vieler Forschungsprojekte über Feldmessungen und Simulationen, dass auch hocheffiziente Einzelkomponenten oft ihre Vorteile in komplexen Gesamtsystemen nicht ausspielen können, wenn die einzelnen Teilsysteme nicht optimal aufeinander abgestimmt sind. Über thermische Gebäude- und Anlagensimulationen können derartige Systeme inklusive Regelung detailliert abgebildet, bewertet und optimiert werden (siehe Abbildung 1).

Die Arbeitsgruppe war und ist in einer Vielzahl von Projekten an der Entwicklung und Optimierung von gebäudetechnischen Komponenten wie zum Beispiel Sonnenkollektoren, Wärmespeicher und Wärmepumpen beteiligt. Methodisch kommen dabei vor allem Simulationen mit detaillierten numerischen Modellen, unterstützt durch experimentelle Arbeiten im Labor, zum Einsatz (siehe Abbildung 2). >

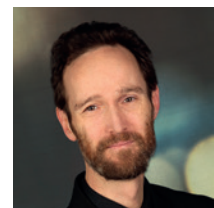
The working group "Energy efficient buildings" at the Institute of Thermal Engineering has been working in this area for about 20 years. The scope ranges from the development of individual building technology components to the design and optimization of complex overall energy systems for the heating and cooling of buildings and entire residential areas.

The building sector plays a central role in achieving Austria's energy and climate policy objectives. One third of the final energy consumption is used to provide space heating, hot water and cooling in buildings. The systems used for the energy supply almost always consist of several heat-generation systems (e.g. solar collectors, heat pump, boiler) and further components (thermal energy storages, pipes, valves etc.) when renewable energy sources are integrated. The basis for low-energy consumption is the use of efficient heat generators. However, the results of many research projects concerning field measurements and simulations show that even highly efficient individual components are often not able to fully use their advantages in complex overall systems, if the individual subsystems are not optimally coordinated. Thermal building and system simulations can be used to model, evaluate and optimize such systems, including their control, in detail (Figure 1).

The working group was and is involved in a large number of projects in the development and optimization of technical building components such as solar collectors, thermal energy storages and heat pumps. Methodically, simulations with detailed numerical models supported by experimental work in the laboratory are used (Figure 2).

Phase-change materials

In recent years, for example, various research projects have focused on the topic of >



© Foto Flugler

Hermann Schranzhofer ist Projekt-Senior-Scientist in der Arbeitsgruppe „Energieeffiziente Gebäude“ am Institut für Wärmetechnik.

Hermann Schranzhofer is project senior scientist in the working group "Energy-efficient buildings" at the Institute of Thermal Engineering.

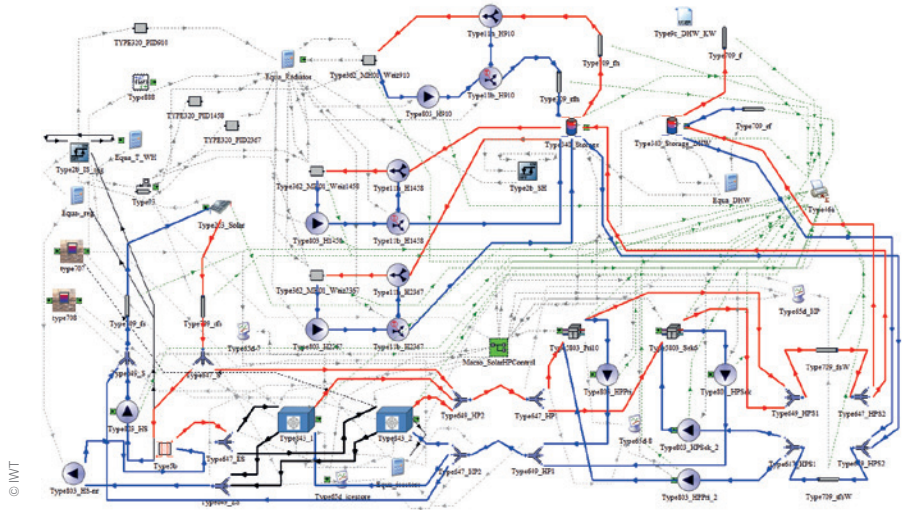


© privat

Andreas Heinz ist Senior Scientist in der Arbeitsgruppe „Energieeffiziente Gebäude“ am Institut für Wärmetechnik.

Andreas Heinz is senior scientist in the working group "Energy-efficient buildings" at the Institute of Thermal Engineering.

Abbildung 1:
Ansicht einer thermischen Anlagen-simulation in der Benutzer/innenoberfläche einer am Institut verwendeten Simulationsumgebung.
Figure 1:
View of a thermal plant simulation in the user interface of a simulation environment used at the institute.



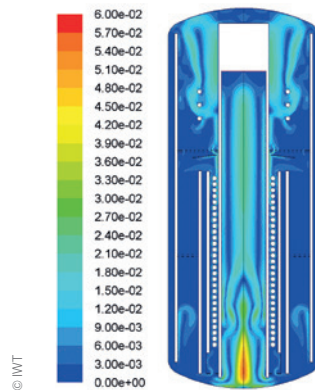
Phasenwechselmaterialien

In den letzten Jahren wurde beispielsweise in unterschiedlichen Forschungsprojekten zum Thema Wärmespeicherung mit sogenannten Phasenwechselmaterialien (Phase Change Material, PCM) geforscht. Diese Materialien durchlaufen im angewendeten Temperaturbereich einen Phasenwechsel (fest/flüssig), wodurch über die Schmelzwärme eine höhere Speicherdichte erreicht werden kann. Im mittlerweile abgeschlossenen EU-Projekt COMTES wurde die Eigenschaft der Unterkühlung eines PCM ausgenutzt, um Wärme über einen längeren Zeitraum nahezu verlustfrei zu speichern (siehe Abbildung 3). Bekannt ist dieser Unterkühlungseffekt von den am Markt erhältlichen Handwärmern (kleine, mit PCM gefüllte Kunststoffpackchen mit Aktivierung über Metallplättchen).

heat storage with so-called phase-change materials (PCM). These materials undergo a phase change (solid/liquid) in the applied temperature range, whereby a higher storage density can be achieved via the heat of fusion. In the completed EU project COMTES, the supercooling of a PCM was utilized to store heat almost loss-free over a longer period of time (Figure 3). This supercooling effect is known from the hand warmers available on the market (small plastic packs filled with PCM with activation via a small metal disc).

For the evaluation of systems with heat pumps, a semi-physical model has been developed in recent years, which is particularly suitable for simulations of long time periods. In comparison to empirical characteristic curve models, which are typically used for this purpose, a much more detailed consideration of the heat pump and its control in the system is possible, since different configurations of the refrigerant circuit as well as different refrigerants, speed-controlled compressors etc. can be simulated. In the HybridHeat4San and Energieschwamm projects, it is currently being investigated in cooperation with heat pump manufacturers as to how the energy consumption from the grid and the operating costs can be minimized by adjustment of the electrical power consumption of the heat pump in dependence on currently available photovoltaic yield and electricity tariffs.

Abbildung 2:
Simulation der Strömung in einem Wärmespeicher.
Figure 2:
Computational fluid dynamics simulation of a heat storage system.



Zur Bewertung von Systemen mit Wärmepumpen wurde in den letzten Jahren ein semiphysikalisches Modell entwickelt, das sich vor allem für Simulationen über lange Betrachtungszeiträume eignet. Im Vergleich zu dafür sonst üblichen empirischen Kennlinienmodellen wird eine wesentlich detailliertere Betrachtung der Wärmepumpe und deren Regelung im System ermöglicht, da sowohl verschiedene Schaltungen des Kältemittelkreislaufs als auch unterschiedliche Kältemittel, drehzahlge-regelte Kompressoren etc. simuliert werden können. Aktuell wird in Zusammenarbeit mit Wärmepum-

Experiments

For experiments at the building level, two identical test buildings were erected on Campus Inffeldgasse of Graz University of Technology. In an already completed project (MPC-BOXES) different control concepts for thermally activated building systems (TABS) were investigated. In particular, the innovative approach of a model predictive control (MPC) was the focus of the investigations in which a direct comparison with conventional control approaches was made possible via the thermally identical buildings.

penherstellern in den Projekten HybridHeat4San und Energieschwamm untersucht, wie der Strombezug aus dem Netz bzw. die Betriebskosten durch gezielte Leistungsanpassung der Wärmepumpe abhängig von aktuell vorhandenem Photovoltaikstrom und Stromtarifen minimiert werden können.

Experimentelle Arbeiten

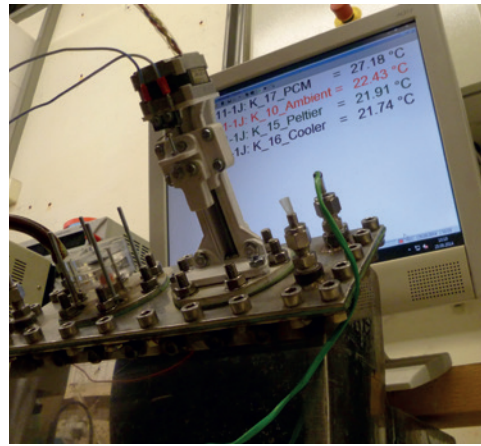
Für Experimente auf Gebäudeebene wurden am Campus Inffeldgasse der TU Graz zwei baugleiche Versuchsgebäude errichtet. Hier wurden in einem bereits abgeschlossenen Projekt (MPC-BOXES) unterschiedliche Regelungskonzepte für thermisch aktivierte Bauteilsysteme (TABS) untersucht. Vor allem der innovative Ansatz einer modellprädiktiven Regelung (MPC) stand hier im Zentrum der Untersuchungen, wobei über die thermisch identischen Gebäude ein direkter Vergleich mit konventionellen Regelungsansätzen ermöglicht wurde.

Im derzeit laufenden Projekt COOLSKIN wird ein aktives Fassadenelement zur dezentralen Kühlung und teilweisen Beheizung von Büroräumen an diesen Gebäuden getestet. Die an der Fassade auftreffende Sonnenstrahlung wird dabei über Photovoltaikmodule in elektrische Energie umgewandelt, die direkt oder zeitversetzt zum Antrieb einer kleinen integrierten Wärmepumpe verwendet wird, die den angrenzenden Raum je nach Bedarf kühlt oder beheizt (siehe Abbildung 4).

Im Research Studio EnergySimCity werden Methoden entwickelt, mit denen ganze Stadtteile über Simulationen energetisch untersucht werden können. Hier werden – wie auch im Projekt ÖkoOptQuart – mehrere Simulationsumgebungen über einen Co-Simulationsansatz gekoppelt, um Regelung, Wärmenetz und Gebäude samt Gebäudetechnik abzubilden. Dadurch lassen sich die Stärken verschiedener Simulationswerkzeuge in einer Gesamtsimulation nutzen, um Schwächen in anderen zu kompensieren.

Aktuell

Eine derzeit sehr aktuelle Aufgabenstellung besteht darin, die Einbindung erneuerbarer Energieträger in Wärmenetze zu forcieren. Durch den Einsatz von thermischen Anlagensimulationen können hier wesentliche Potenziale aufgezeigt werden. In urbanDH-extended werden Systeme untersucht, die man in Wärmenetze integrieren kann. Hier sind vor allem Modellkomponenten für große Speicher (zum Beispiel Erdbeckenspeicher), Solarkollektorfelder und Wärmepumpen von Interesse. Ein Untersuchungsschwerpunkt ist hier die Einsatzreihenfolge der unterschiedlichen Technologien, um im Gesamtsystem den entscheidenden Vorteil zu liefern. ■



© IVT

Abbildung 3:
Versuchsaufbau zur Funktionsprüfung von unterschiedlichen Mechanismen für die Auslösung der Kristallisation eines unterkühlten PCM.

Figure 3:
Experimental setup for the functional testing of different mechanisms for triggering crystallization of a supercooled PCM.

In the current COOLSKIN project, an active facade element for decentralized cooling and partial heating of offices is being tested in these buildings. The solar radiation incident on the facade is converted into electrical energy by photovoltaic modules, and is used directly or with time delay to supply a small integrated heat pump that cools or heats the adjoining room as required (Figure 4).



© IVT

Abbildung 4:
Identische Versuchsgebäude am Campus Inffeldgasse der TU Graz.

Figure 4:
Identical test buildings at Campus Inffeldgasse of TU Graz.

In the EnergySimCity research studio, methods are being developed through which entire city districts can be energetically investigated using simulations. Here – as in the ÖkoOptQuart project – several simulation environments are coupled using a co-simulation approach in order to model the control system, heating network and buildings as well as their HVAC systems. In this way, the strengths of different simulation tools can be used in an overall simulation to compensate for weaknesses in others.

Current task

A current task is to accelerate the integration of renewable energy sources in heating networks. Essential potentials can be pointed out by the use of thermal system simulations. In the urbanDH-extended project, systems which can be integrated into heating networks are being investigated. In particular, model components for large thermal storages (e.g. pit storages), solar collector fields and heat pumps are of interest. One focus of research here is the sequence of application of the different technologies in order to provide the decisive advantage in the overall system. ■