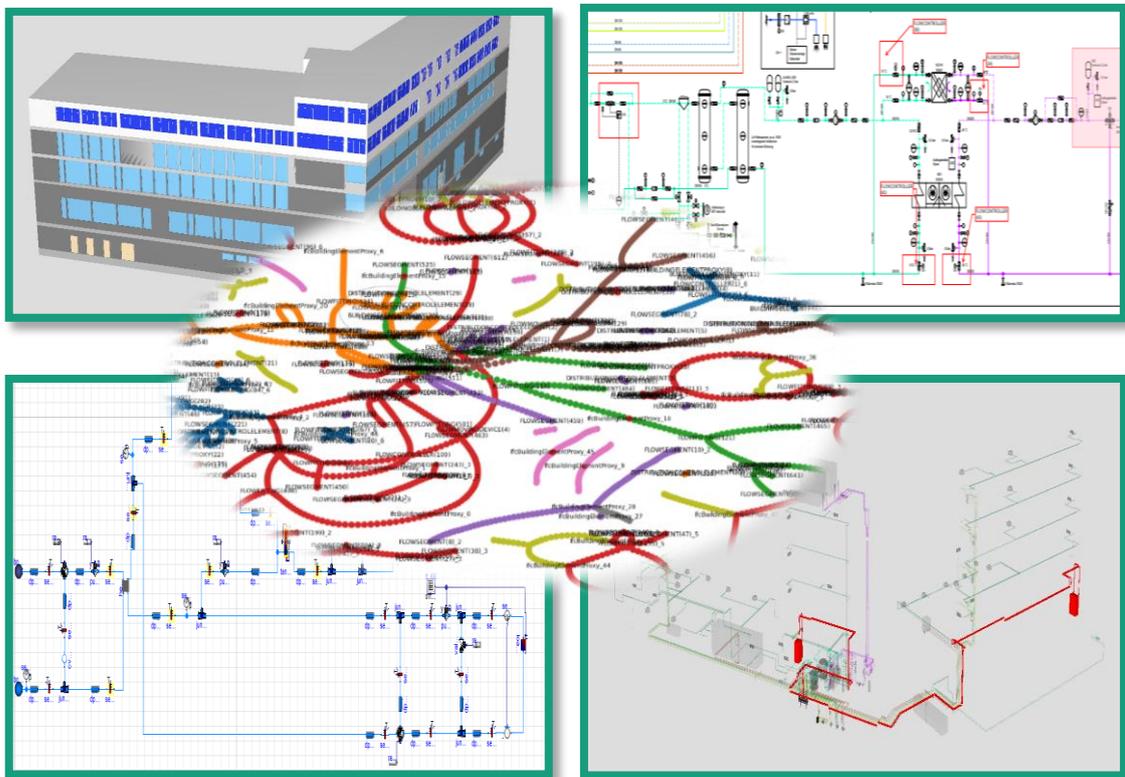


Simulation von Gebäude-Anlagentechnik in der BIM-basierten Planung energieeffizienter Gebäude

Anbindung von Modelica-Modellen an OpenBIM-IFC-Modelle mittels semantischer Technologien

Dissertation
vorgelegt
an der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden
von Dipl.-Ing. Elisabeth Eckstädt
zur Erlangung des akademischen Grads Doktoringenieur



Eingereicht am 30.8.24, verteidigt am 11.12.24

Gutachter:

Prof. Karsten Menzel
Prof. Clemens Felsmann
Prof. Joaquin Diaz

Kurzzusammenfassung

Die Einbindung von Anlagensimulation in den Planungsprozess von technischer Gebäudeausrüstung trägt zu einem energieeffizienteren Betrieb von Gebäuden bei. Eine wesentliche Hürde bei der Anwendung der Simulation als Planungswerkzeug ist der Aufwand für die Modellerstellung. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der automatisierten Modellerstellung basierend auf BIM (Building Information Management)-Modellen, um diesen Aufwand zu verringern. Weiterhin wird die Nachnutzung erstellter Simulationsmodelle durch die Erstellung von BIM-Modellen betrachtet.

Im Rahmen der Arbeit wurden Werkzeuge für die bidirektionale Verbindung zwischen BIM- und Simulationsmodell erstellt. Die Betrachtungen fokussieren sich dabei auf das Simulationsformat Modelica und das open-BIM-Format IFC. Die implementierten Werkzeuge basieren auf einer Analyse der Ausdrucksmächtigkeit der gewählten Formate (IFC und Modelica) und den Informationsanforderungen des ausgewählten Simulations Szenarios in den beiden UseCases BIM2SIM und SIM2BIM.

Für die Modellübertragung wurden Wissensgraphen für die intermediäre Wissensrepräsentation verwendet. Dies ermöglicht die Anwendung von in der IT bereits entwickelten semantischen Technologien für die Übersetzung zwischen BIM und Simulation. Weiterhin bieten die Wissensgraphen Anknüpfungspunkte für Anwendungsfälle die weit über die in dieser Arbeit untersuchten UseCases hinaus gehen.

Für beide betrachteten Anwendungsfälle wurde der experimentelle Nachweis erbracht, dass die automatisierte Modellerstellung soweit funktioniert, dass sie eine deutliche Zeitersparnis in der praktischen Anwendung bringt. Für die experimentelle Untersuchung wurden dabei bewusst keine artifiziellen Minimalbeispiele verwendet, sondern im Sinne eines „Feldversuchs“ Modelle aus realen Projekten verwendet.

Im Ergebnis dieser Arbeit stehen Werkzeuge zur Verfügung, die eine Integration der Simulation in den Planungsprozess deutlich erleichtern:

- Sie ermöglichen die Bearbeitung einzelner Planungsschritte im jeweils geeigneteren Werkzeug (CAD-Autorensoftware bzw. BIM-Viewer oder Simulationsumgebung) bei gleichzeitiger Gewährleistung der inhaltlichen Integrität beider beteiligten Modelle.
- Es besteht erstmals die Möglichkeit für die Anlagentechnik in nennenswertem Umfang Modelica-Modelle aus BIM-Modellen zu erstellen.
- Die Erzeugung von weiterbearbeitbaren BIM-Modellen aus Modelica-Modellen wird in dieser Arbeit erstmalig gezeigt.
- Die in der Arbeit durchgeführten Untersuchungen zur Nutzung des IFC-Formats zum Abspeichern semantisch reicher Schemata können auch in anderen Kontexten – unabhängig von der Simulation - Mehrwerte generieren.

English Abstract

The integration of plant simulation into the design process for technical building equipment contributes to more energy-efficient operation of buildings. A major hurdle in the utilisation of simulation as a design tool is the expense involved in model creation. This thesis deals with automated creation of models based on BIM (Building Information Management) models in order to reduce this effort. Furthermore, the utilisation of created simulation models through the creation of BIM models is considered.

Tools for the bidirectional link between BIM and simulation models were created as part of the work. The considerations focus on the simulation format Modelica and the open BIM format IFC. The implemented tools are based on an analysis of the expressive capabilities of the selected formats (IFC and Modelica) and the information requirements of the selected simulation scenario in the two use cases BIM2SIM and SIM2BIM.

Knowledge graphs for the intermediate knowledge representation were used for the model transfer. This enables the application of semantic technologies already developed in IT for the translation between BIM and simulation. Furthermore, the knowledge graphs provide starting points for use cases that go far beyond the use cases analysed in this thesis.

Experimental proof was provided for both use cases considered that automated model creation works to an extent that it significantly saves time in practical application. Deliberately no artificial minimal examples were used for the experimental investigation, but models from real projects were used in the spirit of a 'field test'.

As a result of this thesis, tools are available that significantly simplify the integration of simulation into the design process:

- They enable the processing of individual design steps in the more suitable tool (CAD authoring software or BIM viewer or simulation environment) while at the same time ensuring the integrity of the content of both models involved.
- For the first time, it is possible to create a significant amount of Modelica models from BIM models for plant engineering.
- The creation of processable BIM models from Modelica models is demonstrated for the first time in this thesis.
- The investigations carried out in the thesis on the use of the IFC format for storing semantically rich diagrams can also generate added value in other contexts - independent of simulation.