

INTEGRATION VON THERMISCHER GEBÄUDESIMULATION UND STRÖMUNGSSIMULATION IN EINER NUTZUNGSOBERFLÄCHE - BIM HVACTOOL

D. Weiß¹, R. Hoch¹, T. Tian²

¹Institut für Bauklimatik, TU Dresden, Dresden, Germany

²Tian Building Engineering, Berlin, Germany

KURZFASSUNG

Derzeit entstehen geschlossene Werkzeugketten zum effizienteren Einsatz von Planungswerkzeugen. Ein Fokus liegt auf der Integration von thermischen Gebäude- und Strömungssimulationen in den Planungsprozess. Mit der Benutzungsoberfläche BIM HVACTool ist es möglich effiziente Strömungssimulationen durchzuführen. Der Import zahlreicher Formate unterstützt eine schnelle Geometrieübernahme aus vorangegangenen Arbeitsprozessen. Neben der Strömungssimulation wird die thermische Gebäudesimulation implementiert. Nachdem die Modelle vollständig instanziiert sind, wird die Eingabedatei berechnet. Die Ergebnisse werden importiert und dort grafisch und tabellarisch ausgewertet. Des Weiteren ist die Integration anderer Solverkerne an die Nutzungsoberfläche möglich. Somit ist die Bearbeitung von Planungsaufgaben wie Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes oder der Kühllast mit unterschiedlichen Rechenkernen möglich.

ABSTRACT

Currently continuous tool chains for efficient use of planning tools has been developed. The focus is on the integration of thermal building and CFD simulations. With the use of BIM HVACTool it is possible to carry out efficient CFD simulations. The import functionality of several data formats enables the re-use of a building model from former processes. Besides the CFD simulation also thermal multi zone simulation is implemented. After the instantiation of all models the specific input file will be simulated and the results will be shown graficaly and tabularly. The integration of further solvers is possible and allows e.g. summer thermal insulation or cooling loads in planning tasks.

EINLEITUNG

Die numerischen Simulationsverfahren gewinnen im Planungsprozess von Bauvorhaben immer mehr an Bedeutung. Die Erstellung der Gebäudekubatur und Randbedingungen für die numerischen Simulationsverfahren folgt meist in einem Texteditor. Hierfür existieren gegenwertig nur wenige Alternativen einer grafischen Eingabe. Derzeit am Markt etablierte Werkzeuge bieten oft nur die Möglichkeit einen numerischen Solver zu

verwenden. Selbst wenn es dem Planer möglich ist eine grafisch unterstützte Eingabe durchzuführen, ist mit dem Modell nur eine Analyse möglich. Simulationen für Energiebedarfsanalysen sind nicht mit den Eingabedaten für beispielsweise Strömungssimulation wiederverwertbar. Die Gebäudekubatur ist erneut zu erstellen. Mit dem Werkzeug BIM HVACTool können verschiedene Simulationsverfahren durchgeführt werden. Somit verringert sich der Aufwand einer erneuten Eingabe des gleichen Gebäudeentwurfes in ein weiteres Analyseprogramm. Besteht zudem die Möglichkeit die Simulationssolver zu ersetzen, erhält der Nutzer ein flexibles Werkzeug. Hiermit ist es selbst bei einem Technologiewechsel oder einer Erweiterung des Solverangebots nicht notwendig die bisher verwendete Nutzungsoberfläche zu wechseln. Im weiteren Verlauf wird daher eine Applikation vorgestellt, die benannte Vorteile bietet und so bisher offene Stellen in Toolketten schließen kann.

BIM HVACTOOL

Das BIM HVACTool ist eine grafische Benutzungsschnittstelle für Simulationsumgebungen. Mit diesem Werkzeug lassen sich 3D-Geometrien realistisch nachbilden.



Abbildung 1: Flughafen Jewel

Zudem bestehen Importmöglichkeiten anderer Formate, wie zum Beispiel IFC, gbXML, IDF, SketchUp, DXF und weitere Formate, zur Einbindung der Geometrie in vorgefertigtem Zustand. Nach der Aufarbeitung der Geometrie, können unterschiedliche Solversysteme angesprochen werden. Hierbei werden in Abhängigkeit des ausgewählten Solvers die

spezifischen Parameter zugewiesen. Eine BIM HVAC-Projektdatei lässt sich nach derzeitigem Stand für folgende Solverkerne exportieren:

- OPEN FOAM (OpenCFD Ltd.)
- Energy Plus (DOE)
- NANDRAD (IBK)

Nach Abschluss einer Simulation mit einer spezifischen Projektdatei und dem dazugehörigen Solverkern, werden die Ausgabedateien des Simulationsprogramms in das BIM HVACTool hineingeladen oder durch weitere externe Programme, zum Beispiel Paraview dargestellt. Mit diesen Verfahren wird dem Nutzer die größtmögliche Freiheit in seiner Arbeitsweise zugesprochen.



Abbildung 2: 3D-Modell Gebäudekomplex Südostasien"

Zu den Nutzergruppen des BIM HVACTool zählen Ingenieure und Wissenschaftler, aber auch Architekten. Um die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzergruppen bei der Konfiguration eines Gebäudemodells zu berücksichtigen, bietet das BIM HVACTool adäquate Detaillierungsstufen bei der Auswahl und Zuweisung von Randbedingungen. Hierzu zählen beispielsweise die drei am meisten vorkommenden Möglichkeiten „Vereinfacht“, „Kompakt“ und „Detailliert“, wodurch der Nutzer die Möglichkeit wahrnehmen kann, auf einfache Modelle und vorgefertigte Daten zurückzugreifen oder komplexe Eingabeparameter selbst festzulegen.

Umgesetzte Projekte sind in den Abbildungen 1 bis 4 und 11 dargestellt. Dabei werden Strömungs- und Energiefragestellungen bearbeitet.

OPEN FOAM

OPEN FOAM ist ein frei verfügbares und quellcodeoffenes Werkzeug für CFD-Simulationen. Hiermit können Strömungsproblematiken in unterschiedlichen Medien analysiert und dargestellt werden. Dieser Solver wird im BIM HVACTool für Luftströmungsbewertungen im und am Gebäude, bis hin zu Simulationen für Stadtgebiete eingesetzt. Die

auf tretenden Untersuchungen sind vielfältig und zu trennen in innere und äußere Phänomene.

Innere Phänomene sind beispielsweise Untersuchungen zur Auslegung, Einbausituation oder die Betriebszeit von Türluftschleibern in großen Einkaufskomplexen. Des Weiteren können die Luftströmungswege, Verweildauer der Luft (Age of Air), die Zuglufteigenschaften in verschiedenen Höhen und die thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 dargestellt werden.

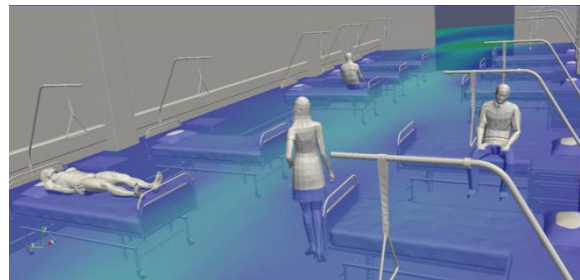


Abbildung 3: Strömungssimulation im Inneren

Externe Phänomene bei denen Luftströmungsberechnungen notwendig werden können, sind abhängig von der Windangriffsfläche, dem Winddruck und den Umströmungsgeschwindigkeiten von Hochhäusern.

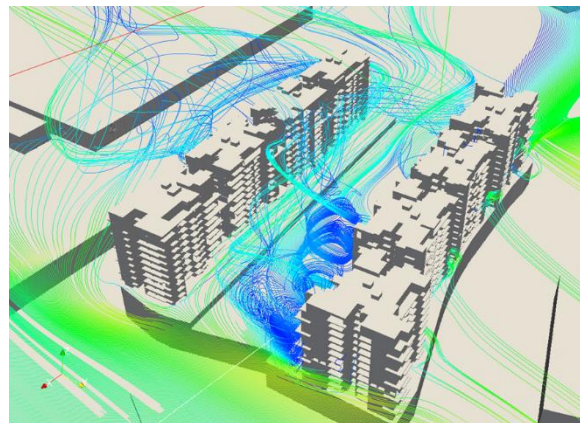


Abbildung 4: Strömungssimulation auf Siedlungsebene

ENERGY PLUS

Energy Plus ist ein thermischer Mehrzonensimulations-Solver. Dieser wird von der amerikanischen Energiebehörde (Department of Energy – DOE) gefördert und durch zahlreiche Hochschulinstitutionen weiterentwickelt. Durch die enorme Modellvielfalt in Energy Plus lassen sich vereinfachte Gebäudesimulationen zum Energiebedarf und der Behaglichkeit durchführen oder zielgerichtet realitätsnahe Systeme mit Erzeugern, Speichern und einem Anlagenmanagement aufbauen.

Derzeit unterstützt das BIM HVACTool Lastberechnungen und -simulationen mit idealer Anlagentechnik. Hierbei werden Verteilungssysteme, Speicher und Erzeuger innerhalb des Gebäudes vernachlässigt und lediglich der Bedarf innerhalb thermischer Zonen ermittelt. Eine Weiterentwicklung mit Ansteuerung der detaillierteren Anlagenmodellen ist für das vierte Quartal 2016 angestrebt.

Simulationen mit Energy Plus kommen derzeit für Untersuchungen von Gebäudegeometrien und -kubaturen, Anlagenauslegung und Behaglichkeitsbewertungen zum Einsatz. Dabei lassen sich verschiedene Aspekte analysieren. Für den Analytiker sind beispielsweise der Fensterflächenanteil des Gebäudes, die Ausrichtung von PV-Modulen oder der Einsatz von Wärmepumpen und KWK-Anlagen mit möglichst hohem Eigendeckungsgrad von Interesse. Zeitgleich können die Invest- und Betriebskosten für Wirtschaftlichkeitsaussagen betrachtet werden.

NANDRAD

NANDRAD ist ein thermischer Mehrzonensimulations-Solver der nächsten Generation. Am Institut für Bauklimatik wurde dieser Solver im Rahmen von Forschungsprojekten konzipiert und wird stetig weiterentwickelt. Durch die Kooperation mit weiteren Forschungseinrichtungen sowie kommerziellen Unternehmen, ist eine Kopplung und Parallelisierung durch den FMI-Standard (Functional Mockup Interface) erfolgreich umgesetzt. Das NANDRAD-Datenmodell liefert die Modelle für die Abbildung von vielfach auftretenden Gebäudeobjekten. Hierzu zählen Hüllflächen (Wände, Fenster, etc.), thermische Zonen und Räume, interne und externe thermische Lasten, Infiltration, Verschattungssysteme, HVAC und die dafür notwendigen Verteilungssysteme.



Abbildung 5: NANDRAD-Logo

Die Erzeugerkomponenten werden entweder im NANDRAD-Datenmodell stark vereinfacht oder durch andere FMUs (Functional Mockup Unit) während einer Simulation eingebunden. Ein koordinierender FMU-Master wird derzeit im Forschungsprojekt EnTool:CoSim entwickelt und wird voraussichtlich im vierten Quartal 2016 zur Verfügung stehen. Für die Kopplungstechnologie ist ein Master unter anderem zur Koordination der Zeitschrittweiten und Konvergenzeinhaltung notwendig. Über eine Aufsatzmaske wie BIM HVACTool können die Einstellungen automatisiert übertragen werden. Somit ist eine Verwendung der Co-Simulation für Fachanwender, als auch für Fachfremde umsetzbar.

Im aktuellen Bearbeitungsstand von BIM HVACTool ist ein Export der Gebäudekubatur als NANDRAD-Projektdatei möglich. Für Validierungsrechnungen im Projekt EnTool:CoSim werden daher Gebäudemodelle im BIM HVACTool erstellt und anschließend für die Simulationen exportiert. Eine textbasierte Erstellung von Gebäudemodellen entfällt und der Nutzer greift auf die Vorteile einer 3D-basierten Darstellung zurück.

WERKZEUG- UND DATENFLUSS-KETTEN

Geschlossene Werkzeugketten können bei der Bearbeitung komplexer Projekte die Effizienz erhöhen. So werden BIM-Informationen importiert, angereichert und weiterverarbeitet. Im Projekt „+EQ-Net“ ist dies bereits geschehen (Abbildung 11). Eine permanente Eingabe der gleichen Gebäudeinformationen in unterschiedlichen Applikationen, ist zeit- und kostenintensiv. Im Zeitalter der Digitalisierung müssen Daten und Informationen schnell und möglichst verlustfrei zwischen den verschiedenen Fachplanern und Ingenieuren ausgetauscht werden, um das Bauvorhaben erfolgreich abzuschließen und eine hohe Qualität zu gewährleisten.

Für die Umsetzung und Etablierung von Simulationstechnologien ist der Austausch zwischen den Fachplanern zwingend erforderlich. Eine Mehrzonensimulation beinhaltet beträchtliche Eingabeparameter und es entfallen große Datenmengen. Bereits jetzt arbeiten wenige Ingenieurbüros mit Mehrzonensimulationen und bilden dabei die Gebäudekubatur sehr realitätsnah ab. Stellvertretend dafür steht ein Projekt (Abbildung 11) aus dem Forschungsvorhaben „+EQ-Net“ (Aktenzeichen: 02E2-3S6298). Der Gebäudeentwurf besteht aus Wohn-, Gewerbe- und Büroeinheiten mit mehr als 350 Räumen. Die Modellierung erfolgte realitätsnah, sodass mehr als 5.000 opake Hüllflächen und circa 500 transparente Flächen entstanden. Aus der hohen Komplexität und Anzahl der

Gebäudeparameter resultieren dementsprechend umfangreiche Datenmengen durch die Simulationseingabe und -resultate.

Diese Datenmengen erfordern ein geeignetes Qualitätsmanagement sowie eine übersichtliche Aufbereitung der Darstellung für den Planer und Ingenieur. Durch die Exportunterstützung des BIM HVACTools von Projektdateien für unterschiedliche Solversysteme, wird die Werkzeugkette für die Solverttechnologie bereits sehr gut umgesetzt. Zudem können Ergebnisdaten einer vorher durchgeführten Simulation in der Projektdatei des BIM HVACTool gespeichert werden und als Eingabeparameter einer anderen Simulation verwendet werden. So lassen sich beispielsweise Oberflächentemperaturen der thermischen Simulation ermittelt mit Energy Plus für die Strömungssimulation mit OPEN FOAM nutzen.

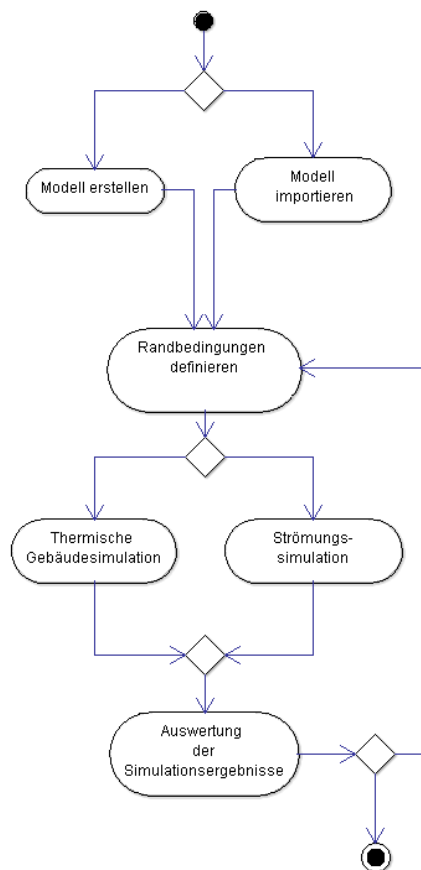


Abbildung 6: *Bearbeitungsprozess*

Der Datenfluss kann durch den Import von 3D-Geometrien und die Parametrisierung der solverspezifischen Modelle sehr gut und transparent dargestellt werden.

QUALITÄTSMANAGEMENT

Das Qualitätsmanagement beginnt bei der Analyse der Eingabedaten. Die Qualität der Eingabe hat einen direkten Einfluss auf die Qualität der Ausgabe. Das

Prüfen von Eingabedateien und Modellparametrisierung kann sehr zeitaufwändig werden. Automatisierte Prüfalgorithmen verringern diesen Aufwand. Sind jedoch keine automatisierten Prüfalgorithmen implementiert oder nicht anwendbar, ist der Nutzer für die Kontrolle und Interpretation der Eingabedaten verantwortlich. Damit bei diesen Kontrollen die Fehlerrate und der Zeitaufwand minimiert werden, ist bei großen Datenmengen nur ein optischer Prüfansatz anwendbar.

Um diese Eingabeprüfungen sinnvoll anzuwenden, ist je nach Parametrisierung oder Randbedingung das Modell individuell farblich gekennzeichnet. In der Abbildung 7 ist die Verwendung zur Überprüfung der korrekten Konstruktionsbelegung dargestellt. Der Nutzer hat die Möglichkeit die Farbkennzeichnungen für Konstruktionen zu adaptieren und den eigenen Präferenzen anzupassen. Durch die Zuweisung von eindeutigen Farben für Konstruktionen innerhalb einer Projektdatei können fehlerhaft zugewiesene Konstruktionsaufbauten erkannt und korrigiert werden.

Im dargestellten Beispiel der Abbildung 6 erhielten Flachdachkonstruktionen die Farbe rot, hellgrüne Flächen symbolisieren hingegen Geschossdecken. Für eine bessere Darstellung wurden in diesem Beispiel Zonen vom Baukörper teilweise ausgeblendet, um Geschossdecken anzuzeigen.

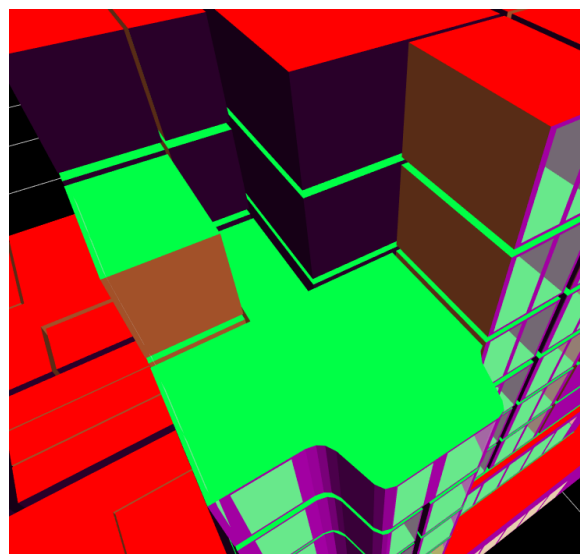


Abbildung 7: *Konstruktionseigenschaften*

Neben Konstruktionsaufbauten sind weitere Randbedingungen der Gebäudekubatur zugewiesen. Eine Gebäudefläche kann beispielsweise Kontakt zum Außenklima besitzen, als adiabatisch gekennzeichnet sein oder sich zwischen zwei thermischen Zonen befinden. Ein weiteres Kriterium ist beispielsweise erdreichberührt oder das Element erhielt bisher keine Zuweisung.

Die Validierung der verschiedenen Randbedingungen ist ebenfalls mit Hilfe einer farblichen Trennung möglich. In Abbildung 8 ist hierfür ein Beispiel illustriert. Gelb repräsentiert die Randbedingung Außenklima, rot weist auf die Bindung zwischen zwei Wandoberflächen hin, grün dagegen stellt ein adiabates Wandstück dar. Gerade bei der Unterteilung einer Wand ergeben sich je nach Nachbarraum unterschiedliche Teilgeometrien (Teilstücke) der Wand. Diese können Verbindungen zu verschiedenen Räumen oder zu adiabaten Hüllflächenobjekten aufweisen.

Erst durch die Berücksichtigung dieser Gegebenheiten entsteht ein realitätsnahes Modell.

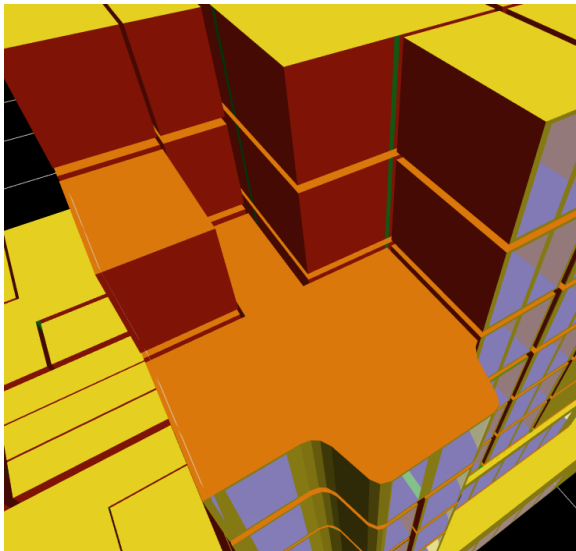


Abbildung 8: Randbedingungen

Eine weitere optische Kontrolle ist die Möglichkeit des Ein- und Ausblendens bestimmter Modelle bzw. Modellbestandteile. Bei Zuweisung und Kontrolle von Templates ist dies sehr wichtig, da mitunter Räume selektiert und dargestellt werden, die komplett von anderen Räumen umschlossen sind und somit nicht direkt eingesehen werden können. In Abbildung 9 sind Räume dargestellt, die eine Gemeinsamkeit aufweisen und sich daher von anderen Räumen des Gebäudemodells unterscheiden. Bei diesem Merkmal kann es sich um ein zugewiesenes Nutzungstemplate oder Anlagenkomponenten, wie Heizkörper handeln.

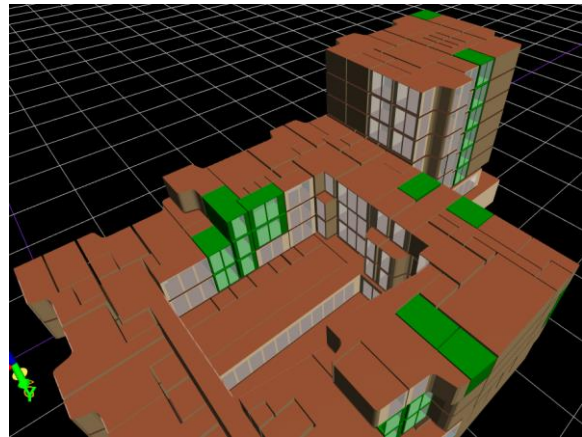


Abbildung 9: Konstruktionseigenschaften

Neben der visuellen Hervorhebung können Zonen auch ausgeblendet werden. Hierbei werden jedoch die Zonen ausgeblendet, die nicht mit einer ausgewählten Eigenschaft verknüpft sind. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 10 dargestellt. Sichtbar sind nur die in Abbildung 9 selektierten Zonen. Somit ist es dem Nutzer möglich vorher verdeckte Zonen zu betrachten.

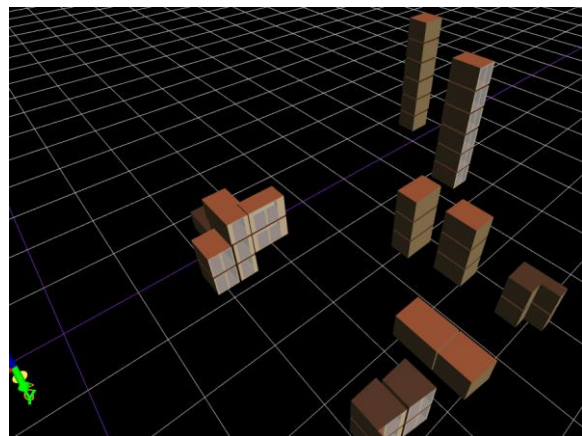


Abbildung 10: Konstruktionseigenschaften

Eine zusätzliche Prüfung ist durch den Export der Projektdatei möglich. Ebenso kann eine Weiterbearbeitung dieser jederzeit erfolgen. Das bietet dem Anwender die Möglichkeit auch nicht im BIM HVACTool implementierte Modelle manuell oder durch Verwendung weiterer Softwarewerkzeuge einzufügen.

Die Validierung der Solverkerne und des BIM HVACTools können unabhängig voneinander geführt werden. Die korrekte Übertragung der Eingabedaten vom BIM HVACTool in die solverspezifische Projektdatei ist im Verantwortungsbereich des Werkzeuges. Die Validierung der Simulations-ergebnisse ist durch adäquate Normen und Richtlinien, zum Beispiel: VDI 6007, ASHRAE 140 „BESTest“, etc. gegeben.

Bisher kamen die genannten Solverlösungen überwiegend im Forschungsbereich zum Einsatz. Der

Schwerpunkt lag daher nicht auf der Optimierung von Eingabedaten und Entfernung von Redundanzen. Des Weiteren beschränkten sich die Gebäudemodelle meist auf triviale Kubaturen und Randbedingungen. Durch die Nutzung in realen Planungsprozessen und der damit verbundenen Steigerung der Komplexität, ist es daher notwendig Projektdateien für den jeweiligen Solver zu optimieren. Diese enthalten alle für die Simulation notwendigen Eingabedaten. Zum Beispiel die Gebäudekubatur, Konstruktionsaufbauten, Raumnutzung, etc. Für die Bewertung durch Personen werden die Projektdateien aufgearbeitet, ohne die Randbedingungen zu verändern. Dazu zählt zum Beispiel bei der Energy Plus Eingabedatei IDF (Input Data Format) eine Reduktion von Zeitplänen (Schedules). Ziel ist die Entfernung von inhaltlich identisch zugewiesenen Zeitplänen. Hierbei sind Einsparpotenziale von mehr als 98 % möglich. EnergyPlus bietet auch die Möglichkeit thermische Zonen anhand von Kriterien in Zonenlisten zusammenzufügen. Damit ist es möglich die Randbedingungen an die entstandenen Zonenlisten zu knüpfen und nicht mehr an einzelne Zonen.

ANWENDUNGSSZENARIOEN

Nach der Einführung in das BIM HVACTool und dessen Vorteile gegenüber einer ausschließlich textbasierten Eingabe des Gebäudemodells und der dazugehörigen Randbedingungen, folgen Zusammenfassungen ausgewählter Forschungs- und Pilotprojekte, in denen das BIM HVACTool verwendet wurde.

Projekt +EQ-Net

Im Forschungsprojekt +EQ-Net sind netzneutrale Siedlungsgebiete und komplexe Gebäudeensembles die Forschungsschwerpunkte. Hierbei werden bereits in ersten Planungsphasen Simulationswerkzeuge eingesetzt. Die dadurch möglichen Bedarfsanalysen unterstützen die unterschiedlichen Fachplaner bei der Optimierung der Kubatur und Konfiguration der Anlagentechnik, sodass eine teilautarke Versorgung mit Heizenergie und elektrischem Strom realisiert werden kann. Plusenergiegebäude definieren sich durch eine positive Jahresbilanz an Energieproduktion zu Energiebedarf derzeit ohne die Berücksichtigung der Energiespeicherung.

Im Vergleich hierzu ist es das erklärte Ziel den bisherigen Gebäudeentwurf so zu optimieren, dass die Energie sofort im Gebäude verbraucht wird. Eine Einspeisung ist nur bei einem Überschuss geplant. Speichervorrichtungen für elektrischen Strom und Heizenergie unterstützen dabei Leistungsspitzen abzufangen und die überschüssige Energie zu puffern. Die Netzbelastung ist deutlich geringer als bei Plusenergiegebäuden ohne Energiespeicherung.

Zur Erstellung der Gebäudegeometrie, Eingabe der Randbedingungen, beispielsweise Wandaufbau,

Raumnutzungsprofile, etc., wird die Nutzungsoberfläche BIM HVACTool verwendet.

Um die Gebäudeperformance zu verbessern, sind in ersten Untersuchungen die Parameter zu identifizieren, die einen signifikanten Einfluss auf den Energiebedarf besitzen. Daher sind Variantenstudien ein Teilbereich im Forschungsprojekt. Um den Einfluss eines Parameters bemessen zu können, ist eine Referenzvariante notwendig. In dieser wird anschließend exakt ein Parameter adaptiert. Die bereits beschriebenen Vorteile des BIM HVACTools zur Eingabe und Überprüfung von Gebäudeparametern unterstützen die Fachplaner die Variantenstudie durchzuführen.

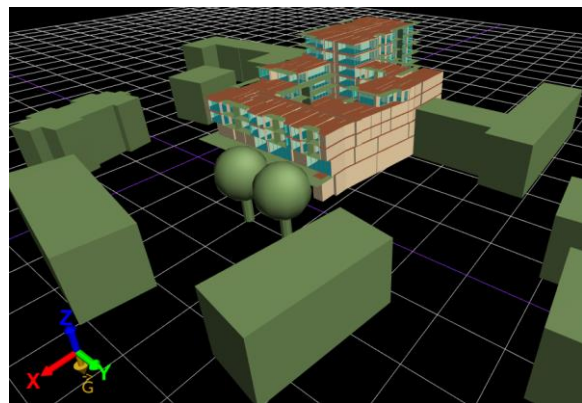


Abbildung 11: Pilotgebäude Forschungsvorhaben „+EQ-Net“

Projekt Kaisersaal

Im Zuge der Sanierung wird der Kaisersaal in Berlin für verschiedene Veranstaltungsgrößen geplant. Die Herausforderungen sind die Bewertung des Zugluftrisikos durch verschiedene Luftauslasssysteme, Ermittlung der Verweildauer der Luft, CO₂-Konzentration bei Großveranstaltung mit vorgegebener Luftanlagentechnik sowie des Energiebedarfs des Lüftungssystems.

ZUSAMMENFASSUNG

Numerische Simulationsverfahren erlangen eine immer stärkere Bedeutung bei der Planung von Neubauprojekten oder Sanierung von Bestandsobjekten. Die Eingabe der dazu notwendigen Daten ist bisher jedoch sehr rudimentär, beziehungsweise handelt es sich überwiegend um eine textbasierte Eingabe. Für Fachplaner sind 3D-basierte Eingaben und die dadurch mögliche visuelle Überprüfung geeigneter. Derzeit existieren verschiedenste 3D-Modellierungsprogramme. Viele davon können die Projektdateien für verschiedenste Solver nicht schreiben. Notwendig sind daher Umwandlungen der Gebäudegeometrie in das spezifische Datenmodell eines numerischen Solvers. Mit automatisierten Konvertierungen verringert sich der Zeitaufwand und die Fehleranfälligkeit. Daher

enthält das BIM HVACTool automatisierte Verfahren zur Übertragung des 3D-Modells in das Datenmodell des gewünschten Solvers. Hierbei unterstützt das Werkzeug nicht nur die thermische Simulation, sondern ermöglicht es dem Nutzer mit dem Gebäudemodell auch CFD-Simulationen durchzuführen. Eine erneute Eingabe des Modells ist dabei nicht notwendig und erhöht die Effizienz beim zyklischen Verfahren der Gebäudeoptimierung. Das BIM HVACTool unterstützt den Nutzer auch beim Qualitätsmanagement. Ein Simulationsverfahren erzeugt nur realistische Ergebnisse, wenn bei der Eingabe der Randbedingungen auf ein hohes Maß an Genauigkeit geachtet wird. Um die Eingabedaten und Randbedingungen zu überprüfen, existieren im BIM HVACTool Verfahren, die es dem Nutzer erlauben auch bei komplexen Modellen die verknüpften Randbedingungen zu überprüfen. Durch Zuweisen von frei wählbaren Farben z.B. an Konstruktionsaufbauten, ist nachzuvollziehen welchem Bauelement eine bestimmte Konstruktion zugewiesen ist. Für die visuelle Überprüfung ist zu erwähnen, dass im BIM HVACTool dabei eine strikte Trennung zwischen Randbedingungen besteht. Der Nutzer kann beispielsweise die thermischen Randbedingungen überprüfen, also Außenwand, Außenwand mit Erreichkontakt etc. oder die konstruktiven Randbedingungen überprüfen.

Nachdem der Nutzer die Einstellungen vollendet hat, übernimmt das BIM HVACTool die Konvertierung in das gewünschte Format des ausgewählten numerischen Solvers.

In Forschungs- und kommerziellen Projekten kam das vorgestellte Werkzeug zum Einsatz und unterstützte die Nutzer in den verschiedenen Arbeitsprozessen. Die dadurch geschlossene Werkzeugkette verringerte den Aufwand, da mehrere Fachplaner auf ein Gebäudemodell zurückgreifen konnten. Die Palette der unterstützten Standardformate, zum Beispiel IFC, gbXML, IDF ermöglichte dabei auch den Einsatz klassischer CAD-Werkzeuge und anschließende Anreicherung mit Informationen für die thermische Gebäude und CFD-Simulation.

LITERATUR

- Paepcke A., Nicolai A.: Anlagenregelung in ODE-Systemen am Beispiel der thermischen Raum- und Gebäudesimulation, Konferenzbeitrag zur BauSim, Aachen, 2014
- Nicolai A., Paepcke A.: Transformation der Gebäudeenergiesimulation NANDRAD mit variablem Zeitschrittlöser in eine FMU für Co-Simulation,
- Paepcke A., Nicolai A.; Anlagenregelung in ODE-Systemen am Beispiel der thermischen Raum- und Gebäudesimulation, Tagungsband der BauSIM 2014, 5th German-Austrian Conference of the International Building Performance Simulation Association
- Nicolai A., Grunewald J., Zhang J.S.; Coupling strategies for combined simulation using multizone and building envelope models, Conference Proceedings of the 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition, 2007, Beijing, Tsinghua University, pages 917-927
- Paepcke A., Schwan T. & Nicolai A.; Schnittstellen für die Co-Simulationskopplung zwischen Gebäude- und Heizungsanlagensimulation, 2016, in Proceedings of the BauSim 2016, Dresden
- EnergyPlus. 2010. EnergyPlus Engineering Reference, LBNL.
- FMI 2.0 Standard. 2014. Functional Mock-up Interface for Model Exchange and Co-Simulation.
- Nicolai, A. et al. 2012. Die Gebäudesimulationsplattform NANDRAD – Physikalisches Modell, Umsetzungskonzept und Technologien im Überblick, BauSIM 2012, Berlin, Germany
- Fouad N., Bauphysik-Kalender 2015, 2015, ISBN 978-3-433-03105-6
- Weiß, D. et al. 2015. Optimized energy concept for an office building with waste heat from IT cooling using building energy simulation, ISBN 978-91-88722-53-9 2014

