

# Prozessmodell zur Unterstützung BIM-basierter Energieberechnungen in einem virtuellen Labor

A process model for supporting BIM-based energy calculations in a virtual  
laboratory

## Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden

eingereicht von

Dipl.-Medieninf. Bernd Ken Baumgärtel

geboren am 12. April 1984 in Elsterwerda

Tag der Einreichung: 11. Oktober 2017

Tag der Verteidigung: 31. August 2018

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Raimar J. Scherer (TU Dresden)  
Prof. Dr.-Ing. Jakob Beetz (RWTH Aachen)  
Prof. Dr.-Ing. Walter Sharmak (Universität Kassel)

# Kurzfassung

Building Information Modeling beschreibt eine Methode zur Kollaboration aller am Bauprozess beteiligten Fachbereiche. Die Informationen werden von den einzelnen Anwendern digital bereitgestellt, verarbeitet und weiter gegeben. Ausgehend von einem Gebäudeinformationsmodell können somit Analysen und Optimierungen vor dem (Um-)Bau durchgeführt werden, um den Entwurf verifizieren zu können. Dadurch werden Kosten und Zeit, aber auch Energie gespart. Insbesondere der Gebäudeenergiebereich ist vor einiger Zeit in den Fokus der Regierungen und Industrie gerückt. Ein energieeffizienter Gebäudeentwurf, auch Green Building Design genannt, soll ein Gebäude mit hoher Energieeffizienz beschreiben, während schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit und Umwelt reduziert werden. Die Nachhaltigkeit der Gebäude steht somit im Vordergrund. Dadurch entstehen immer strenger werdende Gebäudeauflagen und dies wiederum führt zu aufwändigen Energieanalysen, um zum Beispiel die Materialien der einzelnen Bauteile zu optimieren. Oftmals muss leider die Eingabe der Gebäudegeometrie wiederholt in einem Analyseprogramm getätigt werden, damit überhaupt Berechnungen durchgeführt werden können. Die Entwicklung von Automatismen ist hierbei hilfreich und teilweise notwendig, um Berechnungen mit minimalem Benutzeraufwand zu gewährleisten.

Diese Dissertation stellt ein umfassendes neuartiges Konzept für die Durchführung thermischer Energieberechnungen von Gebäuden in einem virtuellen Energielabor vor. Hierfür wird der aktuelle Stand der Forschung und Technik im Building Information Modeling innerhalb des Energiebereichs betrachtet. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wird daraufhin ein Prozessmodell beschrieben, welches die Schritte definiert, um anhand eines bereitgestellten Gebäudemodells die Aufbereitung von Gebäudedaten und die Simulationen semi-automatisch im Energielabor zu steuern. Für diesen Anwendungsfall spielen Prüfungen der Modellqualität eine große Rolle. Um das Mindestmaß an Informationen zur Durchführung thermischer Gebäudeenergieberechnungen zu erlangen, werden benötigte Modellprüfungen erläutert und Modellüberführungen charakterisiert, mit denen Gebäudeinformationen angereichert werden. In dieser Arbeit wird außerdem ein ontologiebasierter Ansatz zur Erweiterung des Gebäudemodells mit topologischen und energierelevanten Begriffen vorgestellt. Dadurch können die Modellqualität leichter überprüft und logische Schlussfolgerungen automatisiert gezogen werden. Die Ontologien und Regeln zur Erstellung und Prüfung des Green Building Designs werden in dieser Arbeit beleuchtet. Die hier vorgestellten semantikbasierten Modelle, das Prozessmodell und der Entwurf einer komponentenbasierten Softwarearchitektur sind die Grundlage für die Entwicklung innovativer virtueller Labore zur Verwaltung und Steuerung von Gebäudesimulationen. Der Einsatz des virtuellen Energielabors wird an zwei Testgebäuden veranschaulicht. Eine Zusammenfassung und Diskussion der erreichten Ergebnisse schließen die Arbeit ab.

# Abstract

Building Information Modeling describes a method of collaboration between participating domains in a construction process. The information is provided digitally and each participant enriches, consumes and shares it. Starting from a building information model, all analyses and optimizations can be done before (re-)construction to verify the design. This saves efforts, time and costs. Especially the building energy was brought into focus by governments and industry. An energy-efficient building design, called green building design, describes a building with high energy efficiency, while reducing harmful effects on health and environment. Because the building sustainability is brought into focus, strict statutory requirements are the outcome. Therefore, extensive energy analyses are necessary for optimizing for example materials of building elements. Unfortunately, the execution of analyses currently involves considerable efforts. Often building geometry has to be remodeled in the simulation tool to enable building energy performance analyses at all. Hence, the development of automatisms is necessary to allow calculations with minimized user effort.

This thesis presents a comprehensive novel concept for executing thermal building energy calculations in a virtual energy laboratory. Therefore, the state of the art of building information modeling in the context of the energy domain is considered. With the knowledge gained from that, a process model is described, which defines steps to prepare provided building data and semi-automatic control of energy simulations. The quality check of the given model is very important for this use case. This research work describes model checks and model transformations to enrich building information. This is needed to gain a minimum level of information to execute thermal energy analyses. Furthermore, an ontology-based approach for the extension of the building information model with topological and energy-relevant terms is outlined. With that, the model quality can be checked more easily and reasoning can be done in an automated way. The ontologies and rules to create and check the green building design are also highlighted. The introduced semantic-based models, the process model and the design of a component-based software architecture are the basis for the development of innovative virtual laboratories to manage and control building simulations. The use of the virtual energy laboratory is exemplified with two test buildings. A summary and discussion of the achieved results conclude this thesis.