

# Informationsintegration von BIM Daten mit BES und CFD Simulationen

H. Gursch

*Know-Center GmbH, Graz, Österreich*

M. Pramhas

*Thomas Lorenz ZT GmbH, Graz, Österreich*

B. Knopper

*IKK Engineering GmbH, Graz, Österreich*

D. Brandl

*TU Graz - Institut für Wärmetechnik, Graz, Österreich*

M. Gratzl

*FH Salzburg - Smart Building, Kuchl, Österreich*

E. Schlager, R. Kern

*Know-Center GmbH, Graz, Österreich*

**ABSTRACT:** Im Projekt COMFORT (Comfort Orientated and Management Focused Operation of Room condiTions) wird die Behaglichkeit von Büroräumen mit Simulationen und datengetriebenen Verfahren untersucht. Während die datengetriebenen Verfahren auf Messdaten setzen, benötigt die Simulation umfangreiche Beschreibungen der Büroräume, welche sich vielfach mit im Building Information Model (BIM) erfassten Informationen decken. Trotz großer Fortschritte in den letzten Jahren, ist die Integration von BIM und Simulation noch nicht vollständig automatisiert. An dem Fallbeispiel der Aufstockung eines Bürogebäudes der Thomas Lorenz ZT GmbH wird die Übergabe von BIM-Daten an Building Energy Simulation (BES) und Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulationen untersucht. Beim untersuchten Gebäude wurde der gesamte Planungsprozess anhand des BIM durchgeführt. Damit konnten Einreichplanung, Ausschreibungsplanung für sämtliche Gewerke inkl. Massenableitung, Ausführungspläne wie Polier-, Schalungs- und Bewehrungspläne aus dem Modell abgeleitet werden und das Haustechnikmodell frühzeitig mit Architektur- und Tragwerksplanungsmodell verknüpft werden.

Ausgehend vom BIM konnten die nötigen Daten im IFC-Format an die BES übergeben werden. Die verwendete Software konnte aber noch keine automatische Übergabe durchführen, weshalb eine manuelle Nachbearbeitung der Räume erforderlich war. Für die CFD-Simulation wurden nur ausgewählte Räume betrachtet, denn der Zusatzaufwand zur Übergabe im STEP-Format ist bei normaler Bearbeitung des BIM immer noch sehr groß. Dabei muss der freie Luftraum im BIM separat modelliert und bestimmte geometrischen Randbedingungen erfüllt werden. Ebenso müssen Angaben zu Wärmequellen und Möbel in einer sehr hohen Planungstiefe vorliegen. Der Austausch von Randbedingungen an den Grenzflächen zwischen Luft und Hülle musste noch manuell geschehen.

Die BES- und CFD-Simulationsergebnisse sind bezüglich ihrer Aussagekraft mit denen aus herkömmlichen, manuell erstellten Simulationsmodellen als identisch zu betrachten. Eine automatische Übernahme von Parameterwerten scheidet momentan noch an der mangelnden Interpretier- bzw. Zuordenbarkeit in der Simulationssoftware. In Zukunft sollen es die Etablierung von IFC 4 und zusätzlicher Industry Foundation Class (IFC) Parameter einfacher machen die benötigten Daten im Modell strukturiert zu hinterlegen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Integration von Raumbuchdaten in BIM zu legen, da diese Informationen nicht nur für die Simulation von großem Nutzen sind. Diese Informationsintegrationen sind nicht auf eine einmalige Übermittlung beschränkt, sondern zielen auf eine Integration zur automatischen Übernahme von Änderungen zwischen BIM, Simulation und anknüpfenden Bereichen ab.

## 1. EINLEITUNG

Die wahrgenommene Behaglichkeit in Gebäuden ist eine wichtige Eigenschaft, welcher in Planung, Bau und Betrieb von Gebäuden Rechnung getragen werden muss. Die Einflussgrößen auf die wahrgenommene Behaglichkeit sind vielfältig und zum Teil auch subjektiv, wie z.B. Konstitution, Verfassung, Kleidung und Tätigkeitsart. Daneben gibt es aber auch objektiv messbare Einflüsse wie Lufttemperatur, relative Feuchte, Luftströmungen, Lärm, Beleuchtung etc. (Schild & Willems 2013). Das Projekt COMFORT (Comfort Orientated and Management Focused Operation of Room condiTions) untersucht die thermische Behaglichkeit von Büroräumen mit Simulationen und datengetriebenen Verfahren (Feichtinger et al. 2020).

Während die datengetriebenen Verfahren auf Messdaten setzen, benötigt die Simulation umfangreiche Beschreibungen der Räume, welche heute schon oft in Building Information Model (BIM) erfasst sind, auch wenn die Abstraktionsgrade oft sehr unterschiedlich sind. Trotz großer Fortschritte in den letzten Jahren, ist die Integration von BIM und Simulation noch nicht vollständig automatisiert. An einem Fallbeispiel untersucht COMFORT wie BIM-Daten in den Modellierungsprozess von Building Energy Simulation (BES) und Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulationen integriert werden können. Dies wird an der Aufstockung eines Bürogebäudes untersucht und ein Ausblick erarbeitet, wie eine Raumbuchintegration zukünftig tiefere Integration zwischen BIM, Simulationen und Nutzungsbeschreibung ermöglichen könnte. Kapitel 2 gibt einen Überblick über den Stand der Forschung und Kapitel 3 beschreibt die untersuchte Aufstockung. Kapitel 4 und 5 legen die Ergebnisse aus der BIM-Nutzung für BES- und CFD-Simulation dar. Kapitel 6 fasst die Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

## 2. LITERATUR

Die automatische Erstellung von Simulationsmodellen aus BIM ist schon wegen der vielen unterschiedlichen Gebäudesimulationen wie z.B. Erdbebenverhalten (Ziegler 2017), Energieverbrauch, Licht, Akustik oder Luftströmungen (Malkawi & Augenbroe 2004) noch nicht für jeden Anwendungsfall möglich. Dennoch, oder gerade deswegen, gibt es viele Bestrebungen um mit geeigneten Software-Werkzeugen Simulationsmodelle teilweise oder vollständig automatisiert aus BIM abzuleiten bzw. mit Daten und Parametern zu versorgen, was über eine Vielzahl an Schnittstellen geschehen kann (Wieder et al. 2020). Der Datenaustausch zwischen BIM und Simulation geschieht meist über das Green Building XML (gbXML) Schema oder das Industry Foundation Class (IFC) Format, jedoch können nicht immer alle nötigen Informationen vollständig übertragen werden (Hosseini et al. 2021).

Chen et al. (2018) zeigen einen Austausch im gbXML Format, welchem lineare Geometrie leichtfällt, aber bei gerundeten Wänden, Heizungs- und Kühlzonen mit Schaltzeiten und -punkten problematisch ist. Chong et al. (2019) kombinieren gbXML Dateien mit einer eigens entwickelten Software um auch Materialeigenschaften, interne Lasten und Informationen zur Heizung, Lüftung und Klimatechnik zu übertragen. Reynders et al. (2017) stellen eine Software vor, welche BIM-Daten im IFC-Format einlesen kann und mit einstellbaren Vereinfachungen an Modellica für die BES übergeben kann. Lee et al. (2021) nutzen das IFC-Format um Geometrieinformationen und Wandaufbauten in die CFD-Simulation zu übertragen. Gan et al. (2018) wenden BIM-Information bei BES- und CFD-Simulation gemeinsam an, um die Behaglichkeit und den Energieverbrauch zu bestimmen.

## 3. OBJEKT UND BUILDING INFORMATION MODEL

Die Büroerweiterung für die Thomas Lorenz ZT GmbH wurde als Aufstockung auf das bestehende 2-geschossige Bürogebäude konzipiert und ist in Abb. 1 gezeigt. Hierzu gehören neben der eigentlichen Bürofläche auch noch Sozial-, Sanitär- und Abstellräume, ein Serverraum, sowie ein Seminarraum.

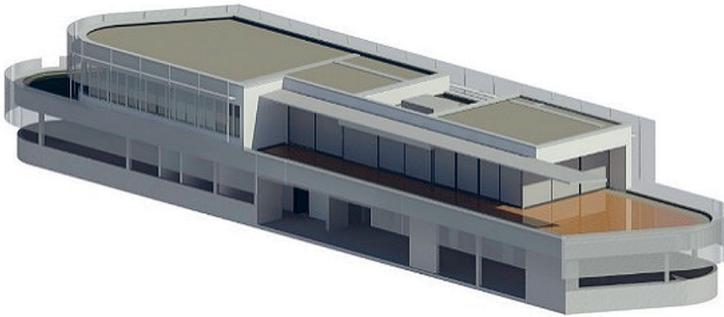


Abb. 1: 3D-Ansicht des bestehenden 1. Obergeschosses und des neuen 2. Obergeschosses

Der Planungsstart für die Aufstockung erfolgte auf der konventionellen 2D-Planungsgrundlage für das bestehende Gebäude. Jedoch bereits nach dem ersten Entwurf wurde die Planung nicht nur auf eine 3D-Planung aufgesetzt, sondern durch die direkte Verknüpfung mit dem ebenfalls in 3D vorliegenden Haustechnikmodell zum BIM gewandelt. Die Kollisionsprüfung wird dadurch wesentlich vereinfacht. Die gesamte weitere Planung wurde mit Ausnahme der Elektroplanung schließlich mit Autodesk Revit abgewickelt und umfasst die Einreichplanung, Ausschreibungsplanung für sämtliche Gewerke inkl. Massenableitung aus dem Modell, Ausführungsplanung wie Polier-, Schalungs- und Bewehrungspläne, und auch statische Berechnungen mit bidirektionaler Schnittstelle zwischen Softistik und Revit.

Besonders hervorzuheben ist, dass die Abrechnung mit den beauftragten Firmen aufgrund der, bereits der Ausschreibung beiliegenden, aus dem BIM erzeugten Massenpläne rasch und frictionsfrei erfolgen konnte. Weiters konnten kleine Planungsergänzungen zu einem späten Zeitpunkt direkt in allen Planunterlagen, und für alle Beteiligten sichtbar, zentral am BIM konsistent nachgeführt werden.

#### 4. BUILDING ENERGY SIMULATION

Die BES übernimmt in erster Linie die im BIM enthaltenen Raumdefinitionen, welche als IFC-Spaces ausgegeben wurden. Zusätzlich wurden auch die geografische Ausrichtung, Wand- und Deckenaufbauten, Verschattungselemente sowie Fensterflächen übernommen. Die Übergabe erfolgte mittels einer IFC-Datei im Format 2x3. Nach einer ersten Prüfung und Import in die beiden Simulationsprogramme IDA ICE und AbstractBIM wurden festgestellt, dass die geografische Ausrichtung des Gebäudes beim Import in die BES nicht richtig übernommen wurde, die Geometrie des IFC-Space im abgerundeten Bereich des Gebäudes nicht richtig erkannt wurde, die übermittelte Raumhöhe des IFC-Space anders als durch die Simulation erwartet definiert war, die Verschattungselemente nicht übernommen wurden und Fensterelemente in den Fassadenflächen nachträglich in der BES zu modellieren sind.

In allen oben angeführten Punkten war eine manuelle Nachbearbeitung der Geometrie in der BES-Software notwendig. Die Abklärung der Problempunkte erfolgte mittels mehrerer BIM Collaboration Format (BFC)-Issues. Damit lieferte die BES aussagekräftige Ergebnisse wie in Abb. 2 dargestellt. Die Büroaufstockung war zu dem Zeitpunkt bereits in Betrieb, und die Behaglichkeit konnte so bestätigt werden, insbesondere da die Nutzung exakt der vorhergehenden Planung entspricht.

## 5. COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS SIMULATION

Die Zusammenarbeit zwischen BIM und CFD-Simulationssoftware wurde anhand eines Einzelbüros mit dem Ziel durchgeführt, dass keine Änderung oder Anpassung der übergebenen Geometrie in der CFD-Modellierungssoftware nötig sein sollen. Die CFD-Simulation benötigt den verbleibenden freien Luftraum zwischen den Bauteilen und der Einrichtung. Dieser Luftraum ist jedoch in keinem BIM per se vorhanden. Der Aufwand für die separate Modellierung eines solchen Luftraumes ist im Vergleich zur Planung als sehr hoch einzustufen. Weiters erfordert eine sinnvolle Anwendung einer CFD-Simulation bereits eine sehr hohe Planungs- bzw. Modellierungstiefe, da hierfür das zukünftige Inventar, Wärmequellen, Heizung-, Lüftung- und Sanitär-Bauteile (HLS) bereits exakt im Raum verortet sein müssen.

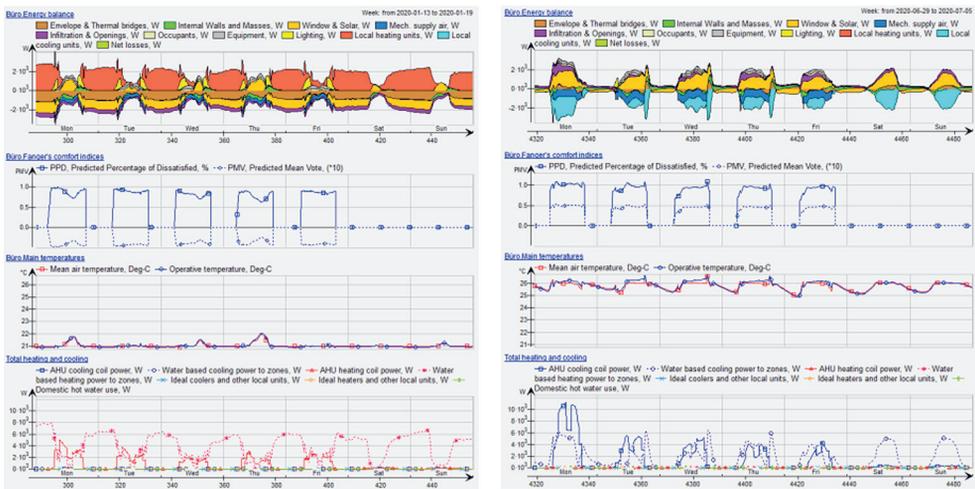


Abb. 2: Simulationsergebnisse für Energie und Behaglichkeit.

Die Modellierung des Luftraumes sollte mit einfachen Körpervolumen möglichst ohne Boolesche Operationen erfolgen um ein möglichst einfaches Modell zu erhalten. Dennoch musste das Luftkörpermodell mehrfach im BIM angepasst werden da sich Unstetigkeiten in der Simulation ergeben haben. In der Regel waren hierfür zu schmale Luftbereiche verantwortlich, welche keine brauchbare Vernetzung zuließen. Die Eingabe von Randbedingungen an den Grenzflächen zwischen Luft und Hülle musste in der CFD-Software manuell geschehen. Die Übergabe an die CFD-Software erfolgte im flächenbasierten STEP-Format. Da Revit jedoch nur einen Bauteil- bzw. Körperorientierten Export unterstützt, wurde der im Ansichtsbereich isolierte Luftraum als 3D-DWG ausgegeben, welcher dann mit dem Programm Rhino in eine flächenbasierte STEP-Datei umgewandelt wurde. Das finale Netz besteht aus ca. 850.000 Zellen, für die Temperatur, Luftströmungsgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit, etc. ausgewertet wurden. Abb. 3 und Abb. 4 zeigen zwei stationäre Sommer und Winter Fälle.

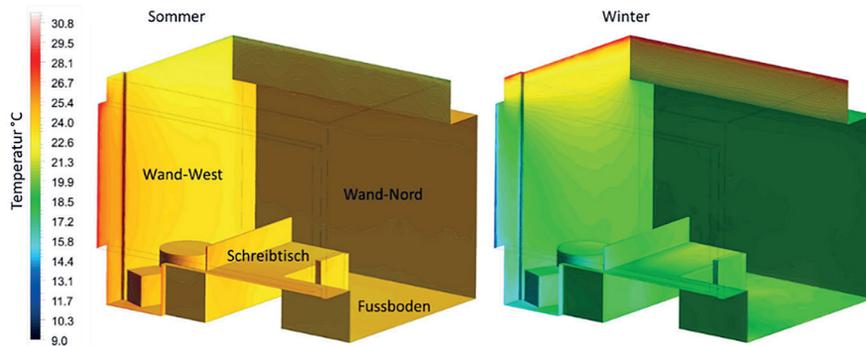


Abb. 3: Oberflächentemperaturkonturen im Innenraum aus CFD Simulation

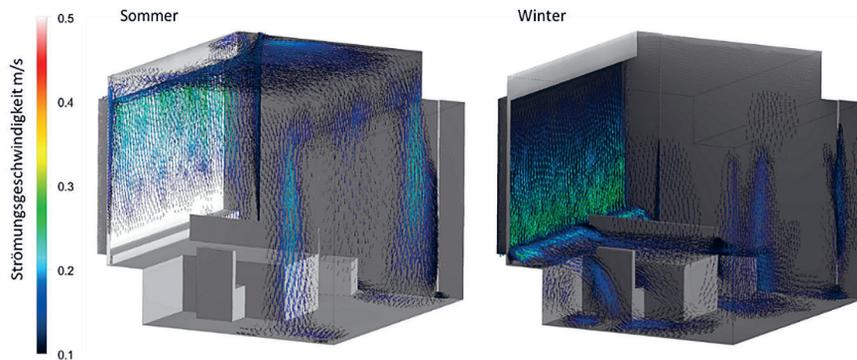


Abb. 4: Darstellung der CFD-Strömungsvektoren im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 m/s

## 6. ANFORDERUNGEN FÜR DIE INTEGRATION VON BUILDING INFORMATION MODELS UND SIMULATIONEN

Auch wenn bereits viele Informationen von BIM zu BES- und CFD-Simulation übertragen werden können, so ist die Übertragung von Ausstattung- und Nutzungsinformationen aus dem sog. Raumbuch aktuell noch nicht durchgängig möglich. Um jedoch benötigte Raumbuchdaten bereits in der Planung und somit auch für frühe Simulationen nutzen zu können, sollten Raumbuchfunktionen direkt in die jeweilige BIM-Software aufgenommen und über die IFC-Schnittstelle korrekt exportiert werden. Aktuell benötigt man noch einen Raumbuchaufsatz für die BIM-Software um die Daten vollständig zu verknüpfen und einen bidirektionalen Datenaustausch zu ermöglichen.

Generell wird es durch die Etablierung von IFC 4 und zusätzlichen IFC-Parametern einfacher sein die benötigten Daten im Modell strukturiert zu hinterlegen. Diese Lösungen müssen den gesamten Prozess mit allen nötigen Daten umfassen, um die Nachbearbeitung in den BES- und CFD-Programmen zu minimieren. Die Integration kann über automatische Verknüpfungen oder Vergleichstabellen zur Zuordnung eine einfache Anreicherung des IFC-Modells mit fehlenden Daten ermöglichen, besonders wenn cloudbasierte Lösungen mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche dafür bereitstehen. Das Ziel ist eine automatische Übernahme von Änderungen zwischen BIM und BES-bzw. CFD-Simulation, und nicht nur die einmalige Übermittlung von Informationen.

Die Integration ist natürlich bidirektional zu verstehen, da die Simulationsergebnisse einen Mehrwert für das BIM darstellen und auch von anderen Disziplinen bzw. Fachplanern verwendet werden können. Ebenso sind die von der Simulation benötigten Raumbuchdaten wie z.B. die Anzahl von Personen bzw. Arbeitsplätzen in einem Raum, auch für andere BIM Anwendungsfelder wie die Fluchtwegplanung oder Überprüfung von arbeitsrechtlichen Vorschriften relevant.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die BES- und CFD-Simulationsergebnisse sind bezüglich ihrer Aussagekraft mit jenen aus herkömmlichen, manuell erstellten Simulationsumgebungen als identisch zu betrachten. Bereits jetzt ist durch die Übernahme geometrischer Daten ein geringerer Modellierungsaufwand in der Simulationssoftware feststellbar, insofern es sich um den Erstimport handelt. Im Falle der BES-Software funktionierte die Zuordnung von IFC-Spaces gut. Die effiziente Modellierung des Luftraumes für eine CFD-Simulation erfordert dagegen noch eine gewisse Erfahrung um brauchbare Ergebnisse zu bekommen. Zwischen BIM und BES- bzw. CFD-Simulation ist eine wiederholte oder gar bidirektionale Datenübergabe momentan nur mit Mehraufwand bzw. gar nicht möglich. Eine automatische Übernahme von Parameterwerten aus dem BIM in die Simulationssoftware scheidet noch an der mangelnden Interpretier- bzw. Zuordenbarkeit innerhalb der Simulationssoftware. Sobald von Seiten der Softwarehersteller für Simulationsprogramme dezidierte Datenanforderungspunkte definiert werden, und auch die Übernahme von Geometriedaten im IFC 4 Format gelingt, wird ein automatisierter Datenaustausch möglich. Im Zuge dessen sollen auch Raumbuchdaten in BIM integriert und auf dieselbe Weise ausgetauscht werden, da diese Daten einerseits für die Simulation wichtig sind, aber auch für Fluchtwegplanung oder Arbeitsrecht relevant sind. Dies bedingt eine entsprechende Unterstützung durch BIM und Simulationssoftware, sodass diese Informationsintegration auch eine Automatisierung der Zusammenarbeit beinhaltet und somit eine Effizienzsteigerung ermöglicht.

## DANKSAGUNG

Das Know-Center wird im Rahmen des österreichischen Kompetenzzentren-Programm COMET (Competence Centers for Excellent Technologies) unter der Schirmherrschaft des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, des österreichischen Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend sowie durch das Land Steiermark gefördert. COMET wird von der Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG verwaltet. Dieses Projekt wird durch das Förderprogramm „IKT der Zukunft“ (6. Ausschreibung 2017) der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) unterstützt.

## LITERATUR

- Chen S., Jin R. & Alam M. (2018) Investigation of Interoperability Between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Simulation (BES). *International Review of Applied Sciences and Engineering* (2062-0810) 9(2), pp. 137-144.
- Chong A., Xu W., Chao S. & Ngo N.-T. (2019) Continuous-Time Bayesian Calibration of Energy Models using BIM and Energy Data. *Energy & Buildings* (0378-7788) 194, pp. 177-190.
- Feichtinger G., Gursch H., Schlager E., Brandl D. & Gratzl M. (2020) COMFORT – Data-Driven Analysis and Simulations of Human Comfort in Office Rooms, *Symposium Energieinnovation 2020*, Online: [https://www.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/tugrazExternal/4778f047-2e50-4e9e-b72d-e5af373f95a4/files/lf/Session\\_G3/736\\_LF\\_Feichtinger.pdf](https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/tugrazExternal/4778f047-2e50-4e9e-b72d-e5af373f95a4/files/lf/Session_G3/736_LF_Feichtinger.pdf), letzter Zugriff am 15. September 2021.

- Gan V.J.L., Deng M. Tan, Y. Chen, W. & Cheng J.C.P. (2019) BIM-Based Framework to Analyze the Effect of Natural Ventilation on Thermal Comfort and Energy Performance in Buildings. In: Proceedings of the 10th International Conference on Applied Energy (ICAE 2018). Hong Kong, China: Energy Procedia (Energy Procedia) 158, pp. 3319-3324.
- Hosseini S.M., Shirmohammadi R., Kasaeian A. & Pourfayaz F. (2021) Dynamic Thermal Simulation Based on Building Information Modeling: A Review. International Journal of Energy Research (0363-907X) 45 (10), pp. 14221-14244.
- Lee M., Park G., Jang H. & Kim C. (2021) Development of Building CFD Model Design Process Based on BIM. Applied Sciences (2076-3417) 11 (3), pp. 1-18.
- Malkawi A.M. & Augenbroe G. (Hrsg.) (2004) Advanced Building Simulation. New York, USA: Spon Press.
- Reynders G., Andriamamonjy A., Klein R. & Saelens D. (2017) Towards an IFC-Modelica Tool Facilitating Model Complexity Selection for Building Energy Simulation. In: Proceedings of the 15th IBPSA Conference: Building Simulation 2017. San Francisco, USA: International Building Performance Simulation Association.
- Schild K. & Willems W.M. (2013) Wärmeschutz, Grundlagen - Berechnung – Bewertung. 2. Auflage. Wiesbaden, Germany: Springer Fachmedien.
- Wieder S., Gratzl M. & Reiter T. (2020) Einbindung der bauphysikalischen Fachbereiche Schall-, Feuchte- und Brandschutz in den BIM-Planungsprozess. In: Proceedings of the 8th Conference of IBPSA Germany and Austria (BauSIM2020). Graz, Austria: Graz University of Technology.
- Ziegler A. (2017) Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen. Wiesbaden, Germany: Springer Fachmedien.

**KONTAKTDATEN:**

Heimo Gursch

Inffeldgasse 13/6

8010 Graz

Email: hgursch@know-center.at